

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Judita Lea KREK

**VRSTNA SESTAVA VEGETACIJE VZDOLŽ
HIDROLOŠKEGA GRADIENTA NA CERKNIŠKEM
JEZERU**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Judita Lea KREK

**VRSTNA SESTAVA VEGETACIJE VZDOLŽ HIDROLOŠKEGA
GRADIENTA NA CERKNIŠKEM JEZERU**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**FLORISTIC COMPOSITION OF VEGETATION ALONG THE
HIDROLOGICAL GRADIENT ON CERKNICA LAKE**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2014

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija biologije. Opravljeno je bilo na Katedri za ekologijo in varstvo okolja Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete v Ljubljani, kjer so bile opravljene analize vzorcev. Terenska raziskava je bila narejena na Cerkniškem jezeru pri kraju Dolenje jezero.

Komisija za študijske zadeve Oddelka za biologijo BF je dne 13. aprila 2012 sprejela temo diplomskega dela. Za mentorja diplomskega dela je imenovala prof. dr. Alenko Gaberščik, za somentorja doc. dr. Igorja Zelnika in za recenzentko doc. dr. Martino Bačič.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Mateja GERM
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Alenka GABERŠČIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: doc. dr. Igor ZELNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: doc. dr. Martina BAČIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Podpisana se strinjam z objavo svojega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Judita Lea Krek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 581.5:574.1(497.4)(043.2)=163.6
KG	vegetacija/diverziteta/hidrološki gradient/Cerkniško jezero
AV	KREK, Judita Lea
SA	GABERŠČIK, Alenka (mentorica)/ZELNIK, Igor (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI	2014
IN	VRSTNA SESTAVA VEGETACIJE VZDOLŽ HIDROLOŠKEGA GRADIENTA NA CERKNŠKEM JEZERU
TD	Diplomsko delo
OP	IX, 50 str., 5 pregl., 12 sl., 60 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	<p>Preučevali smo vegetacijo poplavnega območja Cerknškega jezera. Vzdolž 600 m pasu položnega naklona in višinskega gradienta 2,6 m, kjer se prepletajo številni tipi mokrišča, smo izbrali 17 vzorčnih ploskev velikosti 4x4 m. Vegetacijo smo popisali po standardni srednjeevropski metodi. Na vsaki ploskvi smo z GNSS napravo določili nadmorsko višino, poželi nadzemno biomaso, vzeli vzorce tal in določili pH, prevodnost in delež organske snovi. Ugotovili smo velike razlike v sestavi vegetacije. Vzdolž gradienta se je izoblikovalo 6 vegetacijskih tipov, od mezičnih travnikov (zveze <i>Arrhenatherion</i>) na redko poplavljenem najvišjem delu, do mokrotnih travnikov (zvez <i>Molinion</i> in <i>Dechampsion</i>) in nizko barjanske združbe (<i>Caricion davallianae</i>) v osrednjem delu. Na nižjih, pogosteje poplavljenih predelih smo našli močvirsko vegetacijo (zveze <i>Caricion elatae</i>), ki na najnižjem delu prehaja v združbe plitvih vod (zveze <i>Phragmition</i>). Okoljska dejavnika, s katerima smo s CCA analizo pojasnili največji delež variance vrstne sestave vegetacije, sta bila nadmorska višina in delež organske snovi v tleh. Število vrst se je s padanjem nadmorske višine in daljšanjem zadrževalnega časa poplav zmanjševalo, biomasa pa se je povečala. Glede na rdeči seznam RS smo popisali tudi 16 ogroženih rastlinskih vrst.</p>

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	UDK 581.5:574.1(497.4)(043.2)=163.6
CX	floristic composition/diversity /hidrological gradient /Cerknica lake
AU	KREK, Judita Lea
AA	GABERŠČIK, Alenka (supervisor)/ZELNIK, Igor (co-advisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
PB	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
PY	2014
TI	FLORISTIC COMPOSITION OF THE VEGETATION ALONG THE HIDROLOGICAL GRADIENT ON CERKNICA LAKE
DT	Graduation thesis (University studies)
NO	IX, 50 p., 5 tab., 12 fig., 60 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	<p>Vegetation of the littoral zone of the lake Cerknica was studied. On a 600 m long gentle sloping within a 2,6 m of height gradient altitudinal gradient, 17 plots of 4x4 m were selected. Vegetation was investigated with standard Zürich-Montpellier approach. The altitude of each plot was determined by a GNSS device. Also within each plot aboveground biomass of the vegetation was measured, soil samples were collected and pH, conductivity and the content of organic matter were measured. Great differences in plant community composition were found. 6 vegetation types established along the gradient, ranging from mesic hay meadows (alliance <i>Arrhenatherion</i>) to wet grassland communities (alliances <i>Molinion</i> and <i>Dechampson</i>) and fen meadow (<i>Caricion davallianae</i>). In lower frequently flooded sites type of marsh vegetation (alliance <i>Caricion elatae</i>) was found and in the lowest sites aquatic vegetation of shallow water (alliance <i>Phragmition</i>) was found. The variance in species composition (CCA analysis) was most explained by two ecological factors – altitude and content of organic matter. Plant species number was decreasing with decreasing relative height as well prolonged duration of flooding whereas the aboveground biomass of aboveground biomass increased. According to the Slovenian Red list species we have also found 16 endangered plant species.</p>

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
1 UVOD	1
1.1 CILJI RAZISKOVANJA	2
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 PRESIHAJOČI EKOSISTEM	3
2.1.1 Mokrišče	3
2.2 VODNI REŽIM IN VPLIVI NA RAZMERE V MOKRIŠČIH	5
2.2.1 Vplivi poplavljanja na rastline	6
2.2.2 Vegetacija Cerknškega jezera	7
2.3 CERKNIŠKO JEZERO	10
2.3.1 Geografija in geologija	10
2.3.2 Hidrologija	10
2.3.3 Raba tal	12
2.3.4 Habitatni tipi	12
2.3.5 Ogrožene vrste in biodiverziteta	13
2.3.6 Varovanje	14
3 MATERIAL IN METODE	15
3.1 OPIS OBMOČJA RAZISKAVE	15
3.1.1 Določitev popisnih ploskev	15
3.1.2 Hidrološke razmere v času vzorčenja	18
3.2 POPIS VEGETACIJE	19
3.3 MERJENJE NADMORSKE VIŠINE POPISNIH PLOSKEV	19
3.4 BIOMASA	20
3.5 VZORČENJE TAL	20
3.5.1 Določanje deleža organske snovi v tleh	20

3.5.2	Določanje pH in električne prevodnosti	21
3.6	OBDELAVA PODATKOV	21
3.6.1	Dendrogram podobnosti med popisnimi ploskvami	21
3.6.2	Vpliv okoljskih parametrov na vrstno sestavo združb - kanonična korespondenčna analiza (CCA)	22
3.6.3	Korelacije med okoljskimi dejavniki in diverzitetno-Spearmanov koeficient	22
4	REZULTATI	23
4.1	REZULTATI VEGETACIJSKEGA POPISA	23
4.1.1	Življenjska oblika rastlin	26
4.1.2	Razporeditev rastlinskih združb in vrstno bogastvo vzdolž hidrološkega gradienta	27
4.1.3	Podobnost med popisnimi ploskvami	29
4.1.4	S-W diverzitetni indeks	31
4.1.5	Ogrožene in zavarovane rastlinske vrste	31
4.2	NADZEMNA BIOMASA	32
4.3	VZORCI TAL	34
4.3.1	Delež organskih snovi v tleh	34
4.3.2	pH in električna prevodnost tal	35
4.4	PRIMERJAVA PARAMETROV	36
4.4.1	Vpliv okoljskih parametrov na vrstno sestavo rastlinskih združb	36
4.4.2	Korelacije med okoljskimi dejavniki in diverzitetno	37
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	38
5.1	RAZPOREJANJE RASTLINSKIH ZDRUŽB VZDOLŽ HIDROLOŠKEGA GRADIENTA	38
5.2	SESTAVA VEGETACIJE IN OKOLJSKI DEJAVNIKI	39
5.3	BIOMASA	40
5.4	DIVERZITETA IN OKOLJSKI DEJAVNIKI	41
5.5	OGROŽENOST IN BIODIVERZITETA	42
6	SKLEPI	44
7	POVZETEK	45
8	VIRI	47
ZAHVALA		

KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. 1: Popis flore znotraj 17 popisnih ploskev (površina ploskve je 16 m ²) vzdolž transekta s kombiniranimi ocenami pokrovnosti in številčnosti, življenjsko obliko (Ž) po Raunkiarju (Martinčič, 2007)	23
Pregl. 2: Življenjske oblike rastlin (Raunkiar po Mala flora Slovenije, 2007), ki so bile najdene v popisu	26
Pregl. 3: Ogrožene rastlinske vrste z rdečega seznama (Pravilnik..., 2002) s kategorijo ogroženosti z oznako V (ranljiva vrsta) ter zavarovane vrste Republike Slovenije (Uredba o ...,2004) popisane v obravnavanih ploskvah na Dolenjem jezeru	32
Pregl. 4: Okoljski parametri in odstotki TVP (totalna pojasnjena varianca), ki pojasni 42 % variance sestave rastlinskih združb. Predstavljene so le signifikantne spremenljivke ($p \leq 0,01$).....	36
Pregl. 5: Korelacija med okoljskimi dejavniki in <i>parametri rastlinske diverzitete</i> na podlagi Spearmanovih korelacijskih koeficientov (r_s) (** = $p \leq 0,01$, * = $p \leq 0,05$, n.s.= ni signifikana).....	37

KAZALO SLIK

Sl.1: Osnovni tipi mokrišč povezani s trajanjem in globino poplavljanja . Prirejeno po Keddy. (2010)..	4
Sl. 2: Območje raziskave v kraju Dolenje jezero (označeno z rdečim krogom) s širšo okolico (Atlas okolja..., 2013). Merilo 1:15000	15
Sl. 3: Ortofoto posnetek transekta s sedemnajstimi popisnimi ploskvami (rdeči kvadrati) in zračno razdaljo celotne dolžine transekta (bela črta) (Atlas okolja..., 2013). Merilo 1:2500. Za območje raziskave s širšo okolico glej Sliko 2.....	17
Sl. 4: Hidrogram vodotoka Stržen v letih 2010-2012 vodomerne postaje Dolenje jezero (Arhiv ARSO ..., 2013).....	18
Sl. 5: Razporeditev rastlinskih združb ter spreminjanje števila taksonov (N) vzdolž višinskega oz. hidrološkega gradienta.	27
Sl. 6: Dendrogram Bray-Curtisovega indeksa podobnosti (različnosti) med 17 popisnimi ploskvami glede na prisotnost in pogostost vrst.	29
Sl. 7: Shannon-Wiener (H') indeks vrstne diverzitete (= $H' / \ln N$) vegetacije popisnih ploskev glede na nadmorsko višino posameznih ploskev.....	31
Sl. 8: Spreminjanje biomase nadzemnih delov rastlin v kvadrantih na ploskvah 1-17 vzdolž višinskega gradienta.....	32
Sl. 9: Spreminjanje deležev vode in suhe snovi v sveži nadzemni biomasi vzdolž višinskega gradienta ploskev 1-17.....	33
Sl. 10: Spreminjanje deleža organskih snovi v tleh pri metodi sežiga organskih snovi pri 400 °C in metodi sežiga pri 550 °C vzdolž višinskega gradienta v vzorcih tal ploskev 1-17.	34
Sl. 11: Spreminjanje pH in električne prevodnosti ($\mu\text{S}/\text{cm}$) v vzorcih tal popisnih ploskev 1-17.	35
Sl. 12: Ordinacijski diagram CCA okoljskih parametrov - nadmorske višine in delež organske snovi v tleh glede na popisno ploskev	36

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AO	anorganski ogljik
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
GNSS	Global navigation satellite system
HT	habitatni tipi
MS ₄₀₀	metoda sežiga organskih snovi pri 400 °C
MS ₅₅₀	metoda sežiga organskih snovi pri 550 °C
n.v.	nadmorska višina
Ř	premer
OO	organski ogljik
P	površina
p.	ploskev
r _s	Spearmanov koeficient
SW	Shannon Wiener diverzitetni indeks
TO	totalni ogljik

1 UVOD

»Vsako rastlinsko združbo sestavljajo določene skupine življenjskih oblik. Vsak habitat spodbuja določene skupine življenjskih oblik in skoraj izključi druge. Ekstremnejši so pogoji v habitatu, ostrejša je selekcija in izrazitejše so ekološke značilnosti življenjskih oblik.« (Braun-Blanquet, 1932)

Presihajoč vodni režim Cerknškega jezera omogoča veliko pestrost habitatov, posledica katere je bogata flora. K pestrosti flore prispevata različna globina vode kot tudi tekstura tal s spremljajočimi kemijskimi in fizikalnimi procesi, ki so v tesni povezavi z zadrževalnim časom poplavnih voda (Martinčič in Leskovar, 2002; Gaberščik in Urbanc-Berčič, 2002a). S spreminjanjem obsega in trajnosti poplav močvirski travniki prehajajo v mokrotne, vlažne in nazadnje suhe travnike. Ob tem se oblikujejo območja z značilno zastopanostjo vrst, ki prehajajo eno v drugega. Tako se na relativno majhnem območju zvrstijo številne rastlinske združbe. Pomanjkanje ali višek vode lahko predstavljata omejujoč dejavnik rasti in razvoja (Gaberščik in sod., 2003) ter tako vplivata na prisotnost in razporeditev rastlinskih vrst (Merunková in Chytrý, 2012; Zelnik in Čarni, 2008).

Hidrološki gradient je v močni korelaciji z relativno višino terena ter trajnostjo poplav, poenostavljeno ga zato lahko posredno ponazorimo z višinskim gradientom (Urban, 2005; Zelnik in Čarni, 2008). Na splošno se z večanjem nadmorske višine terena ter oddaljenostjo od proste vodne površine zadrževalni čas poplav in globina vode manjšata, vlažnost v tleh pa zmanjšuje.

Hierarhija vzrokov, ki oblikujejo vegetacijske vzorce in gradiente, je zaradi medsebojne povezanosti okoljskih dejavnikov in njihovih vplivov na vrste in habitate predmet številnih raziskav in polemik. Zaradi svojega vpliva je vodni režim splošno sprejet kot primarni ekološki faktor, ki določa rast in preživetje rastlinskih vrst ter oblikuje zgradbo in dinamiko mokriščnih rastlinskih združb (Clément in Proctor, 2009; Keddy, 2010).

Na Cerknškem jezeru prevladuje močvirska vegetacija in vegetacija mokrotnih travnikov. Njihovo ohranjanje je vezno na habitate, ki jih ustvarja vodni režim. Zato ti habitati zaradi številnih regulacijskih posegov v preteklosti in intenzifikacije kmetijstva predstavljajo enega ranljivejših in bolj ogroženih habitatov v Evropi (Beltram, 2006).

1.1 CILJI RAZISKOVANJA

Namen naloge je bil popisati rastlinske vrste in združbe, predstaviti spreminjanje vegetacije vzdolž hidrološkega gradienta na Cerknškem jezeru ter ugotoviti morebitne povezave med sestavo vegetacije, razporejanjem rastlinskih vrst in diverziteti ter okoljskimi dejavniki, ki smo jih v tej nalogi zajeli, to so: nadzemna biomasa, višinski gradient, delež organske snovi v tleh, pH in prevodnost vzorcev tal.

Namen raziskovanja je bil:

- popisati rastlinske vrste vzdolž transekta poplavno dinamičnega območja vlažnih in mokrotnih travnikov Cerknškega jezera
- na podlagi natančnih meritev nadmorske višine popisnih ploskev z GNSS napravo opredeliti hidrološki gradient popisnega pasu kot spremenljivko nadmorske višine (in vlažnosti v tleh)
- vzdolž gradienta določiti naslednje okoljske parametre: pH, prevodnost, delež organske snovi v tleh, nadzemno biomaso
- opisati vrstno sestavo in spreminjanje vegetacije vzdolž hidrološkega gradienta ter opisati morebitne značilne rastlinske združbe in prehode med njimi
- ugotoviti morebitne povezave med izmerjenimi okoljskimi dejavniki ter vrstno sestavo vegetacije
- ugotoviti prisotnost ogroženih rastlinskih vrst

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Pred začetkom raziskovalnega dela smo postavili naslednje hipoteze. Predvidevali smo:

- da se bo vrstna sestava vegetacije, številčnost, razporeditev in zastopanost vrst vzdolž hidrološkega gradienta spreminjala
- da se bo število vrst in pokrovnost z dviganjem terena večala
- da se bodo pojavile tudi razlike v biomasi rastlin

2 PREGLED OBJAV

2.1 PRESIHAJOČI EKOSISTEM

Presihajoči ekosistem lahko opišemo kot življenjski prostor, katerega biotske in abiotske procese pogojujeta izmenjava poplav in sušnih obdobj. Ta so običajno sezonsko vezana, a ne popolnoma predvidljiva. Procesi so za razliko od stalnih vodnih teles precej bolj raznoliki in odvisni od razmer v okolju. Razlike so značilne predvsem v času polnjenja z vodo in v času presihanja (Boulton in Brock 1999). Nestalnost vodne gladine in spremljajočih procesov pomembno oblikuje življenjske združbe, ki so nanje različno prilagojene. Spremenljiv vodni režim in občutljivost rastlin na življenje med dvema ekstremoma ima pomembno vlogo pri razporeditvi vrst (Gaberščik in Urbanc - Berčič, 2002a; Dolinar in sod., 2011; Warwick in Brock, 2003).

Pulzirajoče motnje presihanja in nihanja vodne gladine predstavljajo za procese v ekosistemu gonilno silo in omejujoč dejavnik hkrati. Ključno vplivajo na kontrolo kroženja snovi in pretoka energije, upočasnjujejo sukcesijo ekosistema in ga tako vzdržujejo na relativno produktivni stopnji razvoja, kar se odraža v raznolikosti habitatov in naboru vrst (Dolinar in sod. 2010; Gaberščik in Urbanc - Berčič 2002a, Gaberščik in sod. 2003).

2.1.1 Mokrišče

Cerkniško jezero nima lastnosti pravih jezer niti ne običajnih močvirij, zato ga lahko obravnavamo kot poseben ekosistem z nihajočo vodno gladino (Gaberščik in Urbanc - Berčič 2002a), v širšem smislu pa kot mokrišče (Martinčič, 2002), kjer poplavljanje oblikuje tla, v katerih prevladujejo anaerobni procesi. Ti pogojujejo tamkaj živeče organizme, posebno pritrjene rastline, ki se takšnim razmeram prilagodijo (Keddy, 2010, Šraj - Kržič in Gaberščik, 2005).

Predpostavka, da prevladujoči okoljski dejavniki oblikujejo in določajo lastnosti tam živečih vrst in združb, je eden temeljnih pristopov k preučevanju ekologije mokrišč (Clément in Proctor, 2009).

Keddy (2010) v grobem imenuje tri ključne spremenljivke ali osi, ki določajo večino raznolikosti mokrišč: poplavljanje, motnje in hranila. V interakciji z biotskimi dejavniki se

vzdolž njih oblikujejo glavni mokriščni tipi z značilnimi lastnostmi in združbami, kot so: močvirje (emergentnih zelnatih rastlin), močvirni gozd, visoko barje in nizko barje, ki jima lahko dodamo še dva tipa: mokrotni travnik in združbe plitvih voda. Zadnji štirje predstavljajo zaporedje vegetacijskih tipov, ki so povezani z naraščajočo trajnostjo poplav. Z vidika klasifikacije mokrišč gre za posamezne tipe mokrišč, z vidika poplavljanja pa le za štiri območja v kontinuumu stalno spreminjajočih se združb, kratko živečih odgovorov na spreminjajoči se nivo vode (Zoltai in sod. 1995; Keddy, 2010).



Slika 1: Osnovni tipi mokrišč povezani s trajanjem in globino poplavljanja . Prirejeno po Keddy. (2010).

2.2 VODNI REŽIM IN VPLIVI NA RAZMERE V MOKRIŠČIH

Vodni režim mokrišča oblikujejo številni dejavniki – poleg posebnih klimatskih, hidroloških in geomorfoloških značilnosti območja sta gibanje in nivo vode odvisna predvsem od tal in prepustnosti sedimenta (Gaberščik in Urbanc - Berčič, 2002A; Clément in Proctor, 2009). Spreminjanje vlažnosti v tleh oziroma hidrološki gradient je v močni korelaciji z naklonom (višino vode) in zadrževalnim časom poplav, zato ga lahko poenostavljeno in posredno ponazorimo z višinskim gradientom (Urban, 2005; Zelnik in Čarni, 2008). Frekvenca, trajanje in amplituda vodne gladine določajo intenziteto poplav in vpliva, ki ga ima ta na okolico (Boulton in Brock, 1999). Razporeditev in obseg poplav neposredno vplivata na uspešnost jezerskih organizmov in celotno produktivnost sistema (Gaberščik in Urbanc - Berčič, 2002a; Dolinar in sod., 2011).

Spremembe vodostaja vplivajo na spremenjene svetlobne razmere, temperaturne spremembe, dostopnost kisika in ogljikovega dioksida, izmenjavo snovi med sedimenti in vodo ter razgradnjo snovi v tleh in sproščanje hranil. Najpomembnejša posledica presihanja je izmenjava anaerobnih in aerobnih procesov v jezerskih sedimentih. Nihanje vodne gladine vpliva tudi na sedimentacijo in erozijo aluvialnih sedimentov (Urbanc - Berčič in sod, 2005; Gaberščik in sod. 2003; Boulton in Brock, 1999).

Ena glavnih omejitev poplavljenih tal je otežena difuzija plinov, predvsem kisika. V teh razmerah se številni s kisikom povezani mikrobní procesi, kot npr. nitrifikacija, ustavijo, pospešijo se denitrifikacijski procesi in sledi znižanje koncentracije NO_3^- , dostopnost hranil pa se močno zmanjša. Dodatni učinki povečanih stopenj anaerobnih procesov so med drugim akumulacija toksičnih snovi v tleh in padec redoks potenciala tal (Blom in Voesenek, 1996).

Poleg kemičnih se spremenijo tudi fizične lastnosti tal, predvsem tekstura. Nasičenost tal z vodo povzroča razpad večjih agregatov zemlje na manjše delce, kar ob ponovnem upadu vodnega stolpca povzroči njihovo prerazporejanje in zbijanje. Pri tem se poveča mehanski upor ob prodiranju korenin, koncentracije kisika se zmanjšajo in omejena je izraba hranil (Blom in Voesenek, 1996). Ob ponovni namočitvi tal se hranila sprostijo iz sedimenta in omogočijo bujno rast primarnih producentov (Gaberščik in Urbanc - Berčič, 2002a).

Pomanjkanje kisika kot tudi spremenjene lastnosti tal ter procesov v njih med poplavljanjem povzroča stres, na katerega so organizmi različno prilagojeni.

2.2.1 Vplivi poplavljanja na rastline

Poznavanje fizioloških in prilagoditvenih odgovorov posameznih rastlin je nujnega pomena za razumevanje procesov na vegetacijskem nivoju (Blom in Voeselek, 1996).

Uspeh rastlin v tem spremenljivem okolju je odvisen predvsem od sposobnosti premagovanja stresa, ki ga povzroča nihanje vodne gladine z morfološkiimi, fiziološkimi in biokemijskimi prilagoditvami ter reproduktivno prožnostjo (Boulton in Brock, 1999, Warwick, 2003). Občutljivost na stres se kaže v upadu relativnega prirastka rastlinske vrste glede na odklon v preskrbi z viri (*sensu* Grime 1979). Nestalnost vodostaja tako predstavlja močno selekcijsko silo pri uveljavljanju rastlin (Gaberščik in Urbanc - Berčič 2002a).

Prilagoditve so lahko kratkotrajne ali dolgoročne narave in so se razvile predvsem zaradi spremenjenih razmer v tleh, medija in svetlobe, ki jih povzroča poplavljanje (Blom in Voeselek, 1996). Hidrologija ima pri tem vlogo primarnega ekološkega dejavnika mokrišč, ki določa rast in preživetje rastlinskih vrst ter oblikuje strukturo in dinamiko vegetacije (Clément in Proctor, 2009; Wassen in sod., 2002).

Ena vidnejših lastnosti mokrišč, povezanih z okoljskim gradientom, je pojav razporejanja vegetacije v pasovih ali zonacija, ki odraža predvsem vrstno specifične razlike rastlinskih odgovorov na stres zaradi poplav (Blom in Voeselek, 1996). Pogojena je z zadrževalnim časom poplav, vrsto sedimenta in drugimi spremljevalnimi dejavniki (Martinčič in Leskovar, 2002; Casanova in Brock, 2000; Urban, 2005).

Ob potopljenosti rastlin se spremenijo tudi svetlobne razmere, ki ob zmanjšani difuziji plinov, predvsem CO₂, prizadenejo fotosintezo, čemur se rastline prilagodijo s spremenjeno stopnjo fotosintetske učinkovitosti. Eden pomembnejših mehanizmov preživetja daljših poplav je tvorba zračnega tkiva, aerenhima. Ta nastane pod vplivom rastlinskega hormona etilena, ki v potopljenih razmerah med drugim omogoča tudi podaljšanje listov, pecljev in internodijev (Blom in Voeselek, 1996). Zaradi zmanjšane aktivnosti korenin rastline lažje prenesejo poplavljanje v zimskem kot v pomladnem času

(Martinčič, 2002).

Poplavljanje vpliva na razširjanje semen, lastnosti podzemne semenske banke (zaloge semen v tleh), kalitev semen, rast in preživetje kalic, trajanje vegetacijskega obdobja ter razmnoževanje rastlin. Tako se številne rastline prostorsko ali pa s časovnim zamikom oz. usklajenostjo ključnih faz življenjskega cikla glede na poplavni čas izognejo škodljivim razmeram, ki se ustvarijo ob potopljenosti, (Blom in Voesenek, 1996; Warwick in Brock, 2003).

2.2.2 Vegetacija Cerknškega jezera

Območje Cerknškega jezera uvrščamo v dinarsko fitogeografsko območje (Wraber 1969). Presihanje Cerknškega jezera omogoča veliko ekološko pestrost habitatov in posledično bogato floro. Omogočajo jo prepletajoči se okoljski dejavniki vodnega režima (globina vode, zadrževalni čas poplav) in tekstura tal. Praktično vse opisane rastlinske združbe Cerknškega jezera lahko označimo kot mokriščne (Martinčič, 2002). K poznavanju vegetacije območja Cerknškega jezera so prispevali številni botaniki: Tomažič, Ilijanič in Martinčič v novejšem času (Martinčič, 2002).

Na Cerknškem jezeru se prepletajo številni mokriščni tipi, prevladujeta predvsem močvirska vegetacija in vegetacija mokrotnih travnikov. Prisotne so združbe z vrstami iz ekološko različnih skupin rastlin od vodnih makrofitov, amfibijskih, močvirskih, barjanskih, do traviščnih. Odvisno od dolžine akvatične faze razvoja na Cerknškem jezeru opazamo dokaj jasno zonacijo vrst in združb (Martinčič, 2002; Martinčič in Leskovar 2002).

Presihajoča narava jezera močno skrajša vegetacijsko obdobje vodnih vrst, zato so te vezane predvsem na strugo Stržena in pritoke jezera ter globlje depresije, kjer se voda obdrži dovolj dolgo, da lahko zaključijo svoj življenjski cikel. Le redke vrste poženejo v terestrični fazi poganjke, prilagojene na kopenski način življenja.

Presihajoči vodni režim jezera ustvarja ugodne razmere za razvoj in uspevanje amfibijskih vrst. Pri tem so pomembna tla, ki ob nastopu terestrične faze zadržijo dovolj vode za njihovo uspevanje. Razvoj večine amfibijskih vrst se prične spomladi v vodi do globine

dveh in več metrov (akvatična faza) in traja tri do štiri mesece do nastopa terestrične faze, ki se začne z razvojem kopenskih poganjkov in osušitvijo. S prvim močnejšim deževjem ponovno nastopi akvatična faza in večina vrst ostane aktivna še vse do pozne jeseni. Nekatere vrste, npr. *Galium palustre*, *Lythrum salicaria*, *Mentha aquatica*, *Plantago altissima*, *Senecio paludosus*, kažejo amfibijski značaj le, ko uspevajo v globljih predelih, kjer se voda zadržuje do popolne presahnitve jezera. V drugih predelih pa so običajne močvirske ali traviščne vrste. Ločnica med pravimi amfibijskimi in močvirskimi rastlinami je pogosto nejasna (Martinčič, 2002; Martinčič in Leskovar, 2002; Šraj - Kržič in Gaberščik, 2005).

Tla, kjer voda v času poplav doseže globino enega do dveh metrov in ostane do dva meseca, so primerna za razvoj številnih močvirskih rastlinskih združb, kot so: trstičevje (*Phragmitetum australis* Schmale 1939), združbe visokega šašja (zveze *Magnocaricion*) s prevladujočo vrsto togega šaša (*Carex elata*) in druge (Martinčič, 2002; Martinčič in Leskovar, 2002).

Barjanske združbe in združbe mokrotnih travnikov najdemo na robu poplavnega območja. Ta območja so spomladi lahko poplavljena, večino časa pa so brez površinske vode. Višji predeli se tako poleti močno izsušijo. Ponekod so pogoji ugodni za razvoj združb bazičnih nizkih in prehodnih barij. Tam prevladujejo predvsem združbe črnkastega (*Schoenus nigricans*) in rjastega sitovca (*Schoenus ferrugineus*) (Martinčič, 2002; Martinčič in Leskovar, 2002). Mokrotne travnike predstavljajo združbe, kot so: modro stožkovje, združba rušnate masnice in visokega trpotca. Pomemben pogoj za razvoj takega tipa travišča, predvsem oligotrofnih mokrotnih travnikov, je odsotnost gnojenja in pozna poletna košnja enkrat na leto.

Travišča so z rastlinskimi vrstami najbogatejši habitatni tip Cerkniškega jezera. Zaradi različnosti vodnega režima so travišča v florističnem in vegetacijskem pogledu zelo pestra (Martinčič, 2002). Nekatere značilne vrste z roba poplavnega območja so severna lakota (*Galium boreale*), močvirski svišč (*Gentiana pneumonanthe*), ilirski meček (*Gladiolus illyricus*), barvilna mačina (*Serratula tinctoria*), travniška izjevka (*Succisa pratensis*) in modra stožka (*Molinia caerulea*) (Martinčič, 2002; Martinčič in Leskovar, 2002).

Skupino travišč, ki uspevajo izven območja poplav in so intenzivno gojena, predstavljajo travniki tipa Arrhenatheretum s. lat (Martinčič, 2002).

2.3 CERKNIŠKO JEZERO

2.3.1 Geografija in geologija

Cerkniško jezero se nahaja na prehodnem območju med Dinarskim in Alpskim svetom (Zupančič, 2002). Nastalo je na dnu Cerknškega polja – enega izmed štirih kraških polj, ki so nastala ob Idrijski prelomnici. Leži v osrednjem delu Slovenije in predstavlja z vseh strani zaprto depresijo. Na severovzhodnem delu ga obdajata Slivnica (1114 m) ter Bloška planota (750 m), na vzhodu pregrada z Loškimi poljem, Javorniki z Velikimi Javornikom (1269 m) na jugozahodu. Celotna zaprta kotanja Cerknškega polja meri 38 km², od tega je 27 m² poplavne ravnice, ki se ob močnejših padavinah spremeni v jezero, voda pa se zadrži povprečno 8–10 mesecev na leto (Kranjc, 2002b). Zaradi svojih morfoloških in hidroloških značilnosti Cerknško jezero predstavlja *locus typicus* za presihajoča jezera in kraška polja in je največje presihajoče jezero v Evropi (Zupančič, 2002; Gaberščik in sod., 2003).

Specifična klima z vplivom mediteranske in kontinentalne zmerne klime je pomemben dejavnik, ki z veliko količino letnih padavin (1700–1800 mm) vzdržuje ekstrem v nihanju vodne gladine. Padavine so čez leto razporejene po vseh mesecih. Izstopata le dva padavinska maksimuma v novembru in juniju ter zimska minimuma v februarju in januarju (Zupančič, 2002).

Dno polja je položno in nagnjeno v smeri JZ – SZ, prekrivajo ga holocenski aluvialni nanosi rek in potokov, za katere so značilne gline, peski in deloma prodi, ki jih je največ na vršaju Cerknšičice. Debelina nanosov znaša od 3–4 m, ponekod do 15 m. Pod slojem naplavin je apnenčasta podlaga (Kranjc, 2002a).

2.3.2 Hidrologija

Cerkniško jezero je del porečja kraške Ljubljanice in predstavlja podzemeljsko geološko razvodje, ki del vode odvaja proti Rakovemu Škocjanu, drugi del pa proti izvirom Bistre na robu Ljubljanskega barja (Podrobnejši načrt upravljanja ..., 2009). Glede na količino in izvor jezerske vode Cerknško jezero sestavlja 80 % kraških in 20 % površinskih dotokov (Kranjc, 2002b).

Cerkniščica je edini daljši površinski dotok Cerknškega jezera, ki pa je brez površinskih odtokov. Na prehodih, kjer apnenčasta podlaga prehaja v dolomit, so nastali številni bruhalniki, ponikve in ponori, skozi katere voda priteka in odteka in so povezani z obsežnim jamskim sistemom. Med požiralniki sta največji Velika in Mala Karlovica. Ob nizkem vodostaju se voda iz pritokov zbira v Strženu – glavnem toku, ki se vije prek jezera (Kranjc, 2002a).

Presihanje in polnjenje jezera omogočajo posebne klimatske, hidrološke in geomorfološke značilnosti območja. Najpomembnejše so: kraški značaj, velika količina padavin, obsežno povodje in topnost karbonatne kamninske podlage. Zaradi številnih poskusov spremembe vodnega režima v preteklosti je današnje presihanje odraz prepleta naravnega stanja in vpliva človeka (Kranjc, 2002b; Gaberščik in Urbanc - Berčič, 2002a).

Zadnjih petdeset let so bila mesečna nihanja vodne gladine zelo variabilna (Dolinar in sod., 2010), v povprečju pa je dno Cerknškega polja dobra dva meseca na leto suho in se za devet mesecev (260 dni) spremeni v jezero. Običajen obseg jezero doseže pri n. v. 550 m, lahko se pojavi tudi večkrat letno, navadno pa le dvakrat, spomladi in pozno jeseni – pozimi (Kranjc, 2002b). Najpogosteje je polno aprila, maja in decembra, suho pa med avgustom in oktobrom. Najnižja nadmorska višina Cerknškega jezera je 546 m, najvišje poplavne vode pa dosežejo nadmorsko višino 553 m. Običajen obseg jezera glede na nivo jezerske gladine je med 547,5 in 550 m n. v. Do običajnega nivoja 550 m n. v. se lahko napolni v enem tednu in prekrije 20 km² oz. 53 % polja. Jezero se začne zmanjševati pozno spomladi in presahne v 2–4 tednih (Zupančič 2002, Kranjc 2002b). Kot izredno visoko gladino jezera štejemo tisto nad 550 m n. v. To mejo jezero zelo redko preseže. V novejšem času je bilo jezero zelo visoko leta 1972 in 2000, ko je vodna gladina dosegla nivo 552 m n. v. oziroma 552,2 m n. v. (Kebe, 2001; Kranjc, 2002b).

Karbonatna podlaga, ki je mestoma sestavljena iz dolomita in apnenca, se odraža v številnih fizikalnih in kemijskih lastnostih vode Cerknškega jezera in pritokov. Voda ima veliko trdoto, h kateri prispevajo kalcijevi in magnezijevi ioni, ter rahlo alkalen pH med 7,5 in 8,5, ki vpliva tudi na količino raztopljenega ogljikovega dioksida kot edinega vira ogljika za fotosintezo nekaterih vodnih rastlin (Gaberščik in Urbanc Berčič, 2002a; Gaberščik in Urbanc - Berčič, 2002b).

2.3.3 Raba tal

Vodni režim, kemizem vode in stalen način rabe tal, predvsem košnje, so ključni dejavniki, ki vzdržujejo občutljive vodne, močvirske in traviščne združbe.

Današnje združbe mokrotnih travnikov so se razvile pod vplivom dolgotrajnega, ekstenzivnega človekovega izkoriščanja in so se sčasoma izoblikovale v relativno stabilne, vrstno bogate rastlinske združbe (Kaule, 1986; Martinčič in Leskovar, 2002). Na Cerknškem jezeru še vedno kosijo obsežne površine visokega šašja in mokrotnih travnikov z modro stožko in rušnato masnico. Ob opuščanju košnje se mokrotni travniki začnejo zaraščati s pionirskimi lesnimi vrstami, krhliko in rdečim borom na rahlo dvignjenih tleh (Martinčič, 2002). Večino nekošenih predelov močvirskih sestojev pa vzdržuje dinamika jezera, saj redne poplave onemogočajo nadaljnjo sukcesijo, kot tudi preprečujejo naselitev agresivnih tujerodnih rastlinskih vrst (Martinčič in Leskovar, 2002).

Iz poročila (Podrobnejši načrt upravljanja ..., 2009) se opuščanje kmetijske rabe v zadnjih 30 letih vidno odraža v zaraščanju Cerknškega jezera na območju suhih travnikov in zamočvirjenih površin. Dodatna ovira je otežena košnja, ki je možna le nekaj dni v letu, saj se tla pod težko kmetijsko mehanizacijo udirajo. Na suhih obrežnih travnikih na prodnatem nanosu Cerknšičice se zaradi opuščanja paše razrašča grmovje. Jezersko travinje je nizke kvalitete in neprimerno za krmo. Z opuščanjem živinoreje je upadla tudi košnja jezerske trave za steljo.

Na osrednjem delu jezera se zaraščanje kaže kot širjenje območij, poraščenih s trstičjem, posledično se zmanjšuje obseg mokrotnih travišč z nekaterimi habitatnimi tipi: bazična nizka barja (EU 7140), travniki s prevladujočo modro stožko na karbonatnih, šotnih ali glineno-muljastih tleh *Molinion cearuleae* (EU 6411) in nižinski ekstenzivno gojeni travniki (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*) (EU 6510) (Kartiranje habitatnih tipov..., 2009; Podrobnejši načrt upravljanja..., 2009).

2.3.4 Habitatni tipi

Habitatni tip (HT) ali tip življenjskega prostora je opredeljen kot rastlinska in živalska združba, ki je značilni del ekosistema, povezan z neživi dejavniki (tla, podnebje, prisotnost

in kakovost vode, svetloba ...) na prostorsko opredeljenem območju. Rezultati kartiranj habitatnih tipov so osnova za pripravo strokovnih osnov za določitev območij, pomembnih za varstvo narave, ter njihovo upravljanje (ekološko pomembna območja, območja omrežja Natura 2000 ...), kot tudi sprejemanje odločitev pri prostorskem načrtovanju in izvajanju posegov v okolje (Habitatni tipi Slovenije ..., 2004).

Habitatni tipi v presihajočih sistemih so odraz obsega sprememb vodostaja na določenem območju. Zaradi rahle valovitosti terena mozaično prehajajo eden v drugega, natančno mejo pa je težko določiti (Kartiranje habitatnih tipov ..., 2009).

Območje Cerknškega jezera je uvrščeno v širšo kategorijo habitatnega tipa kraških presihajočih jezer in polj (HT 3180). Ta je v predpisih Evropske unije, ki urejajo varstvo prostoživečih rastlinskih in živalskih vrst na območju Evropske unije, zaradi nevarnosti izginotja opredeljen kot prednostni (Habitatni tipi Slovenije ..., 2004).

Na obravnavanem območju prevladujejo predvsem skupine HT grmišč in travišč s HT srednjeevropski mezotrofni do evtrofni nižinski travniki (HT 38.22), HT oligotrofni mokrotni travniki z modro stožko in sorodnimi združbami (HT 37.31) ter skupina HT barij in močvirij s HT trstišča in podobne združbe (HT 53.1).

2.3.5 Ogrožene vrste in biodiverziteteta

Pestrost flore na območju Cerknškega jezera se v ekološkem in fitogeografskem pogledu kaže tudi v prisotnosti več kot 50 vrst z rdečega seznama, kot jih za to območje navaja Martinčič (2002). Med njimi so ilirski meček (*Gladiolus illirycus*), navadna božja milost (*Gratiola officinalis*), poletni veliki zvonček (*Leucojum aestivum*) in številne druge.

Mokrišča so območja z visoko biodiverziteteto, ki jo na ekosistemski ravni odraža velika pestrost habitatnih tipov. Primarno jo regulira heterogenost okolja, zato imajo antropogeni vplivi (sprememba vodnega režima, košnja, paša, tujerodne vrste) znatnejše posledice kot v drugih ekosistemih. Pomemben del predstavljajo redke, endemične ali ogrožene vrste (Gopal, 2009, Keddy, 2010).

2.3.6 Varovanje

Pomemben vidik varovanja posameznih vrst ali širše ohranjanja biodiverzitete določenega ekosistema je učinkovito le s celostnim pristopom k varovanju življenjskega okolja kot dinamične celote. Ob spoznavanju edinstvenosti Cerknškega polja in želji po ohranitvi le to postalo del številnih določil in konvencij na državni in mednarodni ravni (Podrobnejši načrt upravljanja ..., 2009). Z ustanovitvijo Notranjskega regijskega parka leta 2002 je bilo Cerknško jezero z okolico na lokalni ravni tudi uradno sprejeto med širša zavarovana območja. V okviru evropskega projekta je bilo na podlagi habitatne direktive in direktive o pticah sprejeto v posebno varstveno območje Nature 2000 (Natura 2000 Ministrstvo za ..., 2007). Na mednarodni ravni pa je od leta 2006 Cerknško jezero vpisano tudi med svetovno pomembna mokrišča kot lokaliteta Ramsarske konvencije (Ramsar.si ..., 2006). Eden njenih ciljev je vzpostavitev svetovne mreže mokrišč kot najpomembnejših in najbogatejših ekosistemov sveta s poudarkom na celovitem pristopu pri načrtovanju in upravljanju kot temeljnem izhodišču njihovega ohranjanja in varovanja (Natura 2000 Ministrstvo za ..., 2007).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OPIS OBMOČJA RAZISKAVE

Območje raziskave se nahaja na JV delu Slovenije, južno od mesta Cerknica na severnem obrobju Cerkniskega jezera v kraju Dolenje jezero (N 45°46'38.63" E 14°21'30.83" 550 m n. v.) (Slika 2).

Dolenje jezero leži na robu vršaja, ki je deloma posledica odlaganja površinskega dotoka Cerkniščice in je v neposredni bližini skupine največjih ponikev. Cerkniški vršaj sestavljajo predvsem dolomitni grušč, prod, pesek in razne ilovice. Jezerske naplavine pa sestavljajo predvsem različne ilovice (pogosto karbonatne), gline ter pesek (Zupančič, 2002).



Slika 2: Območje raziskave v kraju Dolenje jezero (označeno z rdečim krogom) s širšo okolico (Atlas okolja..., 2013). Merilo 1:15000.

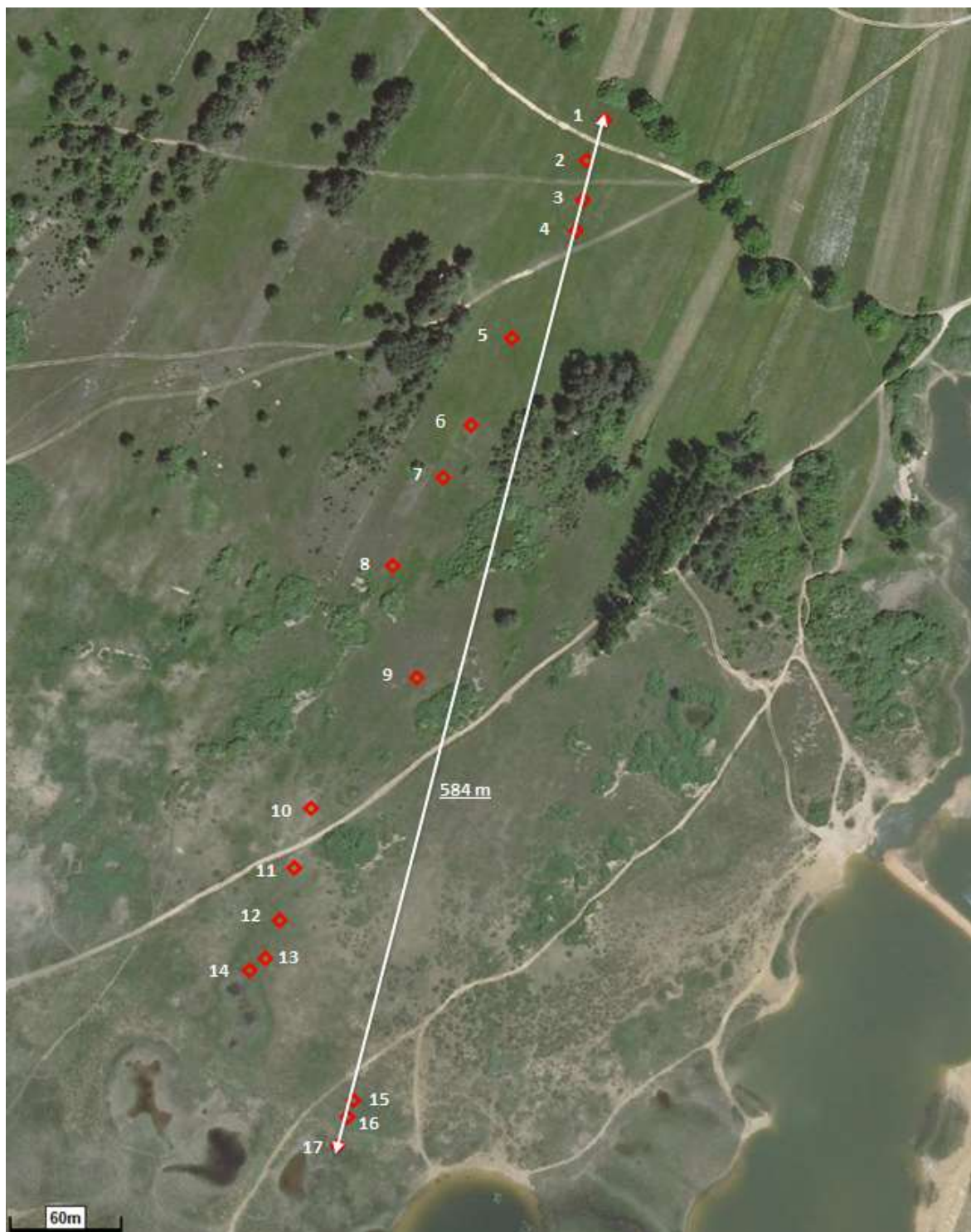
3.1.1 Določitev popisnih ploskev

Predmet raziskave je potekal na območju mokrotnih travnikov Jezerske gmajne na robu poplavnega območja Cerkniskega jezera (Slika 3). Izbrani transekt (zračne razdalje 584 m) leži na rahlo nagnjenem pobočju v smeri S – J, vzdolž katerega smo izbrali sedemnajst

popisnih ploskev v velikosti (4 m x 4 m) (Slika 3). Razlika v nadmorski višini med najvišjo in najnižjo ploskvijo je 2,6 m. Pri tem višje ležeče ploskve ležijo na samem robu poplavnega območja, ki je poplavljen le ob zelo visokih vodah, medtem ko so nižje ležeče ploskve lahko poplavljen dlje. Te tudi ležijo bližje Stržena – glavnega toka, ki se vije preko jezera in tudi ob nizkem vodostaju obstane najdlje.

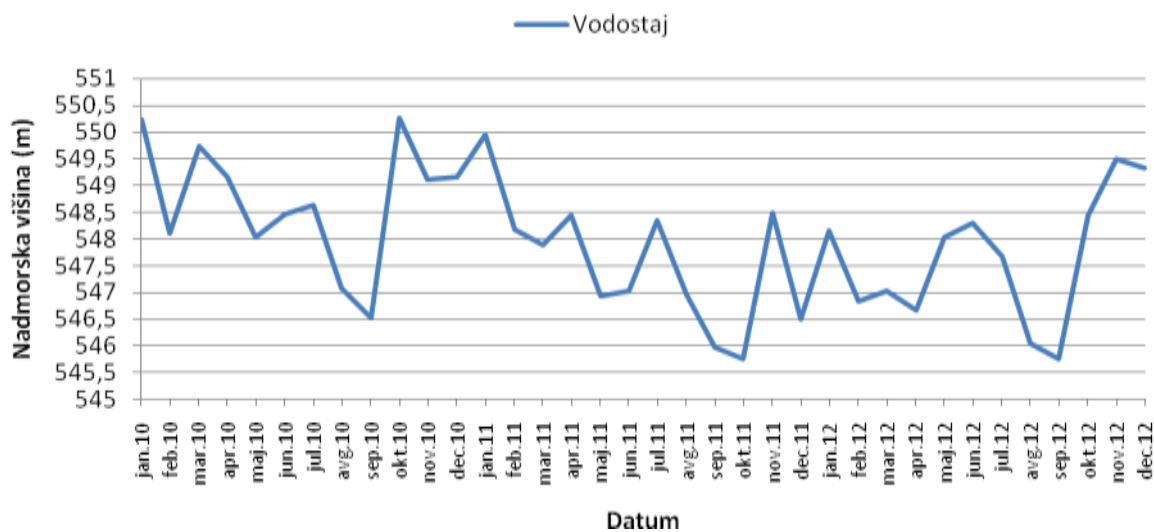
Pri izbiri ploskev smo se izogibali intenzivneje gojenim (gnojenim in večkrat košenim) travnikom, saj je bil namen obdelati predvsem ekstenzivne, vrstno pestrejše in ranljivejše mokrotne travnike. Merilo za izbor ploskve je bila homogenost vegetacije.

Koordinate izbranih ploskev smo posneli z GPS sprejemnikom (eTrex - GARMIN) in jih dodatno označili s plastičnimi količki in svetlečo folijo, da bi jih ob nadaljnjem terenskem delu lažje našli. Ploskve smo vrisali na ortofoto posnetek (Slika 3) in jih označili s številkami od 1 do 17, pri tem je ploskev z oznako 1 glede na n. v. najvišje ležeča ploskev, ploskev 17 pa najnižja.



Slika 3: Ortofotoposnetek transektu s sedemnajstimi popisnimi ploskvami (rdeči kvadrati) in zračno razdaljo celotne dolžine transektu (bela črta) (Atlas okolja..., 2013). Merilo 1:2500. Za območje raziskave s širšo okolico glej Sliko 2.

3.1.2 Hidrološke razmere v času vzorčenja



Slika 4: Hidrogram vodotoka Stržen v letih 2010-2012 vodomerne postaje Dolenje jezero (Arhiv ARSO ..., 2013)

Zgornji hidrološki podatki, četudi zbrani z najbližje hidrološke postaje vodotoka Stržen, ne prikazujejo absolutne višine vodne gladine na izbranem popisnem transektu. Zadostujejo pa za relativen prikaz celoletnega spreminjanja višine vodne gladine vzdolž gradienta glede na nadmorsko višino. Zaradi razlivanja vode in podatkov o n. v. vzorčnih ploskev vemo, kdaj in koliko časa so bile ploskve pod vodo. Julij in avgust sta meseca z najnižjimi vodostaji, med 545,5 in 547 m n. v.

Več o hidroloških značilnostih Cerknškega jezera je zapisano v poglavju 2.2.4. Hidrologija.

3.2 POPIS VEGETACIJE

Vegetacijo smo popisovali po standardni srednjeevropski metodi (Braun-Blanquet 1964), navajamo le kombinirane ocene pokrovnosti in številčnosti. Vegetacijske popise smo opravili meseca julija in avgusta v šestih terenskih dneh v sezoni 2010, v času nizkega vodostaja jezera. Popisali smo rastlinske vrste znotraj vsake izmed sedemnajstih izbranih ploskev v velikosti 4m x 4m oz. 16 m². Pri določanju mej popisne ploskve smo si pomagali z merilno vrvico v dolžini 16 m in 4 količki.

Lestvica kombiniranih ocen za pokrovnost in številčnost:

- + – vrsta je redka (< 5 primerkov) in prekriva < 5 % tal
- 1 – vrsta je pogosta z majhno pokrovnostjo ali redkejša z večjo pokrovnostjo, < 10 % tal
- 2 – vrsta je zelo pogosta in/ali pokriva 10-25 % tal
- 3 – vrsta pokriva od 26-50 % tal
- 4 – vrsta pokriva 51-75 % tal
- 5 – vrsta pokriva 76-100 % tal

3.3 MERJENJE NADMORSKE VIŠINE POPISNIH PLOSKEV

Nadmorsko višino popisnih ploskev in s tem višinski gradient transekta smo izmerili z GNSS sprejemnikom (Global navigation satellite system - Leica Viva GS15), ki odvisno od jakosti signala omogoča natančnost meritev n.v. ± 5 mm horizontalno in ± 10 mm vertikalno. Instrument smo si za potrebe meritev izposodili na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Meritve smo izvedli v času nizkega vodostaja jezera meseca avgusta 2011, ko so bila tla izbranih ploskev suha.

Na vsaki predhodno določeni popisni ploskvi smo z GNSS sprejemnikom posneli 5 točk. Pri grafu spreminjanja nadmorske višine glede na ploskev smo upoštevali srednjo vrednost nadmorske višine vseh petih točk posamezne ploskve. Z meritvijo nadmorske višine popisnih ploskev smo želeli natančneje opredeliti hidrološki gradient transekta, kjer je bila

v fazi poplavljanja popisna ploskev z nižjo n.v. vodi izpostavljena dlje kot ploskev z višjo n. v.

3.4 BIOMASA

Primarno produkcijo rastlin smo določili s tehtanjem nadzemne biomase. Na vsaki popisni ploskvi smo z vrtnimi škarjami poželi vzorec nadzemne biomase s površine 0,25 m², površino smo omejili z lesenim okvirjem (0,5 m x 0,5 m). Požeto biomaso smo nadalje na terenu ločili na svežo (baza stebela je še bele oz. zelene barve) in suho.

V laboratoriju smo vzorce stehali, jih zavili v predhodno stehane liste alufolije in posušili pri 105 °C. Zaradi debeline snopov je proces sušenja trajal več dni, zato smo ga spremljali v časovnih intervalih. Za končni podatek smo upoštevali maso, ki se ni več spreminjala.

3.5 VZORČENJE TAL

Na vsaki ploskvi smo z železno sondo do 10 cm globine nabrali po 5 vzorcev tal in jih združili v sestavljen vzorec. Glede na ploskev smo nabrali od 200 g do 350 g vzorca. Da bi bil vzorec zemlje celovitejši (brez travne ruše), smo pri tem izbirali vzorčna mesta s kar najmanjšo pokrovnostjo oz. smo mesto vzorčenja predhodno očistili in s površine odstranili večje dele (veje, kamenje, suho rastlinje). Vzorčili smo meseca septembra 2012 v času nizkega vodostaja jezera. Tla vzorčnih mest so bila suha.

V laboratoriju smo vzorce zemlje posušili v sušilniku pri 105 °C, pri tem smo večje delce (kamenje, rastlinske dele) odstranili. Preostalo zemljo smo strli v terilnici, presejali skozi sito ($\varnothing=2\text{mm}$), odstranili skelet in dobili končni vzorec homogenizirane zemlje za nadaljnje analize: meritve deleža organske snovi, pH vrednosti in prevodnosti.

3.5.1 Določanje deleža organske snovi v tleh

Delež organske snovi v vzorcih zemlje smo določili s semikvantitativno metodo sežiga, s katero smo določili delež totalnega organskega ogljika. V tleh in sedimentih vsebnost totalnega ogljika (TO) predstavljata anorganski (AO) in organski ogljika (OO).

Vsebnost totalnega organskega ogljika smo določili kot razliko med totalnim ogljikom in

anorganskim ogljikom, oziroma:

$$TO = AO + OO$$

Metoda temelji na sežigu vseh organskih snovi v prsti ali sedimentu pri visoki temperaturi (Heiri, 2001; Schumacher, 2002).

Keramične lončke smo žgali v pečici pri 400 °C (MS₄₀₀), jih ohladili v eksikatorju in stehali. Nato smo vanje zatehtali 10 g homogeniziranega vzorca zemlje, ga 4 ure sušili v pečici pri 105 °C in ponovno stehali (začetna teža vzorca). Vzorce smo nato žgali 7 do 8 ur v pečici pri 400 °C in postopek žganja ponovili pri 550 °C (MS₅₅₀). Po obeh žganjih smo vzorce ohladili v eksikatorju in jih stehali. Organsko snov predstavlja razlika med začetno in končno težo vzorca (pri MS₄₀₀ in MS₅₅₀) na podlagi katere smo izračunali deleže organske snovi.

3.5.2 Določanje pH in električne prevodnosti

pH vzorcev tal V steklene čaše smo zatehtali 20 g vzorca homogenizirane zemlje, dodali 100 ml deionizirane vode in vzorce premešali s stekleno palčko. Po dveh urah, vmes smo vzorce zemlje v vodni raztopini večkrat premešali, smo izmerili pH s predhodno umerjenim pH-metrom (PCD 650 - EUTECH instruments). Za kontrolo smo uporabili 100 ml deionizirane vode. Po vsakem merjenju vzorca in pred meritvijo naslednjega smo pH-sondo v ločeni čaši sprali z destilirano vodo. Meritve pH smo izvedli v dveh serijah.

Električno prevodnost smo v enako pripravljenih vzorcih zemlje, raztopljenih v deionizirani vodi, izmerili s konduktometrom (PCD 650 - EUTECH instruments). Za kontrolo smo uporabili 100 ml deionizirane vode. Po vsakem merjenju vzorca in pred meritvijo naslednjega smo sondo konduktometra v ločeni čaši sprali z destilirano vodo. Meritve prevodnosti smo izvedli v dveh serijah.

3.6 OBDELAVA PODATKOV

3.6.1 Dendrogram podobnosti med popisnimi ploskvami

Posamezne popisne ploskve smo glede na prisotnost in pogostost vrst med seboj primerjali

s pomočjo Bray-Curtisovega indeksa podobnosti. Pri tem smo uporabili program SYNTAX 2000 (Podani, 2001). Indeks podobnosti ima vrednosti med 0 in 1. Če popisni ploskvi nimata skupne niti ene vrste, je indeks različnosti enak 1, če pa so na ploskve prisotne vrste z enako abundanco, je indeks različnosti enak 0. Ploskve, ki so si med seboj najbolj podobne, tvorijo klastre (skupine). Klastre smo predstavili v obliki dendrograma.

3.6.2 Vpliv okoljskih parametrov na vrstno sestavo združb - kanonična korespondenčna analiza (CCA)

Kanonična korespondenčna analiza nam omogoča raziskati med dvema skupinama spremenljivk. V našem primeru smo iskali povezanost med okoljskimi spremenljivkami, nadmorsko višino in deležem organskih snovi, ter pojavljanjem in razporeditvijo vrst. V analizo smo vključili samo statistično značilne spremenljivke ($p \leq 0,1$). Pri tem smo uporabili statistični program CANOCO (ter Braak in Šmilauer, 2002). Rezultati so prikazani z ordinacijskim diagramom, kjer je velikost vpliva določenega dejavnika ponazorjena z dolžino vektorja.

3.6.3 Korelacije med okoljskimi dejavniki in diverziteto – Spearmanov koeficient

Korelacije med okoljskimi spremenljivkami ter številom in diverziteto vrst smo izračunali s Spearmanovim koeficientom (r_s), pri tem smo uporabili program SPSS. V tabeli so podane le signifikantne korelacije ($r_s = p \leq 0,01$, $r_s = p \leq 0,05$) Vrednosti r_s variirajo od -1 (negativna in popolna korelacija rangov) do +1 (pozitivna in popolna korelacija rangov).

4 REZULTATI

4.1 REZULTATI VEGETACIJSKEGA POPISA

Vzdolž transekta smo popisali skupno 106 vrst, od tega jih je večina zelnatih trajnic in dvoletnic (84 %), ostalo pa enoletnice (8 %) in lesnate rastline (6 %).

Preglednica 1: Popis flore znotraj 17 popisnih ploskev (površina ploskve je 16 m²) vzdolž transekta s kombiniranimi ocenami pokrovnosti in številčnosti, življenjsko obliko po Raunkiarju (Ž) (Martinčič, 2007).

Vrsta/ploskev	Ž	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	Ge																	3
<i>Lysimachia vulgaris</i>	He																	+
<i>Sium latifolium</i>	He																+	+
<i>Galium aparine</i>	Te															+	+	
<i>Polygonum amphibium</i>	He/Hi															+	+	2
<i>Phalaris arundinacea</i>	Ge														+	1	4	3
<i>Caltha palustris</i>	He														+	+	+	+
<i>Carex elata</i>	He												1			4	2	+
<i>Senecio paludosus</i>	He												+		+	+	+	4
<i>Leucojum aestivum</i>	Ge											1	2	1	1	+	+	+
<i>Lythrum salicaria</i>	He											+	+	+	+	+	+	1
<i>Teucrium scordium</i>	Ha										+	+	+	+	+	2	+	+
<i>Gratiola officinalis</i>	He											1	2	3	3	+	+	
<i>Ranunculus flammula</i>	He											+	1		1	+	+	
<i>Mentha aquatica</i>	He							+	+	+	+	+	1	+	2	3	1	1
<i>Eleocharis palustris</i> agg.	He													3	3	2		
<i>Juncus articulatus</i>	He								+			2	3	3	2	+		
<i>Ranunculus repens</i>	He											+	1	+	+			
<i>Carex flava</i> agg.	He										4	3	1	+				
<i>Deschampsia cespitosa</i>	He	+	+	+		+	+	1	+				+	+	+	+		
<i>Plantago altissima</i>	He		1	1		+	+	1	3		4	3	4	4	4	3		
<i>Molinia caerulea</i>	He	+	1	+	1		3	2	3		4	4		+				
<i>Serratula tinctoria</i>	He	2	2	1	2	2	2	4	2	+	1	2	2	1				
<i>Gentiana pneumonanthe</i>	He	+	+			+	+	+	+		+	1		+				
<i>Carex panicea</i>	He							3	+		3	3	1					
<i>Carex hirta</i>	He								+		+	+						
<i>Euonymus europaea</i>	Fa	+	+							+	+							
<i>Sanguisorba officinalis</i>	He	+	3			+	+	1	1	+	+							
<i>Taraxacum palustre</i>	He								+		+							

Se nadaljuje...

Nadaljevanje...

Vrsta/ploskev	Ž	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>Peucedanum coriaceum</i>	He	1	2	2	3	4	3	2	+	3	1							
<i>Schoenus nigricans</i>	He				2	1	4	4	2	4	1							
<i>Inula salicina</i>	He	+	1	+						+								
<i>Orobanche sp.</i>	Ge			1	+	+		+	+	+								
<i>Salix rosmarinifolia</i>	Fa				3			+	1	2								
<i>Succisa pratensis</i>	He	1	1	2	2	2	3	2	2	2								
<i>Genista tinctoria</i>	Ha	1	2	+	1	2	1	1	+	1								
<i>Prunella vulgaris</i>	He	1	+	+	+	+	+	+	+									
<i>Agrostis stolonifera</i> agg.	He	1	1	2	1					+								
<i>Carex hostiana</i>	He							+	+									
<i>Epipactis palustris</i>	Ge						1		+									
<i>Equisetum palustre</i>	Ge								+									
<i>Schoenus ferrugineus</i>	He								+									
<i>Ranunculus acris</i>	He	1	+	+	+	+	+	1										
<i>Allium carinatum</i>	Ge	2	1	1	1	+	+	+										
<i>Galium boreale</i>	He	+	+	+	+	1	+	+										
<i>Lotus corniculatus</i>	He	1	1	1	1	+	+	+										
<i>Danthonia decumbens</i>	He	+	+	+	2	1	2											
<i>Galium verum</i>	He	2	1	+	+	+	1											
<i>Gladiolus illyricus</i>	Ge		+	+	1	1	1											
<i>Pimpinella saxifraga</i>	He	1	+	1	+	1	1											
<i>Centaurea jacea</i>	He	1	2	3	1	1	+											
<i>Euphorbia sp.</i>		1	1	1			+											
<i>Hieracium umbellatum</i> agg.	He	1	2	+	+	+	+											
<i>Leontodon hispidus</i>	He	1	+	1	1		+											
<i>Medicago lupulina</i>	Te/He	1	+	+	+	+	+											
<i>Pinus sylvestris</i>	Fa						+											
<i>Potentilla erecta</i>	He	+	+	+	+	+	+											
<i>Trifolium dubium</i>	Te/He			+	+	+	+											
<i>Trifolium patens</i>	Te	+	+	+	+	+	+											
<i>Trifolium repens</i>	He	+	+	1	1	2	1											
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	He	+	+	+	+	+												
<i>Betonica officinalis</i>	He	3	3	3	+	+												
<i>Briza media</i>	He	3	1	4	1	+												
<i>Festuca pratensis</i> agg.	He	+	1	+	+	+												
<i>Festuca rubra</i> agg.	He	+	1	1	1	+												
<i>Filipendula vulgaris</i>	He	1	2	3	+	+												
<i>Helictotrichon pubescens</i>	He	1	+			+												
<i>Leucanthemum vulgare</i>	He	+	+	+		+												
<i>Rhinanthus minor</i>	Te	2	+	+	+	+												

Se nadaljuje...

4.1.1 Življenjska oblika rastlin

Življenjske oblike so odraz prilagajanja rastlin na temperaturne in vlažnostne razmere, v katerih uspevajo. Glede na način preživetja v neugodnih letnih obdobjih, pri čemer je glavni kriterij – lega oz. zaščitenost brstov (popkov), iz katerih poženejo novi poganjki, so v popisu prevladovali hemikriptofiti (73,3 %), ostale življenjske oblike so zasedle veliko manjše deleže – od 5 % do 10 %. Oznake za posamezno rastlino so vidne v Preglednici 2

Preglednica 2 Življenjske oblike rastlin (Raunkiar po Mala flora Slovenije, 2007) po deležih, ki so bile najdene v popisu

Življenjska oblika	%
He	73,3
Ge	9,5
Te	8,6
Hi	4,8
Fa	4,8
Ha	3,8

He - hemikriptofiti (Hemikryptophyta): zelnate trajnice, ob nastopu neugodnega obdobja nadzemni deli odmrejo, zato so brsti na površini tal zaščiteni z odmrliimi deli in snegom.

Ge - geofiti (Geophyta): zelnate trajnice; ob nastopu neugodnega obdobja nadzemni deli odmrejo, v tleh pa ostanejo organi, v katerih so nakopičene rezervne snovi – čebulica, korenika, stebelni gomolj ali koreninski gomolj.

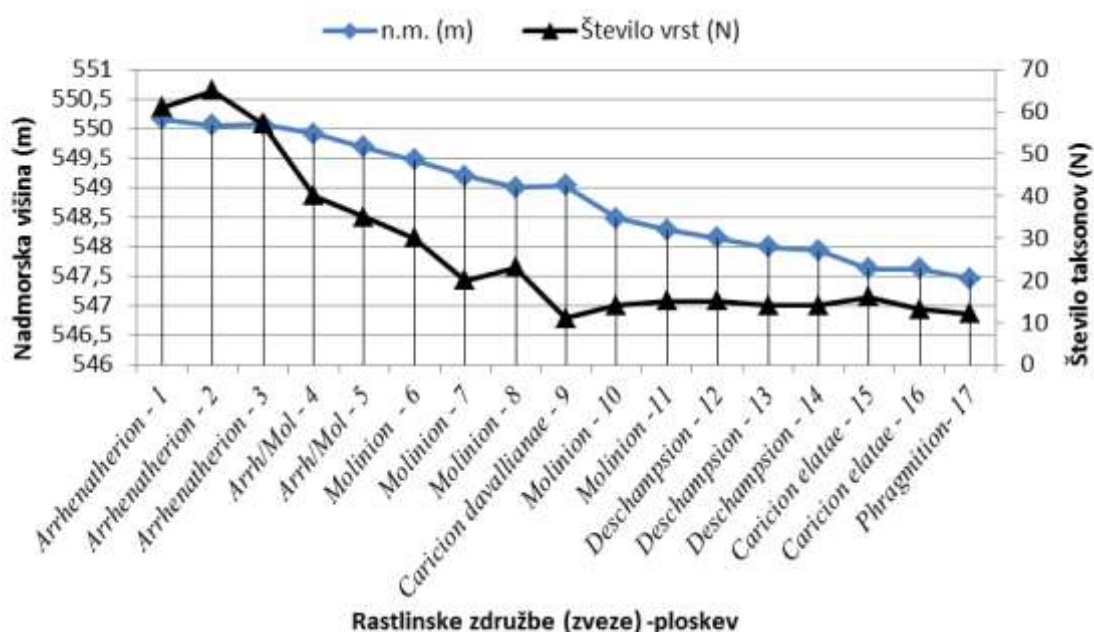
Te - terofiti (Therophyta): enoletna zelišča; njihov razvoj traja le eno leto, zato največji del enoletnic prebije zimo ali sušo v obliki semen, ki so zelo odporna.

Hi - hidrofiti (Hydrophyta): vodne rastline; lahko so potopljene, plavajoče ali pa so močvirske (helofiti); slednje kažejo vse prehode kopenskih rastlin.

Fa - fanerofiti (Phanerophyta): lesnate rastline; brsti so vsaj 20 cm nad tlemi, pred neugodnimi življenjskimi pogoji so zaščiteni predvsem z luskolisti (drevesa, grmi).

Ha - hamefiti (Chamaephyta): brsti so običajno 5–10 cm in največ 50 cm nad tlemi, zaščito predstavljajo tudi sneg in odmrli rastlinski deli. Skupina je zelo raznolika (polgrmi, grmički, blazinaste trajnice, pritlikavi sukulenti ...).

4.1.2 Razporeditev rastlinskih združb in vrstno bogastvo vzdolž hidrološkega gradienta



Slika 5: Razporeditev rastlinskih združb ter spreminjanje števila taksonov (N) vzdolž višinskega oz. hidrološkega gradienta.

Vzdolž višinskega gradienta se je izoblikovalo 6 vegetacijskih tipov – rastlinskih združb, ki jih lahko uvrstimo v zveze rastlinskih združb, in sicer:

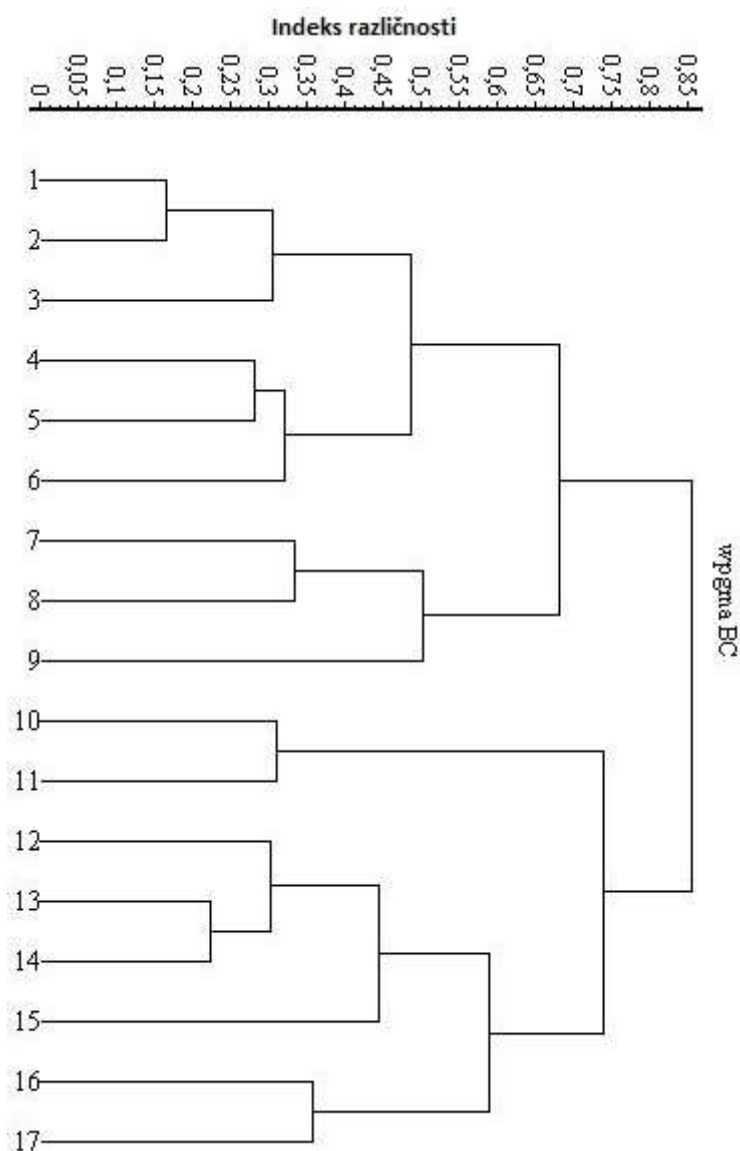
- a) *Arrhenatherion/Molinion*
- b) *Molinion*
- c) *Caricion davallianae*
- d) *Deschampsion*
- e) *Caricion elatae*
- f) *Phragmition*

Najvišje ležeče ploskve do n. v. 548,5 m prekriva vegetacija mezičnih travnikov, ki jih lahko opredelimo kot rastlinsko združbo na prehodu med zvezo *Arrhenatherion* in

Molinion. S padanjem nadmorske višine ti preidejo v vegetacijo mokrotnih travnikov zveze *Molinion*. Z izjemo rahlo dvignjene ploskve 9 z vegetacijo prehodnega barja tipa *Caricion davallianae* mokrotni travniki združb z modro stožko tvorijo pas vse do n. v. 548,2 m, ko preidejo v mokrotne travnike zveze *Dechampsion*. Najnižje dele transketa prekriva močvirska vegetacija iz zveze *Caricion elatae* in vegetacija plitvih voda *Phragmiton*.

Število vrst (N) se s padanjem nadmorske višine zmanjšuje. Višinska razlika med prvo in zadnjo popisno ploskvijo je 2,64 m. Pri tem se število rastlinskih vrst zmanjša iz 61 (550 m n. v.) na 11–15 (n. v. \leq 549 m). Z nadmorsko višino se spreminja čas trajanja poplav, tako je najvišje ležeča popisna ploskev 1 (550,1 m n. v.) poplavljen najkrajši čas oz. le izjemoma, najnižje ležeča ploskev z oznako 17 (547,47 m n. v.) pa je poplavljen najdlje.

4.1.3 Podobnost med popisnimi ploskvami



Slika 6 Dendrogram Bray-Curtisovega indeksa podobnosti (različnosti) med 17 popisnimi ploskvami glede na prisotnost in pogostost vrst.

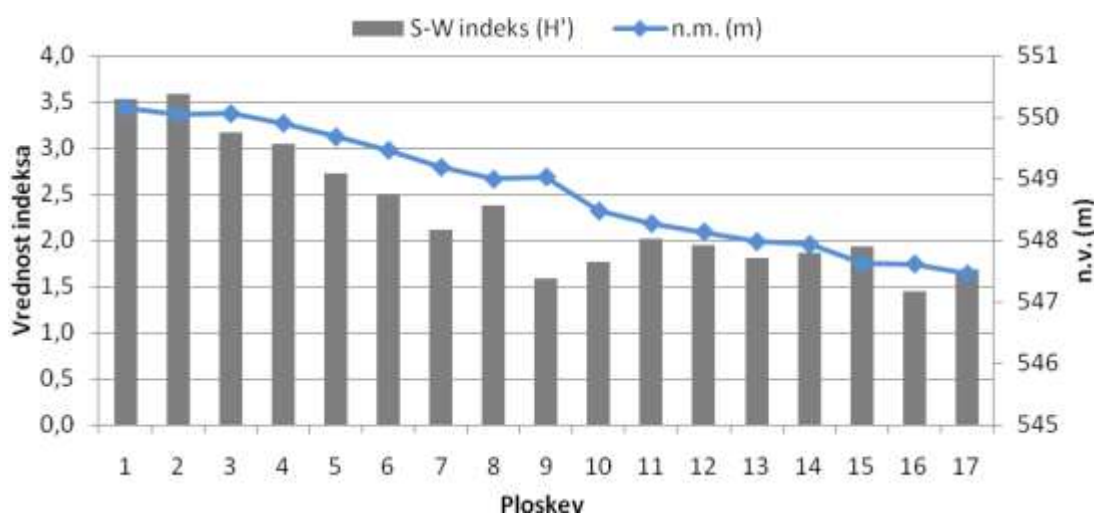
Na podlagi dendrograma, pri katerem smo za mero podobnosti uporabili Bray-Curtisov indeks podobnosti (Slika 6), so se vzdolž višinskega gradienta pokazale precejšnje razlike v vrstni sestavi vegetacije popisnih ploskev. Izoblikovalo se je sedem skupin, ki si sledijo vzdolž gradienta in jih lahko glede na prisotnost rastlinskih vrst uvrstimo v naslednje vegetacijske tipe:

- Ploskev 1–6: Mezični travniki zvez *Arrhenatherion in Molinion* (*Betonica officinalis* – *Centaurea jacea* agg.)
- Ploskev 7–8: Združba vlažnih travnikov *Schoeno nigricantis* – *Molinietum* iz zveze *Molinion*.
- Ploskev 9: Prehod med prehodnim barjem in vlažnim travnikom na dvignjenih tleh, vegetacijskih tipov *Molinion* (modrega stožkovja) in *Caricion davallianae* (srhkega šašja), kjer prevladujejo barjanske vrste.
- Ploskev 10–11: Združba mokrotnih travnikov *Plantagini altissimae* – *Molinietum* zveze *Molinion*.
- Ploskev 12–14: Združba mokrotnih travnikov *Deschampsio-Plantaginetum altissimae* zveze *Dechampsion*.
- Ploskev 15–16: Močvirske združbe *Caricetum elatae* (visokega šašja) in *Phalaridetum arundinacae* (trstične pisanke).
- Ploskev 17: Združba močvirskih / plitvih vod *Scirpetum lacustris*.

Izmed ploskev zgornjega dela gradienta najbolj izstopa p. 9 s prevladujočimi barjanskimi vrstami, spodaj pa p. 15 z močvirskimi vrstami.

4.1.4 S-W diverzitetni indeks

Shannon-Wiener diverzitetni indeks se s padanjem nadmorske višina zmanjšuje. Največjo vrednost 3,59 doseže na najvišje ležeči ploskvi 2 (550 m n. v.) in najnižjo 1,45 na ploskvi 16 (547,6 m n. v.). Med ploskvama 8 in 9 vrednost indeksa znatno pade in za razliko od zgornjih ploskev (1–8) na spodnjih ploskvah od n. v. 548,5 m ne preseže več vrednosti 2.



Slika 7: Shannon-Wiener (H') indeks vrstne diverzitete ($= H' / \ln N$) vegetacije popisnih ploskev glede na nadmorsko višino posameznih ploskev.

4.1.5 Ogrožene in zavarovane rastlinske vrste

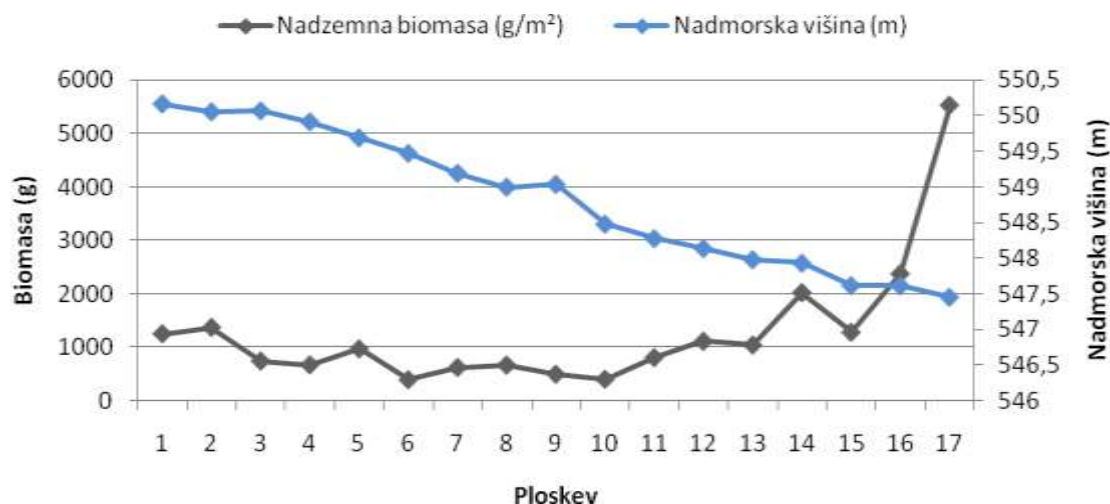
Skupno smo popisali 16 vrst, ki jih na podlagi Rdečega seznama praprotnic in semenk (Pravilnik ..., 2002) uvrščamo v kategorijo ogroženosti med ranljive vrste oz. med zavarovane vrste Slovenije (Uredba o ..., 2004). To predstavlja skoraj 17 % od vseh popisanih vrst. Na zgornjem delu transekta so bile z relativno visokimi pokrovnimi vrednostmi največkrat zabeležene vrste *Peucedanum coriaceum* in *Schoenus nigricans*, na spodnjem delu gradienta *Gratiola officinalis*.

Ranljiva vrsta je kategorija ogroženosti, v katero se uvrstijo vrste, za katere je verjetno, da bodo v bližnji prihodnosti prešle v kategorijo prizadete vrste, če bodo dejavniki ogrožanja delovali še naprej. Vrste so zelo občutljive na kakršnekoli spremembe oziroma poseljujejo habitate, dovzetne za človekov vpliv (Pravilnik ..., 2002).

Preglednica 3: Ogrožene rastlinske vrste z rdečega seznama (Pravilnik ..., 2002) s kategorijo ogroženosti z oznako V (ranljiva vrsta) ter zavarovane vrste Republike Slovenije (Uredba o ..., 2004). popisane v obravnavanih ploskvah na Dolenjem jezeru

Ogrožene rastlinske vrste z rdečega seznama		Zavarovana vrsta
<i>Carex hostiana</i>	V	<i>Gentiana pneumonanthe</i>
<i>Epipactis palustris</i>	V	<i>Gladiolus illyricus</i>
<i>Gladiolus illyricus</i>	V	<i>Leucojum aestivum</i>
<i>Gratiola officinalis</i>	V	
<i>Leucojum aestivum</i>	V	
<i>Orchis palustris</i>	V	
<i>Peucedanum coriaceum</i>	V	
<i>Polygonum amphibium</i>	V	
<i>Salix rosmarinifolia</i>	V	
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	V	
<i>Schoenus ferrugineus</i>	V	
<i>Schoenus nigricans</i>	V	
<i>Senecio paludosus</i>	V	
<i>Sium latifolium</i>	V	
<i>Teucrium scordium</i>	V	

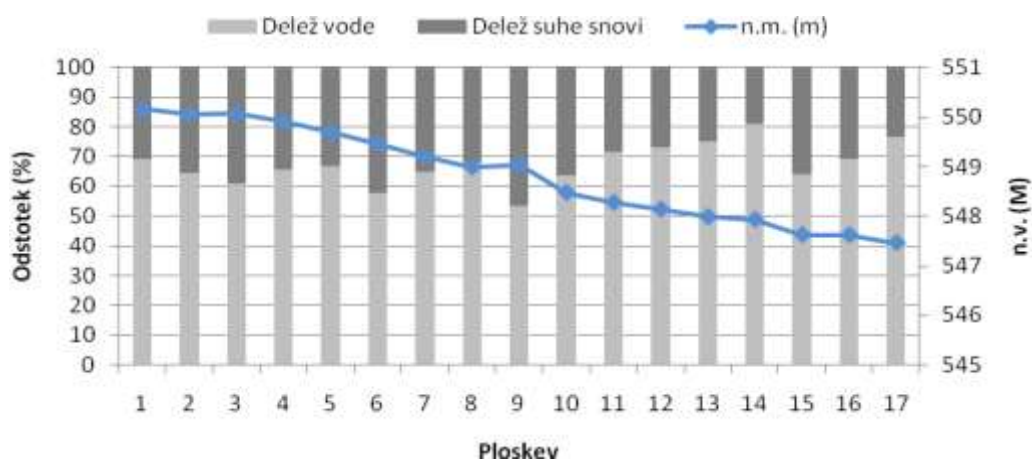
4.2 NADZEMNA BIOMASA



Slika 8: Spreminjanje biomase nadzemnih delov rastlin v kvadrantih na ploskvah 1–17 vzdolž višinskega gradienta.

Pri spreminjanju nadzemne biomase vzdolž gradienta se ta zmanjšuje do p. 10 in nato povečuje od p. 11–17, na splošno pa se vzdolž gradienta poveča. Na vsaki ploskvi smo

poželi med 400 g/m² biomase in 5522 g/m². Nadzemna biomasa je bila s 5522 g/m² največja na ploskvi z najnižjo n. v. 547,5 m (p. 17) in najmanjša 394 g/m² pri 549,5 m n. v. (p. 6). Na ploskvah 3–11 vrednosti biomase ne presežejo 1000 g/m², te narastejo na ploskvah 14, 16 in 17. Deleži vode v nadzemni biomasi so med 54 % (p. 9) in 81 % (p. 14), delež višji od 70 % se pojavlja le pri najnižjih ploskvah 11–17.

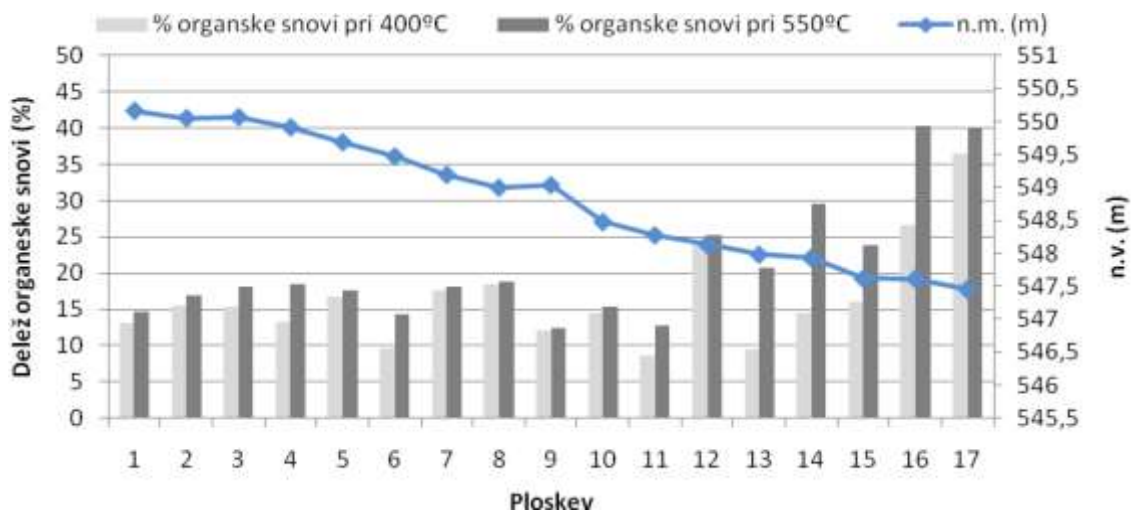


Slika 9: Spreminjanje deležev vode in suhe snovi v sveži nadzemni biomasi vzdolž višinskega gradienta ploskev 1-17.

Delež suhe biomase – opada (baza stebela rastlin ni več zelena) je glede na svežo nadzemno biomaso predstavljal med 2% in 27%. Največji delež 27% (p. 9) je skoraj dvakrat večji v primerjavi drugimi ploskvami, kjer delež nadzemne biomase ni presegel 15%. Takšna razlika je verjetno posledica različne rabe tal, neredne košnje v primerjavi z ostalimi ploskvami.

4.3 VZORCI TAL

4.3.1 Delež organskih snovi v tleh

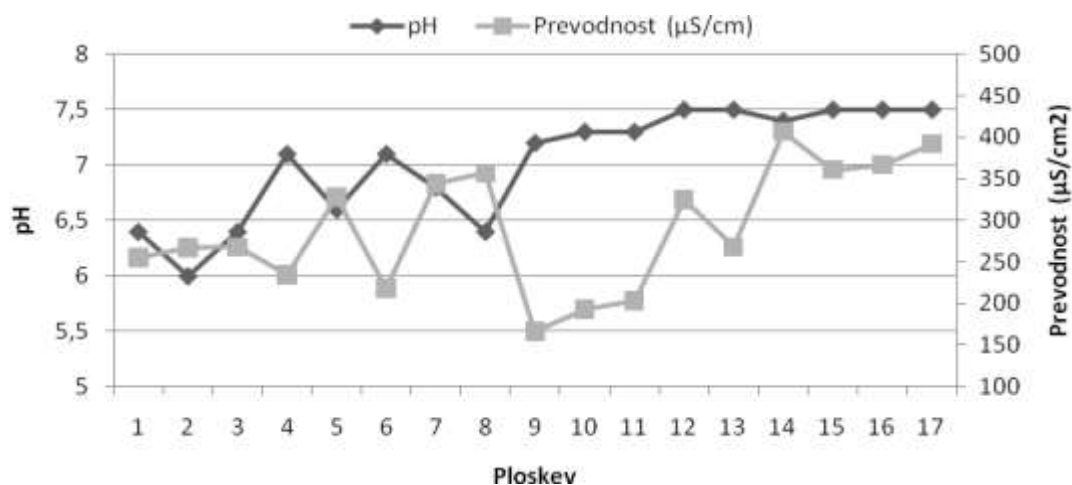


Slika 10: Spreminjanje deleža organskih snovi v tleh pri metodi sežiga organskih snovi pri 400 °C in metodi sežiga pri 550 °C vzdolž višinskega gradienta v vzorcih tal ploskev 1–17.

Vrednosti deležev organske snovi v vzorcih tal so bile glede na metodo pri MS_{550} (12 %–40 %) višje kot pri MS_{400} (9 %–37 %). Vrednosti (pri obeh metodah) so bile najvišje na nižje ležečih ploskvah, z največjim deležem pri najnižje ležeči ploskvi 547,5 m n. v. (p 17) in najnižja pri 548 m n. v. (p 11). Do višine 548 m n. v. (p12), delež organske snovi ne preseže 20 %.

Razlika med vrednostima MS_{400} in MS_{550} je lahko tudi 15 %. Opazimo, da se z izjemo p 12, pri ploskvah, nižjih od 548 m n. v., razlika večja. Razlika v deležu organske snovi med obema metodama je najverjetneje posledica uničenja anorganskega ogljika v karbonatih pri 550 °C. Ta je lahko v tleh prisoten v obliki karbonatnih mineralov kalcita in dolomita, saj je matična kamninska podlaga apnenčasta (Heiri, 2001; Schumacher, 2002). Predvidevamo, da je na dlje poplavljenih nižje ležečih ploskvah prisotnega več anorganskega ogljika.

4.3.2 pH in električna prevodnost tal

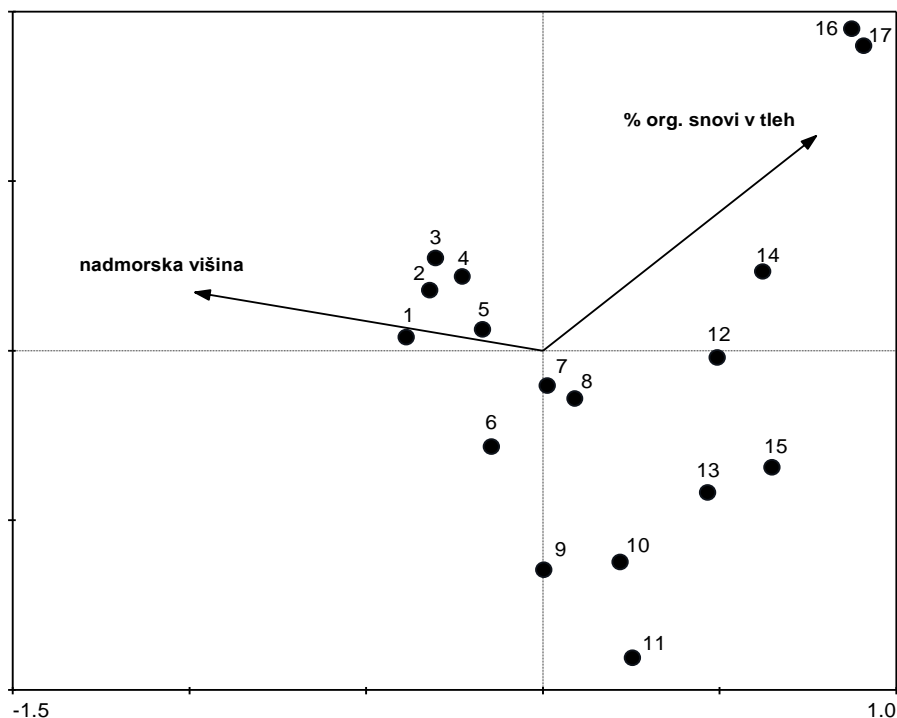


Slika11: Spreminjanje pH in električne prevodnosti ($\mu\text{S}/\text{cm}$) v vzorcih tal popisnih ploskev 1–17.

Vrednosti pH in električne prevodnosti tal se vzdolž transeka z vlažnostjo načeloma povečujejo, čeprav lahko opazimo precejšnje spreminjanje obeh vrednosti, predvsem na ploskvah 1–8. Izmerili smo pH med 6 in 7,5 ter prevodnosti med 166 in 407 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Med zgornjim delom transeka in spodnjimi ploskvami pH preide iz rahlo kislega (6–6,8) v alkalno območje (7–7,5), zviša se tudi električna prevodnost. Glede na izmerjeno prevodnost izstopa razlika med ploskvama 8 (357 $\mu\text{S}/\text{cm}$) in 9 (166 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

4.4 PRIMERJAVA PARAMETROV

4.4.1 Vpliv okoljskih parametrov na vrstno sestavo rastlinskih združb



Slika 12: Ordinacijski diagram CCA okoljskih parametrov – nadmorske višine in delež organske snovi v tleh glede na popisno ploskev

Dejavnika okolja z največjim vplivom na vrstno sestavo (pojavljanje in pogostost rastlinskih vrst) vegetacije popisnih ploskev (Slika 12) sta bila nadmorska višina in delež organskih snovi v tleh, s katerima smo pojasnili 28 % in 13 % celotne variance vrstne sestave.

Preglednica 4: Okoljski parametri in odstotki TVP (totalna pojasnjena varianca), ki pojasni 42 % variance sestave rastlinskih združb. Predstavljene so le signifikantne spremenljivke ($p \leq 0,01$).

Spremenljivka	Λ	A	p	F	% TVP
Nadmorska višina	0,81		0,01	5,87	28
Organska snov (sežig pri 550° C)	0,39		0,01	3,17	13

4.4.2 Korelacije med okoljskimi dejavniki in diverziteti

Okoljski dejavniki, ki so bili v signifikantni korelaciji ($p \leq 0,01$) s parametri diverzitete rastlinskih vrst, so bili nadmorska višina ($0,792 \leq r_s \leq 0,856$), pH ($-0,762 \leq r_s \leq -0,832$) in pokrovnost vegetacije ($0,590 \leq r_s \leq 0,639$). Pri tem so bili v močni korelaciji z nadmorsko višino okoljski dejavniki: pH ($r_s = -0,902^{**}$), pokrovnost ($r_s = 0,872^{**}$) in delež organske snovi ($r_s = -0,646^{**}$). Korelacija med nadmorsko višino in deležem organskih snovi v tleh je bila negativna. Z manjšanjem nadmorske višine se delež organskih snovi v tleh povečuje.

Dejavnik organske snovi v tleh je bil močni korelaciji s prevodnostjo ($r_s = 0,868^{**}$) in nadzemno biomaso ($r_s = 0,659^{**}$).

Preglednica 5: Korelacija med okoljskimi dejavniki in parametri rastlinske diverzitete na podlagi Spearmanovih korelacijskih koeficientov (r_s) (** = $p \leq 0,01$, * = $p \leq 0,05$, n.s. = ni signifikana).

Okoljski dejavnik	Nadzemna biomasa	Nadmorska višina	Organska snov (T=550 °C)	pH tal	Prevodnost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Pokrovnost (%)
Nadmorska višina	-0,435*					
Organska snov (T=550 °C)	0,659**	-0,646**				
pH (tla)	n.s.	-0,907**	0,565*			
Prevodnost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,671**	-0,523*	0,868**	n.s.		
Pokrovnost (%)	n.s.	0,872**	-0,558*	-0,832**	-0,450*	
Število taksonov (N) - vrstno bogastvo	n.s.	0,846**	n.s.	-0,803**	n.s.	0,639**
S-W index (H') - vrstna diverziteteta	n.s.	0,856**	n.s.	-0,816**	n.s.	0,633**
Evenness (= $H'/\ln N$)	n.s.	0,792**	n.s.	-0,762**	n.s.	0,590**

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPOREJANJE RASTLINSKIH ZDRUŽB VZDOLŽ HIDROLOŠKEGA GRADIENTA

Hierarhija vzrokov, ki oblikujejo vegetacijske vzorce in gradiente, je zaradi medsebojne povezanosti okoljskih dejavnikov in njihovih vplivov na vrste in habitate, predmet številnih raziskav in polemik (Clément in Proctor, 2009, Zelnik in Čarni 2013). Mnogi avtorji so vodni režim zaradi vpliva, ki ga ima na vrstno sestavo in razporeditev vegetacije, prepoznali kot ključen ekološki dejavnik mokrišč (Dwire in sod. 2004; Keddy, 2010; Todd in sod., 2010).

V skladu s pričakovanji smo vzdolž hidrološkega gradienta ugotovili velike spremembe v sestavi vegetacije kot tudi pokrovnosti, vrstnem bogastvu, diverziteti in biomasi.

Vzdolž transekta se je izoblikovalo 6 vegetacijskih tipov, ki prehajajo eden v drugega in se med seboj delno tudi prekrivajo. Iz ekološkega (predvsem izraženost higrofilnega značaja) in fitosociološkega vidika glavna os razporeditve ustreza hidrološkemu gradientu, podobno so ugotovili drugi (Sellinger-Looten in sod., 1999; Todd in sod., 2010; Zelnik in Čarni, 2008).

Opazna je zonacija vegetacije. Neposredno ob kotanji, ki je večji del leta napolnjena z vodo, prevladujejo močvirske združbe tipa *Phragmition* in *Caricion elatae*, ki z oddaljevanjem od vode in dviganjem terena prehajajo v združbe mokrotnih travnikov tipa *Dechampsion* in *Molinion*. V nizu mokrotnih travnikov na rahlo dvignjenem delu prevladujejo vrste, značilne za nizko barje (*Caricion davalliana*). Na najvišjem delu transekta vegetacija preide v združbo zmerno vlažnih mezofilnih travnikov tipa *Arrhenatherion* (Slika 5). Zonacija je močno pogojena z zadrževalnim časom vode, vrsto sedimenta, deležem organskega mulja ter drugimi spremljevalnimi dejavniki in je ena vidnejših lastnosti mokrišč, povezanih z okoljski gradienti (Casanova in Brock, 2002; Martinčič in Leskovar, 2002; Urban, 2005).

Vegetacijo najnižjega dela gradienta so predstavljale močvirske združbe jezerskega bičkovja (*Scirpetum lacustris* Schmale 1939), trstične pisanke (*Phalaridetum*

arundinaceae) in togega šašja (*Caricetum elatae* W. Koch 1926). Razvijejo se, kjer globina vode navadno doseže ena do dva metra, traja pa le mesec ali dva. Po presahnitvi, običajno avgusta, v teh predelih ni več površinske vode, vendar so tla dovolj vlažna za nemoten nadaljnji razvoj (Martinčič, 2002). Večino površin, kjer prevladuje togi šaš, pozno poleti tudi redno kosijo za steljo. Spremljata ga vrsti, vodna meta (*Mentha aquatica*) in navadna božja milost (*Gratiola officinalis*) (Martinčič in Leskovar, 2002).

Redno poplavljene ploskve osrednjega dela gradienta (p 14-7), z izjemo p. 9, kjer prevladujejo barjanske vrste iz združbe *Caricion davallianae*, zastopajo združbe oligotrofnih mokrotnih travnikov: združba rušnate masnice in visokega trpotca (*Dechampsio – Plantaginetum altissimae* Ilijanič 1979), modrega stožkovja z visokim trpotcem (*Plantagini altissimae – Molinietum ceruleae*) ter modrega stožkovja s črnkastim sitovcem (*Schoeno nigricantis – Molinietum ceruleae* Martinčič 1991).

Prehod med združbami suhih travišč in mokrotnimi travniki (ploskev 1–6) predstavljajo vrste iz zvez *Arrhenatherion* in *Molinion*. Vzrok pospešenega naseljevanja vrst iz razreda *Molinio-Arrhenatheretea*, predvsem molinietalnih, in vzporedno propadanje bazofilnih vrst nizkega barja je postopno osuševanje tal in kopičenje humusa v tleh (Martinčič in Leskovar, 2002). Ta rastišča so poplavljena le zgodaj spomladi in jeseni ter brez površinske vode v vegetacijskem obdobju.

Na najvišjem delu gradienta (p. 1–3), izven območja rednih poplav (n. v. 550 m), prevladuje mezofilna traviščna vegetacija. V sestojih prevladujeta vrsti *Betonica officinalis* in *Centaurea jacea*. Poplavljeni so le ob izrednih letnih vodostajih, sicer pa so edini vir vode padavine. Ta travišča redno, do dvakrat letno, kosijo za krmo (Martinčič, 2002).

5.2 SESTAVA VEGETACIJE IN OKOLJSKI DEJAVNIKI

Keddy (2010) v grobem loči tri primarne dejavnike, ki oblikujejo tip mokrišča – vodni režim, hranila in motnje. Med pomembnejšimi sekundarnimi spremenljivkami, ki vplivajo na razporejanje in sestavo vegetacije navajajo: vlažnost, pH (Merunkova in Chytrý, 2012; Zelnik in Čarni, 2008), produktivnost (McRea, 2004) in stres (Lenssen in sod. 1999). K razporeditvi vrst vzdolž gradientov poleg fiziološkega odgovora posamezne rastline na stres prispevajo tudi številni mehanizmi interspecifične kompeticije, ki se z globino in

zadrževalnim časom voda spreminjajo (Clément in Proctor, 2009; Kotowski, 2006).

Okoljski dejavnik, s katerim smo pojasnili največji del variance vrstne sestave rastlinskih združb, je bila nadmorska višina (Slika 12). V pozitivni korelaciji z nadmorsko višino je pokrovnost vegetacije, v negativni korelaciji pa so: pH, organska snov, prevodnost in nadzemna biomasa (Preglednica 5). Glede na naklon in oblikovanost površja imajo različen vpliv na vegetacijo tudi pogostost in trajanje poplav ter nihanje vodne gladine (Urban, 2005; Clément in Proctor, 2009).

V primerjavi z višjimi rastišči, kjer najverjetneje prihaja predvsem do spiranja hranil s padavinami (Zelnik, 2005), nižje predele napaja s hranili in mineralnimi snovmi bogata jezerska voda ter nanosi sedimentov (Gaberščik in Urbanc - Berčič 2002b), kar bi lahko bil vzrok povečane prevodnosti in produktivnosti.

Najmočnejša ($p > 0,01$) je bila korelacija med nadmorsko višino in pH vrednostjo tal, ki preide iz rahlo kislega v rahlo alkalnega. Nižje ležeče ploskve imajo zaradi vpliva jezerske vode, ki je pretežno podzemnega izvora in bogata s Ca^{2+} , zato alkalen značaj, medtem ko višje ležeči dele napaja predvsem kislejša deževnica.

Od dejavnikov tal je imela na vrstno sestavo rastlinskih združb največji vpliv organska snov (MS_{550}), ki je bila v pozitivni korelaciji predvsem s prevodnostjo, nadzemno biomaso in organsko snovjo, pH vrednostjo tal in negativni korelaciji s pokrovnostjo. Kopičenje organskega ogljika v tleh kontrolira predvsem razmerje med vnosom ogljika iz zraka – rastlinsko produkcijo in odvzemom – in procesom dekompozicije (Jobbágy, 2000).

Ploskev 9 je bila košena neredno, delež suhe snovi kot tudi organske mase pa je bil višji. Sklepamo, da so bile številne posebnosti na ploskvi 9 tako pri meritvah okoljskih dejavnikov kot tudi v sestavi vegetacije najverjetneje posledica neredne košnje v primerjavi z ostalimi ploskvami. Vpliv pogostosti košnje na sestavo vegetacije, predvsem mokrotnih travnikov, omenjajo Keddy (2010), Krause (2011).

5.3 BIOMASA

Biomasa nadzemnih delov rastlin izkazuje pozitivno korelacijo z deležem organske snovi v tleh in negativno korelacijo z višinskim gradientom. Organska snov v tleh ima pomembno

vlogo rezervoarja hranilnih snovi in vode ter hkrati zmanjšuje zbitost tal. Delež organskega ogljika v tleh vpliva na produkcijo rastlin in obratno ter pomembno vpliva (povečuje) na rodovitnost tal (Jobbágy, 2000).

Za najproduktivnejši del (celotna biomasa) se je izkazal najnižji del gradienta, poraščen z združbami zveze *Phragmition*, kjer je povprečna višina vodne gladine največja in potrjuje ugotovitve Dwire in sod. (2004). Vrednosti nadzemne biomase so bile v primerjavi z osrednjim in najmanj produktivnim delom gradienta (vegetacija tipa *Molinion*) tudi do štirinajstkrat manjše.

Predvidevamo, da so k veliki produktivnosti prispevala hranila, ki jih dovajata jezerska voda in naplavine, ter, kot navaja Keddy (2010), visoka fizionomija in pokrovnost nekaterih rastlinskih vrst iz rodov, kot so *Phalaris*, *Senecio* in v našem primeru *Schoenoplectus*.

Značilnih negativnih korelacij med številom vrst in biomaso, kot navajajo Dwire in sod. (2004), nismo potrdili.

5.4 DIVERZITETA IN OKOLJSKI DEJAVNIKI

S parametri diverzitete sta bila v negativni korelaciji nadmorska višina in pH, v pozitivni korelaciji pa pokrovnost. Pogost vzorec upadanja vrstnega bogastva z nadmorsko višino potrjuje tudi Zelnik (2008). Med dejavniki tal je bila močno signifikantna negativna korelacija med pH in parametri rastlinske diverzitete, pri čemer srednje vrednosti pH (6–7), pogosto povezujejo z višjo diverzitetjo (Zelnik in Čarni, 2013; Keddy, 2010).

Število vrst je bilo največje na najvišjem delu transekta, kjer so prevladovali mezični travniki (*Arrhenatherion* - *Betonica officinalis* - *Centaurea*), in najmanjše na pogosto poplavljenem predelu močvirskih združb (*Phragmition* - *Scirpetum lacustris* - *Phalaridetum arundinacea*).

Pod 550 m n. v., mejo, ki jo jezero v običajnem obsegu doseže dvakrat letno (Kranjc, 2002b), se število vrst zmanjša za polovico, pod mejo redne poplavljenosti (547,5 m) pa število vrst v primerjavi z najvišjim delom transekta upade na petino. Padec vrstnega bogastva z naraščajočo povprečno globino in frekvenco poplavljanja navajajo tudi

Raulings, (2010), Casanova & Brock (2000). Zdi se, da je vzrok upadanja števila vrst z nadmorsko višino posledica daljšanja časa trajanja poplav in dejstva, da stres, ki ga povzroča zastajajoča voda, tolerirajo le redke vrste (Zelnik, 2008; Araya, 2010; Wassen in sod., 2002).

Ko se jakost motnje ali stresa zmanjšata, se poveča stopnja in pomembnost interspecifične kompeticije (Shipley in sod. 1991), predvsem za svetlobo (Kotowski, 2006). Ta pride do izraza predvsem na s hranili bogatejših tleh. Na nižjih redno poplavljenih rastiščih tako vrstno bogastvo regulirajo predvsem abiotski faktorji, na višjih predelih pa medvrstne interakcije (Lenssen in sod. 1999).

Neuenkamp in sod. (2013) so tudi ugotovili, da dejavnost košnje in odstranitve stelje vpliva na kompeticijo za svetlobo ter ima pozitiven učinek na vrstno pestrost bolj produktivnih (več kot 1100 g/m²) travnikov z visokoraslimi vrstami.

5.5 OGROŽENOST IN BIODIVERZITETA

Med ogroženimi vrstami, ki jih uvrščamo na Rdeči seznam praprotnic in semenk (Pravilnik ..., 2002) ter zavarovanimi vrstami (Uredba o ..., 2004), smo popisali kar 16 od nekaj več kot 50 vrst, kot jih za Cerknško jezero navaja Martinčič (2002). Vse so uvrščene v kategorijo ranljivih vrst.

Dolgoročno največjo grožnjo obstoječim rastlinskim združbam na obravnavanem območju predstavljajo spremembe vodnega režima in posledično vodostaja bodisi zaradi sprememb padavinskega režima bodisi zaradi človeških posegov (regulacije vodotokov). Nezanemarljiv je tudi povečan vnos hranil neposredno z intenzifikacijo kmetijstva ali širše z eutrofikacijo vodotokov prispevnega območja, kar so zaznali Gabersčik in sod. (2003). Med terenskim delom je bila opazna neenotna raba tal oz. opustitev košnje in zaraščanje nekaterih predelov. Menimo da je vzrok temu, tudi lastniška razdrobljenosti okoliških travnikov. Poleg naštetih dejavnikov je bilo opaženo tudi neprimerno vedenje obiskovalcev Cerknškega jezera, kot je divje odlaganje gradbenega materiala in vožnja z motornimi štirikolesniki, kar ustvarja mehanski pritisk, tepta zemljo in lahko poškoduje rastlinje kot tudi živali.

Wassen in sod. (2005) navajajo, da je pojavljanje ogroženih rastlinskih vrst vezano predvsem na nizko produktivna območja. Četudi so kratkoročni učinki visoke vode lahko omejujoči, ima na dolgi rok nihanje vodne gladine učinek ohranjanja oz. vzdrževanja celotnega nabora mokriščnih združb (Smith in sod., 1991). Redno poplavljanje jezera pa onemogoča naselitev tujerodnih rastlinskih vrst (Martinčič, 2002), ki velikokrat ogrožajo vitalnost domorodnih vrst in nanje negativno vplivajo.

Na zgornjih ploskvah do n. v. 549 m smo zabeležili prisotnost lesnih vrst, ki so značilne za fazo zaraščanja, med drugim navadno krhliko (*Frangula alnus*), trdolesko (*Euonymus europaea*), rdeči bor (*Pinus sylvestris*) ter rožmarinolistno vrbo (*Salix rosmarinifolia*). Na mestih, kjer je čas trajanja poplav daljši, lesnih vrst ne najdemo. Neuenkamp in sod. (2013) ugotavljajo omejujoč vpliv hidrološkega režima in časa trajanja poplav na prisotnost in prodor lesnih vrst. Podoben učinek ima tudi košnja, saj znižuje kompetitivno prednost nekaterih vrst in vzdržuje vrstno sestavo in številčnost. Ob opustitvi košnje ali spremembi hidrološkega režima bi se območje začelo zaraščati z lesnimi vrstami, vrstna sestava bi se postopoma spremenila, vrstna diverziteta pa zmanjšala.

Razumevanje odgovorov rastlin na hidrološke razmere je pomembno za vzdrževanje naravne biodiverzitete in vzpostavljanja primerne načina upravljanja posameznega mokrišča (Magee in sod., 2005; Zelnik, 2005).

6 SKLEPI

V skladu s pričakovanji smo vzdolž hidrološkega gradienta ugotovili velike spremembe v vrstni sestavi, strukturi in razporejanju vegetacijskih tipov.

Hidrološki gradient, ki ga vzpostavlja vodni režim Cerknškega jezera, omogoča rast številnim in raznolikim rastlinskim združbam.

Okoljska dejavnika, s katerima smo pojasnili največji delež variance vrstne sestave vegetacije, sta bila nadmorska višina in organske snovi v tleh.

Število vrst je bilo v pozitivni korelaciji z nadmorsko višino – z oddaljenostjo od proste vodne površne se je število vrst povečevalo, med njimi smo našli tudi številne ogrožene rastlinske vrste.

Prav tako se je povečevala pokrovnost in spreminjala biomasa nadzemnih delov.

7 POVZETEK

Presihajoč vodni režim Cerknškega jezera omogoča veliko pestrost habitatov, posledica katere je bogata flora. K pestrosti flore prispevata različna globina vode kot tudi tekstura tal s spremljajočimi kemijskimi in fizikalnimi procesi, ki so v tesni povezavi z zadrževalnim časom poplavnih voda (Martinčič, 2002; Gaberščik in sod. 2002). Vodni režim je splošno sprejet kot primaren ekološki faktor, ki določa rast in preživetje rastlinskih vrst ter oblikuje strukturo in dinamiko mokriščnih rastlinskih združb (Clément B., Proctor M., 2009; Keddy, 2010). S spreminjanjem obsega in trajanjem poplav se oblikujejo številni mokriščni tipi, ki prehajajo eden v drugega. Na relativno majhnem območju se tako lahko zvrstijo mnoge rastlinske združbe.

Namen naloge je bil popisati rastlinske vrste in predstaviti spreminjanje sestave vegetacije vzdolž hidrološkega gradienta na Cerknškem jezeru in ugotoviti morebitne povezave med sestavo vegetacije, razporejanjem rastlinskih vrst in diverziteti ter okoljskimi dejavniki, ki smo jih v tej nalogi zajeli – nadzemna biomasa, višinski gradient, delež organske snovi v tleh, pH in prevodnost vzorcev tal.

V rastni sezoni 2010 (meseca julija in avgusta), smo vzdolž 600 m pasu zloženega naklona in višinskega gradienta 2,6 m, kjer se prepletajo številni mokriščni tipi, izbrali 17 vzorčnih ploskev 4x4 m. Vegetacijo smo popisali po standardni srednjeevropski metodi (Braun-Blanquet 1964). Znotraj ploskev smo z GNSS napravo določili nadmorsko višino, poželi nadzemno biomaso, vzeli vzorce tal in določili pH, prevodnost in delež organske snovi.

S programom CANOCO smo statistično obdelali vpliv okoljskih parametrov na vrstno sestavo združb, pri tem smo uporabili CCA analizo. S pomočjo SYN-TAX 2000 (Podani J., 2001) programa smo na podlagi Bray-Curtisovega dendrograma podobnosti med seboj primerjali vrstno sestavo popisnih ploskev. Na podlagi Spearmanovega koficienta smo analizirali korelacije med okoljskimi dejavniki in diverziteti.

Ugotovili smo velike razlike v sestavi vegetacije. Vzdolž gradienta se je izoblikovalo 6 vegetacijskih tipov, od mezičnih travnikov (zveze *Arrhenatherion*) na redko poplavljenem najvišjem delu, do mokrotnih travnikov (zvez *Molinion in Dechampsion*) in nizko

barjanske združbe (*Caricion davallianae*) v osrednjem delu. Na nižjih pogosteje poplavljenih predelih smo našli močvirsko vegetacijo (zveze *Caricion elatae*), ki na najnižjem delu prehaja v združbe plitvih voda (zveze *Phragmition*). Okoljska dejavnika, s katerima smo s CCA analizo pojasnili največji delež variance v vrstne sestavi vegetacije, sta bila nadmorska višina in organske snov v tleh. Število vrst se je s padanjem nadmorske višine in daljšanjem zadrževalnega časa poplav zmanjševalo.

Hidrološki gradient, ki ga vzpostavlja vodni režim Cerknškega jezera omogoča rast številnim in raznolikim rastlinskim združbam, med njimi smo našli tudi številne ogrožene rastlinske vrste kot: *Carex hostiana*, *Epipactis palustris*, *Gladiolus illyricus*, *Gratiola officinalis*, *Leucjum aestivum*, *Orchis palustris*, *Peucedanum coriaceum*, *Polygonum amphibium*, *Salix rosmarinifolia*, *Schoenoplectus lacustris*, *Schoenus ferrugineus*, *Schoenus nigricans*, *Senecio paludosus*, *Sium latifolium*, *Teucrium scordium*.

8 VIRI

- Araya, Y.N., Silvertown, J., Gowing, D.J., McConway, K.J., Peter Linder, H., Midgley, G. 2011. A fundamental, eco-hydrological basis for niche segregation in plant communities. *New Phytologist*, 189, 1: 253–258
- Arhiv površinskih voda. ARSO. 2013.
http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php?p_vodotok=Str%C5%BEen (6. julij 2013)
- Beltram, G. 2006. Conservation and Management of Wetlands in Slovenia. *Quark, Research and Development in Slovenia*, 7, 70–81
- Blom, C.W., Voeselek, L.A. 1996. Flooding: the survival strategies of plants. *Trends Ecology and Evolution*, 11, 7: 290–295
- Boulton A. J., Brock M. A. 1999. *Australian Freshwater Ecology: Processes and Management*. Adelaide, Gleneagles Publishing: 300 str.
- Braun-Blanquet, J. 1932. *Plant sociology. The study of plant communities*. First edition. New York, McGraw-Hill Book Co: 439 str.
- Casanova, M.T., in Brock, M.A. 2000. How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities? *Plant Ecology*, 147, 2: 237–250
- Clément B., Proctor M. 2009. Ecological dynamics I: Vegetation as Bioindicator and Dynamic community. V: *The wetlands handbook*. Maltby E., Barker T. (ed.). Wiley - Blackwell Publishing: 282-303
- Dolar, N., Rudolf, M., Šraj, N., Gaberščik, A. 2010. Environmental changes affect ecosystem services of the intermittent Lake Cerknica. *Ecological Complexity* 7, 3: 403–409
- Dolar, N., Šraj, N., Gaberščik, A. 2011. Water Regime Changes and the Function of an Intermittent Wetland. V: *Water and Nutrient Management in Natural and Constructed Wetlands*. Vymazal, J. (Ed.). Springer Netherlands: 251–262
- Dwire, K.A., Kauffman, J.B., Brookshire, E.N.J., and Baham, J.E. 2004. Plant biomass and species composition along an environmental gradient in montane riparian meadows. *Oecologia* 2004 139, 2: 309–317
- Gaberščik A., Urbanc - Berčič O. 2002a. Ekosistem, ki ga ustvarja igra vode. V: *Jezero, ki izginja – Monografija o Cerknškem jezeru*. Gaberščik A. (ur.). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 51-57
- Gaberščik A., Urbanc - Berčič O. 2002b. Kakovost vode v jezeru in njegovih pritokih. V: *Jezero, ki izginja – Monografija o Cerknškem jezeru*. Gaberščik A. (ur.). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 44-50
- Gaberščik, A., Urbanc - Berčič, O., Kržič, N., Kosi, G. & Brancelj, A. 2003. The intermittent Lake Cerknica: Various faces of the same ecosystem. *Lakes & Reservoirs: Research & Management* 8, 159–168
- Gopal B. 2009. Biodiversity in wetlands. V: *The wetlands handbook*. Maltby E., Barker T. (ed.). Wiley - Blackwell Publishing: 65-95 str.
- Habitatni tipi Slovenije HTS. 2004. Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo - Agencija Republike Slovenije za okolje.
<http://www.arso.gov.si/narava/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/HabitatniTipiSlovenije2004.pdf> (10. avgust 2013)
- Heiri, O., Lotter, A. F. & Lemcke, G. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate

- content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25, 1: 101–110
- Jobbágy, E.G., in Jackson, R.B. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* 10, 423–436
- Karta - Atlas okolja. ARSO. 2013a (ortofoto ploskev).
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL%40Arso&initialExtent=450156.5%2C69617.16%2C1.32292 (1. jul. 2013)
- Karta - Atlas okolja. ARSO. 2013b.
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL%40Arso&initialExtent=450156.5%2C69617.16%2C1.32292 (1. jul. 2013)
- Kartiranje habitatnih tipov na območju Cerknškega jezera. Poročilo projekta LIFE06 NAT/SLO/000069 Presihajoče Cerknško jezero. Oddelek za biologijo, biotehniška fakulteta. Univerza v Ljubljani. 2009.
http://life.notranjski-park.si/cmsfiles/cf_644.pdf (1. avg. 2013)
- Keddy, Paul A. 2010. *Wetland Ecology: Principles and Conservation*. 2nd ed. New York, Cambridge University Press: 549 str.
- Kotowski, W., Thörig, W., van Diggelen, R., and Wassen, M.J. 2006. Competition as a factor structuring species zonation in riparian fens - a transplantation experiment. *Applied Vegetation Science*, 9, 231–240
- Kranjc A. 2002a. Geologija in geomorfologija. V: *Jezero, ki izginja – Monografija o Cerknškem jezeru*. Gaberščik A. (ur.). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 19-26
- Kranjc A. 2002b. Hidrološke značilnosti. V: *Jezero, ki izginja – Monografija o Cerknškem jezeru*. Gaberščik A. (ur.). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 27-37
- Krause, B., Culmsee, H., Wesche, K., Bergmeier, E., and Leuschner, C. 2011. Habitat loss of floodplain meadows in north Germany since the 1950s. *Biodiversity Conservation*, 20, 2347–2364
- Lenssen, J., Menting, F., van der Putten, W., and Blom, K. 1999. Control of Plant Species Richness and Zonation of Functional Groups along a Freshwater Flooding Gradient. *Oikos*, 86, 523
- Lenssen, J.P.M., van de Steeg, H.M., and de Kroon, H. 2004. Does Disturbance favour weak competitors? Mechanisms of changing plant abundance after flooding. *Journal of Vegetation Science*, 15, 305–314.
- Magee, T.K., and Kentula, M.E. 2005. Response of wetland plant species to hydrologic conditions. *Wetlands Ecology Management*, 13, 163–181
- Martinčič A. 2002. Praprotnice in semenke. V: *Jezero, ki izginja – Monografija o Cerknškem jezeru*. Gaberščik A. (ur.). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 80-96
- Martinčič A. 2007. *Mala flora Slovenije*. 4. izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 967 str.
- Martinčič A., Leskovar I. 2002. Vegetacija. V: *Jezero, ki izginja – Monografija o Cerknškem jezeru*. Gaberščik A. (ur.). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 80-96
- McCrea, A.R., Trueman, I.C., and Fullen, M.A. 2004. Factors relating to soil fertility and species diversity in both semi-natural and created meadows in the West Midlands of England. *European Journal of Soil Science*, 55, 335–348
- Merunková, K., and Chytrý, M. 2012. Environmental control of species richness and composition in upland grasslands of the southern Czech Republic. *Plant Ecology*, 213, 591–602

- Natura 2000. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje. 2007.
http://www.natura2000.gov.si/index.php?id=105&no_cache=1&area_id=275 (1. avg. 2013)
- Neuenkamp, L. 2013. Impact of management on biodiversity-biomass relations in Estonian flooded meadows. *Plant Ecology*, 214, 845–856
- Notranjski regijski park.
<http://www.notranjski-park.si/> (15. okt. 2013)
- Podani, J. 2001. SYN-TAX 2000: Computer Programs for Data Analysis in Ecology and Systematics. Budapest, Scientia Publishing: 53 str.
- Podrobnejši načrt upravljanja za projektno območje presihajoče Cerknško jezero. Poročilo projekta LIFE06 NAT/SLO/000069 Presihajoče Cerknško jezero. Notranjski regijski park. 2009.
http://life.notranjski-park.si/cmsfiles/cf_630.pdf (1. avg. 2013)
- Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam. Ur.l. RS št. 82/2002 Priloga 1: Rdeči seznam praprotnic in semenk.
- Ramsar si. 2006.
<http://www.ramsar.si/> (1. avg 2013)
- Raulings, E.J., Morris, K., Roache, M.C., and Boon, P.I. 2010. The importance of water regimes operating at small spatial scales for the diversity and structure of wetland vegetation. *Freshwater Biology*, 55, 701–715
- Schumacher B.A. 2002. Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soil and sediments National ESD, ed.: EPA.
<http://epa.gov/nerlesd1/cmb/research/papers/bs116.pdf> (10. julij 2013)
- Selinger-Looten, R., Grevilliot, F., and Muller, S. 1999. Structure of plant communities and landscape patterns in alluvial meadows of two flood plains in the north-east of France. *Landscape Ecology*, 14, 213–229
- Shipley, B., Keddy, P.A., and Lefkovitch, L.P. 1991. Mechanisms producing plant zonation along a water depth gradient: a comparison with the exposure gradient. *Canadian Journal Botany*, 69, 1420–1424
- Šraj-Kržič N., Gaberščik A. 2005. Photochemical efficiency of amphibious plants in an intermittent lake. *Aquatic Botany*, 83: 281-288
- Ter Braak C.J.F., Šmilauer P. 2002: CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user 's guide. Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca: 500 str.
- Todd, M.J., Muneeppeerakul, R., Pumo, D., Azale, S., Miralles-Wilhelm, F., Rinaldo, A., and Rodriguez-Iturbe, I. 2010. Hydrological drivers of wetland vegetation community distribution within Everglades National Park, Florida. *Advances in Water Resources* 33, 1279–1289
- Trošt Sedej T. 2005. Ekologija rastlin: priročnik za vaje. Ljubljana, Študentska založba: 81 str.
- Urban, K.E. 2005. Oscillating vegetation dynamics in a wet heathland. *Journal of Vegetation Science*, 16, 111–120
- Urbanc - Berčić, O., Kržič, N., Rudolf, M., Gaberščik, A. & Germ, M. 2005. The effect of water level fluctuations on macrophyte occurrence and abundance in the intermittent Lake Cerknica. J. Vymazal (Ed.), *Natural and Constructed Wetlands: Nutrients, Metals and Management*. Leiden, Backhuys Publishers: 312–320

- Uredba o zavarovanih prosto živečih rastlinskih vrstah. Ur.l. RS št.46/2004 Poglavje A: Zavarovane rastlinske vrste, ki so domorodne na območju Republike Slovenije.
- Warwick, N. W. M. 2003. Plant reproduction in temporary wetlands: the effects of seasonal timing, depth, and duration of flooding. *Aquatic Botany*, 77, 153
- Wassen, M.J., Peeters, W.H.M., and Venterink, H.O. 2002. Patterns in vegetation, hydrology, and nutrient availability in an undisturbed river floodplain in Poland. *Plant Ecology*, 165, 27–43
- Wassen, M.J., Venterink, H.O., Lapshina, E.D., and Tanneberger, F. 2005. Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature*, 437: 547–550
- Zelnik, I., 2005. Conservation of the wet meadows in south-eastern Slovenia. *Hacquetia*, 4, 1: 91-102
- Zelnik, I., in Čarni, A. 2008. Distribution of plant communities, ecological strategy types and diversity along a moisture gradient. *Community Ecology*, 9, 1–9
- Zelnik, I., in Čarni, A. 2013. Plant species diversity and composition of wet grasslands in relation to environmental factors. *Biodivers Conserv* 22, 2179–2192
- Zoltai, S.C., and Vitt, D.H. 1995. Canadian wetlands: Environmental gradients and classification. V: *Classification and Inventory of the World's Wetlands*, C.M. Finlayson, and A.G. van der Valk, (eds.) Netherlands, Springer Netherlands: 131–137
- Zupančič B. 2002. *Klima. V: Jezero, ki izginja – Monografija o Cerknškem jezeru*. Gaberščik A. (ur.). Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije: 5-13.

ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. Alenki Gaberščik in doc. dr. Igorju Zelniku za njuno mentorstvo, strokovne izkušnje, razpoložljivost in obilico dobrohotnosti. Prav tako se zahvaljujem recenzentki doc. dr. Martini Bačič za pregled diplomskega dela in predsednici komisije doc. dr. Mateji Germ.

Naj se zahvalim tudi prof. Oskarju Sterletu iz Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, ki mi je omogočil izposojiti GNSS naprave ter Ani Urbas, ki jo je upravljala.

Zahvaljujem se vsem prijateljem, ki ste se mi pridružili ob izletu na Cerknjsko jezero, da bi kot ste se izrazili, skupaj 'nabirali travo'. Hvala vsem, ki ste navijali zame in me spremljali na pustolovščini študijskega življenja, profesorji, sošolci, bratje in sestre.

Posebna zahvala pa gre mami, ki me je v času študija ljubeznivo podpirala in se veselila z menoj.

Ne nazadnje hvala razkošni naravi Cerknjskega jezera, ki mi je dovolila pokukati v njene zaklade in Lepoti, ki jo preveva.