



**Univerza v Ljubljani  
Biotehniška fakulteta**

**Raziskovalni projekt**

**OPREDELITEV VODNEGA REŽIMA  
V BODOČEM KRAJINSKEM PARKU  
LJUBLJANSKO BARJE**

**Končno poročilo o raziskovalnem projektu**

**Odgovorni nosilec projekta**

**doc. dr. Janez Hacin**

**Dekan biotehniške fakultete**

**prof. dr. Jože RESNIK**

**Naročnik in financer: Mestna občina Ljubljana**

**LJUBLJANA, 20. september 2004**

---

**Naročnik in financer raziskovalnega projekta:**

Mestna občina Ljubljana

---

**Pogodbena sredstva:** 5.000.000,00 SIT (Pogodba o financiranju št. 1/03)

---

**Izvajalec:**

Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani

---

**Vodja projekta:** doc. dr. Janez Hacin

---

**Avtor poročila:** Janez Hacin

---

**Sodelavci:**

doc. dr. Jure ČOP, Biotehniška fakulteta - soavtor podatkov o vplivu nivoja podtalnice na pridelek mrve

dipl.inž. Branka Železnik, dr. Brigita Jamnik, VOKA Ljubljana – avtorici podatkov o vodostaju na arteških izvirih

# KAZALO VSEBINE

|                                                                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Uvod</b>                                                                                                                        | <b>1</b>  |
| <b>Sezonska dinamika nivoja podtalnice na organskih in organsko mineralnih tleh na poskusnem polju.</b>                            | <b>2</b>  |
| <b>Vpliv nivoja podtalnice na kmetijstvo</b>                                                                                       | <b>7</b>  |
| <b>Sezonsko nihanje nivoja podtalnice in nivoja vode v odvodnih jarkih na reprezentativnih ostankih visokega in nizkega barja.</b> | <b>10</b> |
| <b>Funkcije odvodnih jarkov glede na vodne vire</b>                                                                                | <b>13</b> |
| <b>Nivo podtalnice, posedanje in renaturacija barja</b>                                                                            | <b>15</b> |
| <b>Zaključek</b>                                                                                                                   | <b>16</b> |
| <b>Seznam relevantne literature in kart</b>                                                                                        | <b>18</b> |
| <b>Slikovne priloge 1 – 10</b>                                                                                                     | <b>20</b> |

## **OPREDELITEV VODNEGA REŽIMA V BODOČEM KRAJINSKEM PARKU LJUBLJANSKO BARJE**

### **IZVLEČEK**

Kljub drastični degradaciji v zadnjih 200 letih Ljubljansko barje še vedno vsebuje habitate, ki ustrezajo določilom ptičje, habitatne in vodne direktive EU in je kot bodoči krajinski park predlagano za vključitev v evropsko mrežo zavarovanih območij – Natura 2000. Osnovni in splošno uveljavljeni princip ohranjanja ali renaturacije že degradiranih šotnih barj je vzdrževanje oziroma ponovni dvig nivoja podtalnice. Glede na velike razlike v nadmorski višini različnih delov in raznolikost vodnih virov obstaja veliko možnosti za lokalno in generalno uravnavanje nivoja podtalnice. Na osnovi meritev in opazovanj na izbranih eksperimentalnih lokacijah ugotavljamo, kako na sedanji vodni režim na Ljubljanskem barju vplivajo količina in razporeditev padavin, gladina Ljubljanice, globina in gostota odvodnih jarkov in kakšne so posledice dviga podtalnice za kmetijstvo. Vzorčne lokacije zajemajo bolj ali manj degradirano nizko barje na poskusnem polju, ostanke visokega barja na neporezani šoti ter sekundarno visoko barje na porezani šoti. Rezultati pričujoče študije kažejo, da bi brez škode za kmetijstvo in biotsko raznovrstnost lahko generalno - na celotnem območju Ljubljanskega barja dvignili nivo podtalnice vsaj za 70 cm in s tem ne bi povečali poplavne ogroženosti najnižjih delov.

Ključne besede: visoko / nizko barje, nivo podtalnice, odvodni jarki, kmetijstvo, renaturacija

## **DEFINING THE WATER REGIMEN IN THE FUTURE REGIONAL PARK LJUBLJANA MARSH.**

### **ABSTRACT**

In spite of drastic degradation in the past 200 years the Ljubljana marsh still contains wetland habitats which meet the criteria of the EU Bird, Habitat and Water Directives and is therefore being proposed as an integral part of the European network of protected areas – Natura 2000. Rising and maintaining high water water table is a commonly adopted measure for protection or restoration of degraded peat wetlands. Owing to great elevational differences and diversity of sources supplying water to peatland habitats, numerous possibilities exist for local and general regulation of the water table levels. Our study examines how the present water regimen in the remaining raised bogs and fens is affected by the seasonal distribution of rainfall, the density and depth of drainage ditches and by the water level in the Ljubljanica river, which ultimately collects all the drainage water from the Ljubljana Marsh. Furthermore, the effect of elevated water table levels on the yield of grass and field crops has been studied. The results suggest that, a general rise of water table for about 70 cm in the entire area would not harm the biodiversity, impair agricultural production or increase the risk of flooding.

Key words: peat bogs, fens, water table, drainage ditches, agriculture, renaturation



## Uvod

Vsa šotna barja lahko uvrstimo v 2 osnovna tipa – visoka barja (angl. bog) in nizka barja (angl. fen). Šoto nizkega barja sestavljajo ostanki trstičja in šašev včasih pomešani z ostanki obrežnih lesnatih rastlin, ki so se v obdobju več kot 6000 let kopičili v stoječi jezerski ali rečni vodi. (IPCC 2004, Martinčič 1987, 2003). Jezera in reke ter zalogo talne vode večine nizkih barij napaja voda z obrobni apnenčastih gorovij. Ker je ta voda bogata z minerali, predvsem s kalcijem so nizka barja praviloma nevtralna ali rahlo alkalna (pH 6.5-7.5). Z debelenjem plasti šote (do nekaj metrov) korenine visokih rastlin počasi izgubljajo stik s talno vodo in zaradi pomankanja mineralov pojemajo v rasti. Na površini šote nizkega barja začno rasti šotni mahovi, ki se zadovoljijo s padavinsko vodo, revno z minerali (IPCC 2004). Tako se na šoti nizkega barja postopno razvije šota visokega barja, ki jo sestavljajo živi in mrtvi ostanki šotnih mahov. Ugodne razmere za rast šotnega mahu se pojavljajo tudi v kotanjah, kjer zastaja padavinska voda kot podtalnica tik pod površino (Martinčič 1987). Ker je padavinska voda revna z minerali je šota visokega barja kislila (pH 3.5-5.5). Osnovni življenski dejavnik – kri barja je voda, ki določa razvoj tal in pripadajočih bioloških združb (Hammer in Bastian, 1991). Zaradi izjemnih fizikalno kemijskih lastnosti (najvišja vsebnost organske snovi, največja kapaciteta za zrak in vodo) so šotna tla potencialno najbolj rodovitna in prvi dokazi o kmetijstvu na Ljubljanskem barju segajo že v neolitik. Sedanja podoba Ljubljanskega barja za katero so značilni številni habitatni tipi nizkega barja in redki izolirani ostanki visokega barja (Martinčič 1987) je rezultat človekove dejavnosti v zadnjih 200 letih. V letih 1772 - 1782 je bil zgrajen Gruberjev prekop, v letih 1823 - 1857 pa mreža odvodnih jarkov (Peterlin, 1971, Martinčič, 2003). Sledilo je intenzivno rezanje šote (vse do 2. polovice preteklega stoletja) in bolj ali manj intenzivna kmetijska raba barjanskih tal, ki je ustvarila današnjo krajinsko in habitatno pestrost. Rezanje šote je povzročilo velike razlike v nadmorski višini posameznih delov Barja. Te znašajo od 287.5 m n.m. na področjih, kjer je šota porezana do polžarice, ki predstavlja jezersko dno na katerem se je začela organogena

sedimentacija, do 289.8 m n.m. na področjih z ohranjeno šoto nizkega barja, oziroma do 291.1 m n.m. na ostankih visokega barja. Kmetijsko izsuševanje Barja z vztrajnim kopanjem in poglobljanjem odvodnih jarkov in s tem povezano posedanje barja se nadaljuje dandanašnji. Kljub vsej degradaciji Ljubljansko barje še vedno vsebuje habitate, ki ustrezajo določilom ptičje, habitatne in vodne direktive EU in je kot bodoči krajinski park predlagano za vključitev v evropsko mrežo zavarovanih območij – Natura 2000. Osnovni in splošno uveljavljeni princip ohranjanja ali renaturacije že degradiranih šotnih barij je vzdrževanje oziroma ponovni dvig nivoja podtalnice. S premišljenim dvigom nivoja podtalnice se zmanjša posedanje barja zaradi fizikalno kemijskih procesov in mikrobne mineralizacije organske snovi ter ohranjanja biodiverziteta šotnih habitatov. Glede na velike razlike v nadmorski višini različnih delov Barja in raznolikost vodnih virov obstajajo možnosti za dokaj natančno lokalno in generalno uravnavanje nivoja podtalnice na posameznih potenciano naravovarstvenih in kmetijskih območjih Barja. Namen tega projekta je predstaviti te možnosti. Na osnovi meritev in opazovanj na izbranih eksperimentalnih lokacijah ugotavljamo, kako na sedanji vodni režim na Ljubljanskem barju vplivajo količina in razporeditev padavin, gladina Ljubljanice, globina in gostota odvodnih jarkov in kakšne so posledice dviga podtalnice za kmetijstvo. Vzorčne lokacije zajemajo bolj ali manj degradirano nizko barje na poskusnem polju v Podkraju in okolici, ostanke visokega barja na neporezani šoti v Kozlerjevi gošči in v Bevkah ter sekundarno visoko barje na porezani šoti v Kozlerjevi gošči.

## **1. Sezonska dinamika nivoja podtalnice na organskih in organsko mineralnih tleh na poskusnem polju.**

### **Material in metode**

Poskusno polje zajema globoka organska in organsko mineralna tla na območju z ohranjeno jezersko šoto v Tomišlju – Podkraj (**slika 2**), glavni odvodni jarek - Šalček 1 pa deli polje v 2 dela. (**slika 1**). Plast

šote je debela do 3 m. Zgornji sloj (0-30-60 cm) na organskih tleh predstavlja do različne stopnje preperelo šoto, na organsko mineralnih tleh pa je zgornji organski sloj pomešan z glino, ki jo je nanese voda in stroji ob čiščenju jarka.

Eksperimentalno osnovo za monitoring in modeliranje nivoja podtalnice predstavlja prelivna pregrada na glavnem odvodnem jarku Šalček 1 (**slika 1, slikovna priloga – SP 1**), s katero smo dvignili nivo vode v jarku za 40 – 70 cm (odvisno od pretoka v potoku) in s tem vzpostavili različne nivoje podtalnice na njivskih in travniških površinah. Redne tedenske meritve nivoja podtalnice opravljamo že od aprila 1999 s pomočjo mreže 24 piezometrov, postavljenih na obeh straneh jarka v razdalji 25 m eden od drugega. (**SLIKA 1**). Piezometri segajo do globine 3m - t.j. do polžarice. Razporeditev piezometrov na poskusnem polju upošteva izkušnje, da sega učinek odvodnega jarka v šotnih tleh do največ 30 m pravokotno na smer jarka. Ta izkušnja je očitno upoštevana že pri razporeditvi približno 200 let stare mreže odvodnih jarkov na Ljubljanskem barju in podobnih šotnih barjih po svetu. Podatke o količini padavin za intervale merjenja pridobimo od Urada za meteorologijo ARSO. Na osnovi dosedanjih rezultatov smo izbrali 4 reprezentativne piezometre za prikaz nihanja globine podtalnice na 2 tipih tal na poskusnem polju.

## Rezultati in diskusija

Sezonsko nihanje nivoja podtalnice v odvisnosti od količine padavin v 4 reprezentativnih piezometrih v obdobju 18. April 1999 – 31. Avgust 2003 je prikazano v **GRAFIKONU 1**. Najprej pade v oči velika razlika med najvišjim nivojem podtalnice v obdobju oktober - april in najnižjim v avgustu. V sušnih letih 2001 in 2003 je znašala ta razlika za posamezne piezometre do 130 cm, v mokrem letu 2000 pa do 70 cm. S pregrado na odvodnem jarku smo dvignili nivo vode v potoku za 40 - 70 cm (odvisno od pretoka) in s tem zvišali nivo podtalnice na poskusnem polju pri potoku za 40 - 50 cm - razlika med piezometroma P9 nad pregrado in P4 pod pregrado; v razdalji 50 m od potoka pa za 20 - 30 cm - razlika med piezometroma P7 nad pregrado in P6 pod pregrado. Pozicije piezometrov v naravi so prikazane na **sliki 1**. Iz **GRAFIKONA 1** je mogoče razbrati tudi zmanjšanje razlike

med piezometri nad pregrado in piezometri pod pregrado po marcu 2002 ko smo morali na zahtevo enega! kmeta znižati pregrado za 20 cm. S pregrado nismo bistveno zmanjšali relativnega sezonskega nihanja nivoja podtalnice na poskusnem polju pač pa ga prenesli za 20 -50 cm višje v talnem profilu in tako bistveno zvišali absolutni minimalni in maksimalni nivo podtalnice.

Kljub temu poskusno polje nikoli ni bilo poplavljeno, visoki nivoji podtalnice v rastni dobi pa nikoli niso ovirali kmetijskih operacij (oranje, setev, spravilo, košnja). Ekstremno nizki nivoji podtalnice poleti so posledica dejstva, da hudourniške struge kot je Šalček<sup>1</sup> poleti v zgornjem delu praktično presahnejo in se pretok preko pregrade ustavi. Doslej najbolj drastičen primer tega je prikazan v **slikovni prilogi - SP 1** - srednja slika.

Slika 1

Grafikon1



Slika 2

Višinska razlika med prelivom pregrade (287.84 m n.m.oz. 287.64 m n.m.od marca 2002) in gladino Ljubljanice v Črni vasi/Lipah, ki je določena s fiksno koto zapornic na Ljubljani (285.60 m n.m.) znaša več kot 2m. Na razdalji približno 2 km to pomeni precejšnjo potencialno razliko katere posledica je lateralni tok podtalnice s polja proti Ljubljani.

Iz podrobnejše analize podatkov meritev podtalnice neposredno pred dežjem in dan po dežju lahko povzamemo, da se v obdobju brez padavin zniža nivo podtalnice v povprečju za 2-3 cm na dan, ne glede na letni čas, kar pomeni, da so izgube vode z odtokom verjetno pomembnejše od izgub z evapotranspiracijo; ob obilnejših padavinah (> 30 mm) pa se nivo podtalnice dvigne približno za za toliko cm kot znaša količina padavin (v mm) nad 30 mm. Kratkotrajno dinamiko nivoja podtalnice v odvisnosti od količine padavin ilustrira

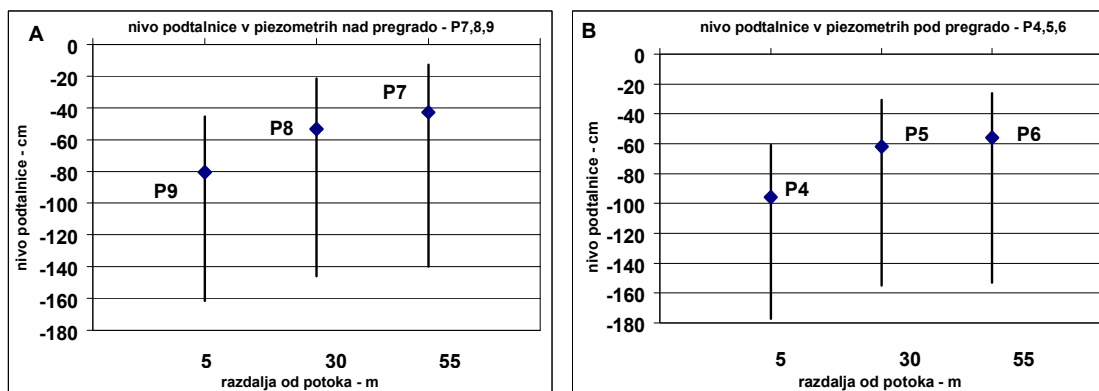
**GRAFIKON 6** v Poglavlju 3.

Učinek glavnega odvodnega jarka na nivo podtalnice v različnih razdaljah pravokotno na smer jarka kaže **GRAFIKON 2**. Iz grafikona



je razvidno, da vpliv nivoja vode v glavnem odvodnem jarku na nivo podtalnice na poskusnem polju pada z oddaljenostjo od jarka in je najbolj izrazit na razdalji 30 m pravokotno na smer jarka. Kot je razvidno iz **GRAFIKONA 1** dvig vode v jarku za 70 cm povzroči dvig podtalnice v razdalji 5 m od potoka za 40 - 50 cm - razlika med piezometroma P9 nad pregrado in P4 pod pregrado; v razdalji 50 m od potoka pa za 20 - 30 cm - razlika med piezometroma P7 nad pregrado in P6 pod pregrado. Primerjava vrednosti v paralelnih piezometrih približno 20 m višje nad pregrado (P12, P 10) in 20 m nižje pod pregrado (P1, P3) dokazuje, da sama globina jarkov med parcelami, ki pri posameznih piezometrih znaša od 10 do 70 cm ni tako pomembna, in da nivo podtalnice na poskusnem polju prvenstveno določa nivo vode v glavnem odvodnem jarku. Gradient nivoja podtalnice na poskusnem polju proti glavnemu odvodnemu jarku se ohranja ne glede na nivo vode v jarku in je približno enak za povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti.

**GRAFIKON 2 – A, B.** Povprečni, minimalni in maksimalni nivo podtalnice v piezometrih nad (A) in pod (B) pregrado v obdobju od postavitve pregrade - 5.7.1999 do absolutno minimalnega nivoja podtalnice – 27.8.2003, ko je potok (šalček 1) presahnil. Pozicije piezometrov na poskusnem polju so označene na **SLIKI 1**.



Primerjava piezometrov nad in pod pregrado (**GRAFIKON 2 A, B**) kaže, da se, ne glede na nivo podtalnice, ohranja tudi povprečna razlika med piezometri nad pregrado in piezometri pod pregrado.

Dejstvo, da odkloni od povprečja navzdol kar nekajkrat presegajo odklone navzgor (**GRAFIKON 2**), praktično pomeni, da je pri sedanjí globini odvodnih jarkov odvajanje vode premočno zato je poletna suša

na Barju reden pojav. Premočno odvajanje vode zaradi preglobokih jarkov pa izniči eno od osnovnih ekoloških funkcij barja, ki je vzdrževanje stalne zaloge talne vode. Še bolj očitno to velja za jarke za odvajanje arteške vode, ki jih obravnavamo v nadaljevanju. Kot je razvidno iz **slikovne priloge – SP 1** sama pregrada ne poveča poplavlne ogroženosti širšega območja, saj je pretok viškov meteorne vode preko pregrade neoviran. Enak nivo vode nad in pod pregrado ob sezonskih poplavih na Barju (**slikovna priloga – SP 1**) kaže, da je nivo vode pod pregrado določen z vodostajem vzdolž potoka (na tega vplivajo zamašitve jarkov pri mostovih na parcele) oziroma z vodostajem ob izlivu v Ljubljano.

## **2. Vpliv nivoja podtalnice na kmetijstvo**

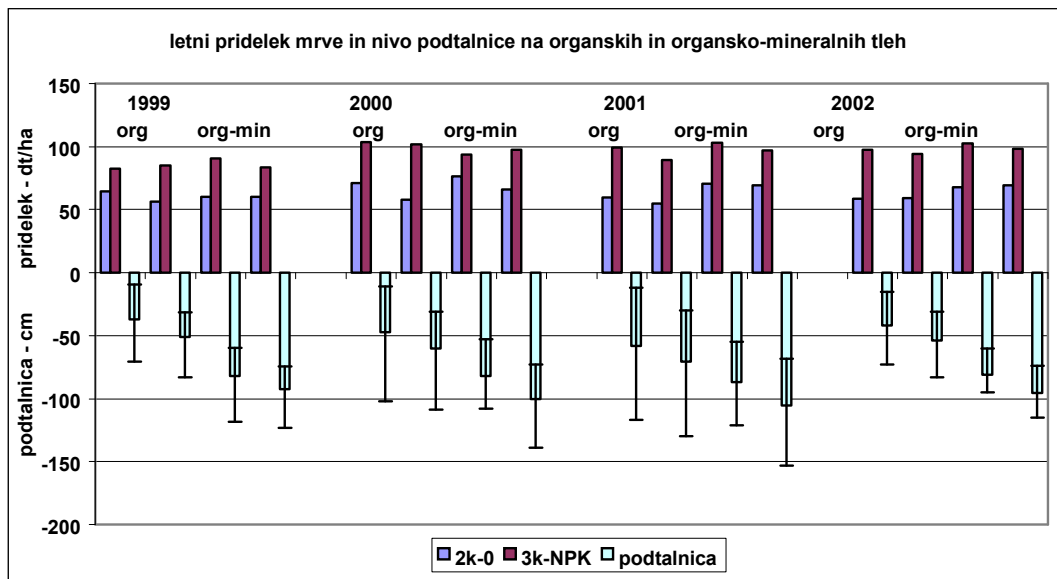
### **Material in metode**

Na poskusnem polju (**SLIKA 1**) smo v letih 1999 do 2002 na travniških površinah izvajali poskuse z različnimi režimi košnje in gnojenja, na njivskih površinah pa poskuse s pridelovanjem koruze v monokulturi in v dvoletnem kolobarju s sojo. Tla na poskusnem travniku zajemajo organska in organsko- mineralna tla, na poskusnih njivah pa so homogena organsko- mineralna tla (**SLIKA 1**). Za analizo vpliva nivoja podtalnice na pridelek smo na travniku izbrali parcelice z ekstenzivno (naravovarstveno) pozno dvokosno rabo brez gnojenja in parcelice z zmerno intenzivno (običajno) trikosno rabo z NPK gnojenjem pred prvo košnjo. Ločeno smo primerjali oba načina rabe na organskih tleh z visokim (P7) in nizkim (P6) nivojem podtalnice ter na organsko mineralnih tleh z visokim (P9) in nizkim (P4) nivojem podtalnice. Pozicije piezometrov v naravi so razvidne iz **SLIKE 1**. Na njivah smo za primerjavo izbrali parcelice med dvema piezometroma z najvišjim nivojem podtalnice - nad pregrado in parcelice med dvema piezometroma z najnižjim nivojem podtalnice - pod pregrado.

### **Rezultati in diskusija**

Vpliv nivoja podtalnice na pridelek mrve je prikazan v **GRAFIKONU 3**. Iz prikazanih rezultatov je mogoče povzeti, da pri enakem načinu rabe in na enakem tipu tal nivo podtalnice ni značilno vplival na pridelek mrve, čeprav je bil pridelek v večini let nekoliko višji pri visokem nivoju podtalnice. Opaznejši je vpliv načina rabe in vpliv tal pri pozni dvokosni rabi. Še posebno zanimivo je dejstvo, da pri zmerno intenzivni trikosni rabi ni opaziti značilnih razlik v pridelku pri najvišjem nivoju podtalnice na organskih tleh in najnižjem nivoju podtalnice na organsko mineralnih tleh, čeprav znaša povprečna razlika v nivoju podtalnice več kot 50 cm.

**GRAFIKON 3.** Letni pridelek (1999 – 2002) zelinja (dt suhe snovi/ha) na poskusnem travniku zveze Arrhenatherion pri ekstenzivni –pozni dvokosni rabi brez gnojenja (**2k-0**) in zmerno intenzivni – trikosni rabi z NPK gnojenjem pred prvo košnjo (**3k-NPK**). Poskusni travnik je razdeljen na polje z organskimi tlemi (do 40% org. snovi) – z višjim in nižjim nivojem podtalnice; ter na polje z organsko-mineralnimi tlemi (do 20% org. snovi) – z višjim in nižjim nivojem podtalnice. Podatki za pridelek predstavljajo povprečja; podatki za nivo podtalnice pa povprečja  $\pm$  minimalni oz. maksimalni nivo v rastni dobi (april – oktober).

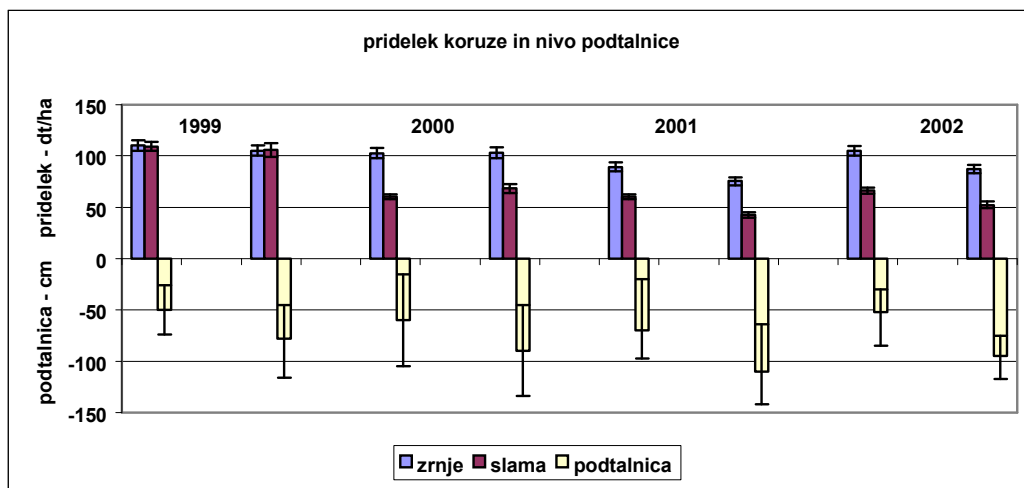


Vpliv nivoja podtalnice na pridelek koruze je prikazan v **GRAFIKONU 4**. Iz prikazanih rezultatov je razvidno, da je bil pridelek koruze v prvih dveh letih enak pri visokem in nizkem nivoju podtalnice - razlika med povprečji nivoja podtalnice v rastni dobi (april-oktober) je znašala približno 30 cm. V zadnjih dveh letih, ko je znašala razlika med povprečji nivoja podtalnice skoraj 50 cm pa je bil pridelek zrnja in slame značilno višji pri visokem nivoju podtalnice.

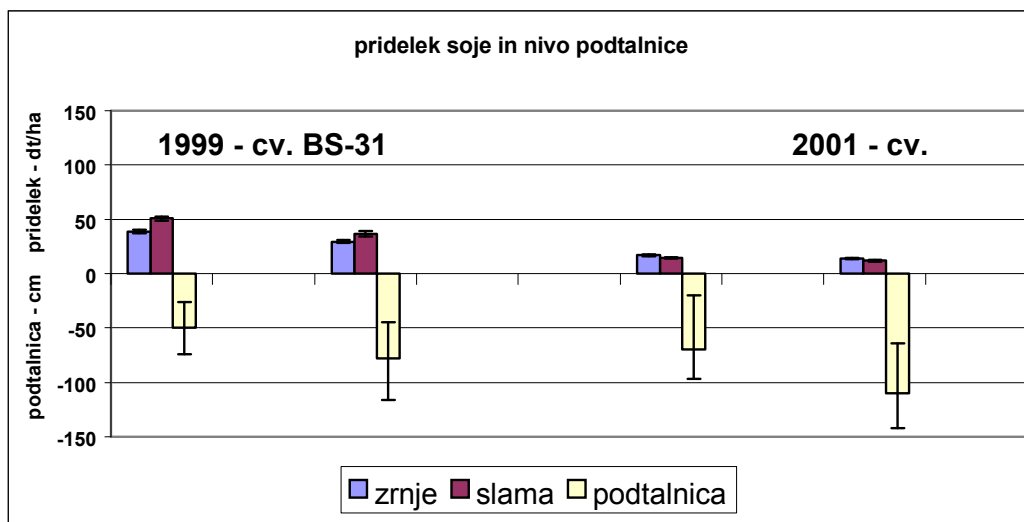
Vpliv nivoja podtalnice na pridelek soje je prikazan v **GRAFIKONU 5**. Iz prikazanih rezultatov je razvidno, da je bil pridelek obeh kultivarjev značilno višji pri visokem nivoju podtalnice.

**GRAFIKON 4.** Pridelek zrnja in slame koruze cv. ETA na poskusnem polju z visokim in nizkim nivojem podtalnice v letih 1999 – 2002. Podatki za pridelek predstavljajo povprečja ±

sd; podatki za nivo podtalnice pa povprečja  $\pm$  minimalni oz. maksimalni nivo v rastni dobi (maj – september).



**GRAFIKON 5.** Pridelek zrnja in slame soje cv. BS-31 v . v letu 1999 in cv. Sabina v letu 2001; na poskusnem polju z visokim in nizkim nivojem podtalnice. Podatki za pridelek predstavljajo povprečja  $\pm$  sd; podatki za nivo podtalnice pa povprečja  $\pm$  minimalni oz. maksimalni nivo v rastni dobi (maj – september).



Splošni zaključek, ki sledi iz rezultatov poljskih poskusov je, da za približno 50 cm zvišan povprečni nivo podtalnice kvečjemu pozitivno vpliva na pridelek mrve in poljščin na barjanskih tleh.

Kot je razvidno iz **GRAFIKONA 1** se maksimalni nivo podtalnice pojavlja zunaj vegetacijske dobe (od oktobra do aprila) v rokih košnje, setve oz. sajenja in spravila poljščin pa ne presega 30 cm pod površino. Maksimalni nivo, ki se izjemoma pojavi ob obilnem deževju v rastni dobi nikoli ni trajal več kot nekaj dni. Po spoznanjih agronomske stroke 30 cm nezasičene cone omogoča normalno rast večine poljščin, iz **slikovne priloge - SP 2** pa je razvidno, da je visok nivo podtalnice na poskusnem polju omogočal neovirano izvedbo strojnih del.

### **3. Sezonsko nihanje nivoja podtalnice in nivoja vode v odvodnih jarkih na reprezentativnih ostankih visokega in nizkega barja.**

#### **Material in metode**

Kot že uvodoma omenjeno so posledica rezanja šote velike razlike v nadmorski višini posameznih ožjih ali širših območij Ljubljanskega barja. Za razmišljanja o generalnem dvigu podtalnice z dvigom gladine Ljublanice je torej pomembno poznati sezonska nihanja podtalnice na teh območjih. Kot vzorčne ekstreme smo izbrali poskusno polje s povprečno nadmorsko višino 289.65 m, ostanek visokega barja na neporezani šoti pri Bevkah – približno 291.m n.m. in v Kozlerjevi gošči – približno 290.m n.m. - **slikovna priloga – SP 3** ter sekundarno visoko barje na porezani šoti v Kozlerjevi gošči - približno 288.m n.m, ki je po nadmoski višini primerljivo z območji s porezano šoto v Črni vasi in Lipah, ki so najbolj prizadeta ob sezonskih poplavah - **slikovna priloga – SP 4**. Nadmorske višine so posnete po Karti barjanskih jarkov in odvodnikov (GZS,1998). Na poskusnem polju smo za primerjalne meritve nivoja podtalnice uporabili 4 reprezentativne piezometre iz obsoječe mreže (**SLIKA 1**), na ostalih lokacijah pa smo postavili nove piezometre – **slikovni prilogi – SP 3 in SP 4** – spodnja slika. Gladino vode v odvodnem jarku Šalček 1 smo merili na pregradi, v odvodnem jarku Farjevec 1 pa na mostu na cesti v Kozlerjevo goščo. Pozicije piezometrov oziroma merilnih mest v naravi so označene na **SLIKI 2**. Enoletne meritve zajemajo tudi sezonske ekstreme kot je doslej najhujša suša konec avgusta 2003 in običajna poplava konec novembra 2003.

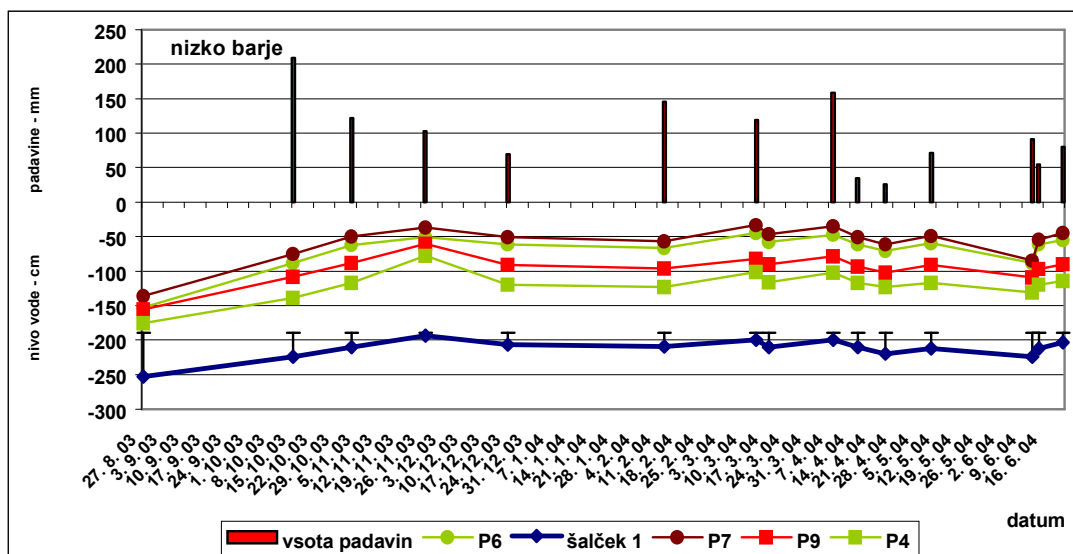
#### **Rezultati in diskusija**

Rezultati enoletnih meritev so prikazani v **GRAFIKONU 6**. Sezonska dinamika nivoja podtalnice na poskusnem polju in gladine vode v odvodnem jarku Šalček 1 (**GRAFIKON 6 – nizko barje**) lepo ilustrira ugotovitev, (navedeno že v Poglavju 1), da nivo podtalnice na nizkem barju določa gladina vode v glavnem odvodnem jarku. Prav tako je iz prikazanih podatkov očitno, da pregrada ne zmanjša sezonskega nihanja podtalnice – razlike med piezometri se zmanjšajo le ob sezonskih poplavah ko se gladina vode v potoku nad pregrado izenači z gladino vode pod pregrado – primer: november 2003 – **slikovna priloga SP 1** – spodnja slika. Na **GRAFIKONU 6 – nizko barje** je tudi dobro vidna dnevna dinamika padanja nivoja podtalnice v obdobju brez padavin (marec 2003) in v obdobju z manj kot 30

mm padavin (april 2004) ter dinamika dviga pri več kot 30 mm padavin (junij 2004), o kateri je govora v Poglavju 1.

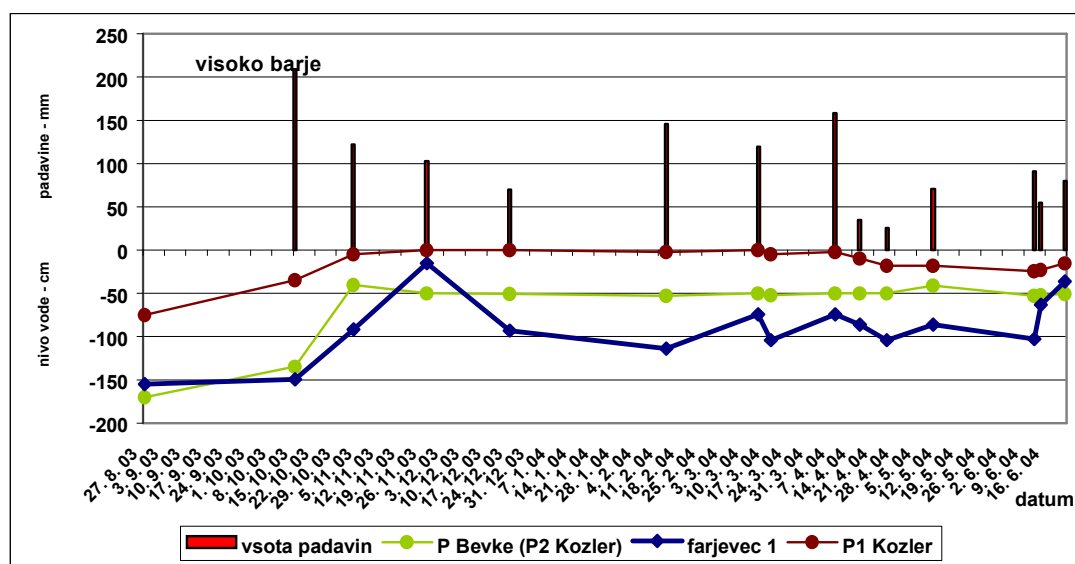
Povsem drugačno sliko kaže sezonska dinamika nivoja podtalnice na visokem barju (**GRAFIKON 6 – visoko barje**). Pri nihanju gladine v odvodnem jarku Farjevec 1 za skoraj 100 cm – v obdobju pred in po poplavi v novembru 2003 se je nivo podtalnice v obeh tipih visokega barja spreminjal le za nekaj cm.

**GRAFIKON 6.** Sezonsko nihanje gladine vode v glavnih odvodnih jarkih (Šalček 1, Farjevec 1) in nivoja podtalnice v piezometrih glede na količino padavin. **Nizko barje** = poskusno polje **Tomišelj –Podkraj** (SLIKA 1, SLIKA2); P7, P9 – piezometra nad pregrado, P6, P4 – piezometra pod pregrado (SLIKA 1); intervali napak na črti Šalček 1 predstavljajo razliko v nivoju vode na pregradi. **Visoko barje** = **Bevke, Kozlerjeva gošča** (SLIKA 2); P1 Kozler – visoko barje na porezani šoti; P2 Kozler, Bevke – visoko barje na neporezani šoti.



Vodostaji v piezometrih na visokem barju na neporezani šoti – **P Bevke in P2 Kozler** so se pri posameznih meritvah opravljenih v istem dnevu razlikovali za manj kot 3 cm zato jih v grafikonu (**GRAFIKON 6 – visoko barje**) prikazujemo skupaj - z eno črto. Nivo podtalnice v delu Kozlerjeve gošče s porezano šoto (**GRAFIKON 6 – visoko barje – črta P1 Kozler**) sega v obdobju od jeseni do pomladi (oktober – april) praktično do površine vendar je bila ta kljub temu pohodna in je bil mogoč dostop do piezometra v notranjosti gošče. Z naravovarstvenega vidika pa velja omeniti, da imajo v zavarovanih visokih barjih v tujini (npr. Anglija in Poljska) preko rastišč/preprog šotnega mahu zgrajene mostovže z razglednimi ploščadmi, saj se stopinja v mokrem šotnem mahu pozna vsaj 30 let (Tillotson 1992). Ob doslej najbolj ekstremni suši - avgusta 2003 je padel nivo podtalnice v delu Kozlerjeve gošče s porezano do polžarice – 70 cm pod površino, v delu z neporezano šoto in v Bevkah pa na več kot 180 cm.

Iz rezultatov prikazanih v **GRAFIKONU 6** je jasno razvidno, da je visoko barje v primerjavi



z nizkim barjem veliko manj občutljivo na sezonsko nihanje vode v odvodnih jarkih, ki je posledica sezone razporeditve padavin. Ko se je po ekstremni suši avgusta 2003 spet vzpostavil »normalni« nivo podtalnice, je ta ostal bolj ali manj konstanten do konca naših meritev julija 2004. Relativno neobčutljivost visokega barja na neenakomerno sezonsko razporeditev padavin lahko razložimo z izredno visoko kapaciteto za vodo (**TABELA 1**), ki kar nekajkrat presega kapaciteto za vodo v nizkem barju.

**TABELA 1.** Kapaciteta za zadrževanje vode v šotnih tleh nizkega barja na poskusnem polju v Podkraj in na ostankih visokega barja v Kozlerjevi gošči in v Bevkah.

| Lokacija | vrsta tal | globina<br>cm | organska snov<br>% | kapaciteta za vodo<br>g vode/g tal |
|----------|-----------|---------------|--------------------|------------------------------------|
| Podkraj  | organska  | 0-30          | 28.5               | 1.10                               |



|                     |       |      |      |
|---------------------|-------|------|------|
|                     | 30-60 | 38.0 | 2.70 |
| šota nizkega barja  | 60-90 | 27.5 | 2.00 |
| Podkraj             |       |      |      |
| organsko mineralna  | 0-30  | 17.5 | 0.70 |
|                     | 30-60 | 15.5 | 0.76 |
| šota nizkega barja  | 60-90 | 16.5 | 2.00 |
| Kozlerjeva gošča    |       |      |      |
| šota visokega barja | 0-30  | 76.0 | 8.70 |
| <b>Bevke</b>        |       |      |      |
| šota visokega barja | 0-30  | 79.0 | 5.17 |

---

Kot je razvidno iz **TABELE 1** je kapaciteta za vodo neposredno povezana z vsebnostjo organske snovi in seveda s strukturo šotnih tal, ki jo določa stopnja preperelosti šote. Kapaciteta za vodo v nizkem barju narašča od zgornjega sloja (0-30 cm) z najbolj preperelo šoto do spodnjih slojev (60-90 cm) z bolj ohranjeno šoto. Pri izsuševanju se struktura šote nepovratno spemeni in in šotna tla izgubijo svojo prvotno vpojnost za vodo. Ta problem obravnavamo v Poglavju 5.

Prav visoki kapaciteti šotnih tal za zadrževanje vode lahko pripišemo pravzaprav presenetljivo dejstvo, da so šotni predeli/habitati Ljubljanskega barja, kljub vztrajnemu kopanju in poglobljanju odvodnih jarkov še relativno dobro ohranjeni.

#### 4. Funkcije odvodnih jarkov glede na vodne vire

Kot je razvidno iz Karte barjanskih jarkov in odvodnikov (GZS, 1998, delno **SLIKA 2**) je mogoče vse glavne odvodne jarke na Ljubljanskem barju razdeliti v dve skupini:

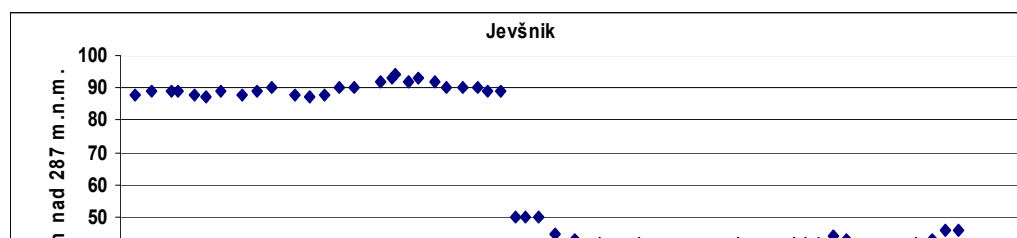
1) jarki za odvajanje meteorne vode in 2) jarki za odvajanje arteške vode. Jarki prve skupine segajo od vznožja Krimskega pogorja in so v zgornjem ali večjem delu hudourniške struge, ki so poleti praviloma suhe. Sem spadata npr. Iška – **slikovna priloga – SP 5**, in Šalček 1 – **slikovna priloga – SP 6**. Jarki druge skupine se začenjajo pri arteških izvirih – t.i. barjanskih oknih – sredi Barja in imajo praktično nespremenjen nivo vode preko celega leta (**GRAFIKON 7**). Sem spadata npr. Strahomerski skočnjak – **slikovna priloga – SP 8B**, ki odvaja vodo iz arteškega izvira Strahomersko okno - **slikovna priloga SP 8A** in Jevšnik ali Jelšnik. Tako prva kot druga skupina jarkov se steka v Ljubljanico. To praktično pomeni, da poleg globine jarkov na gladino vode v jarkih in nivo podtalnice na nizkem barju posredno ali neposredno vpliva gladina Ljubljanice. Po podatkih podjetij Hidrotehnik in VOKA znaša višinska razlika med gladino vode v obeh arteških izvirih (približno 287.40 m n.m.- od aprila 2003) in gladino Ljubljanice pri Plečnikovih zapornicah (285.60 m n.m.- od leta 1995) **1.80 m**, višinska razlika med najnižjo gladino vode v jarku Šalček 1 (287.30 m n.m.) in gladino Ljubljanice pri zapornicah pa **1.70 m**. Vpliv nivoja Ljubljanice na nivo vode v jarkih 1. skupine – primer Šalček 1, ilustrira **slikovna priloga – SP 6**, iz katere je razvidno tudi širjenje poplave iz (pre)polne struge Ljubljanice. Ekstremne razlike v vodostaju v jarku Šalček 1 (**slikovna priloga – SP 6**) se odražajo tudi na poskusnem polju (**GRAFIKON 1**, **GRAFIKON 2**).

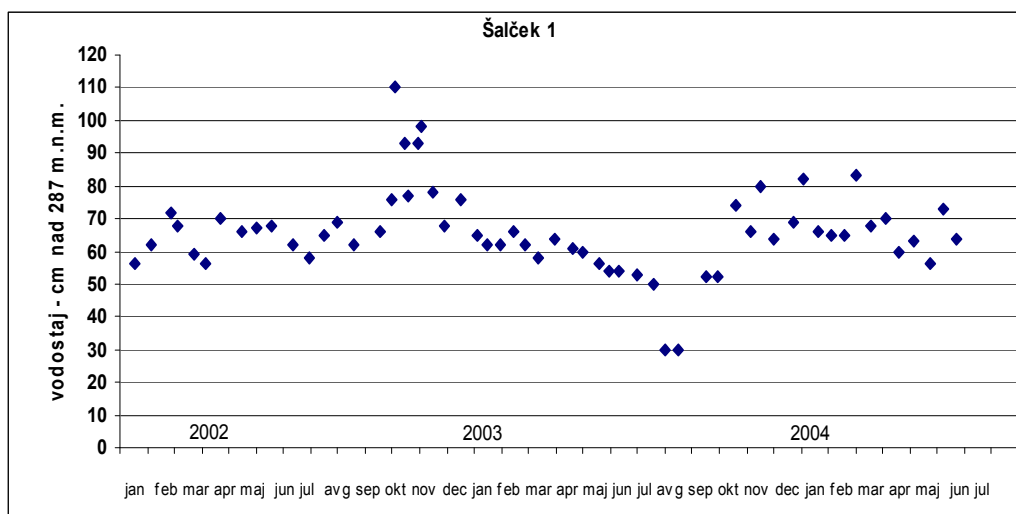
Sezonsko nihanje gladine vode v dveh sosednjih arteških izvirih Strahomersko okno in Jevšnik ter v najbližjem jarku za odvajanje meteorne vode Šalček 1 je prikazano v **GRAFIKONU 7**. Medtem ko gladina vode v jarku niha za 80 cm je gladina vode v obeh arteških izvirih praktično nespremenjena saj nihanje ne presega nekaj cm. Opazen padec gladine v obeh arteških izvirih in ustalitev gladine na nižjem nivoju po aprilu 2003, je gotovo posledica drastičnega čiščenja in poglobljanja odvodnih jarkov Strahomerski Skočnjak in Jelšnik v obdobju marec-april 2003 (**slikovna priloga SP 8B**). Manjša razlika med starim in novim nivojem gladine v izviru Strahomersko okno je verjetno tudi posledica zaježitve jarka Strahomerski Skočnjak, približno 800 m niže od izvira (**slikovna priloga SP 8B**).

**Strahomersko okno**

vodostaj - cm nad 287 m.n.m.

| Month    | Water Level (cm nad 287 m.n.m.) |
|----------|---------------------------------|
| Jan 2002 | 73                              |
| Feb 2002 | 74                              |
| Mar 2002 | 74                              |
| Apr 2002 | 72                              |
| May 2002 | 76                              |
| Jun 2002 | 78                              |
| Jul 2002 | 75                              |
| Aug 2002 | 74                              |
| Sep 2002 | 74                              |
| Oct 2002 | 74                              |
| Nov 2002 | 75                              |
| Dec 2002 | 73                              |
| Jan 2003 | 73                              |
| Feb 2003 | 71                              |
| Mar 2003 | 68                              |
| Apr 2003 | 54                              |
| May 2003 | 46                              |
| Jun 2003 | 45                              |
| Jul 2003 | 46                              |
| Aug 2003 | 44                              |
| Sep 2003 | 40                              |
| Oct 2003 | 41                              |
| Nov 2003 | 43                              |
| Dec 2003 | 41                              |
| Jan 2004 | 41                              |
| Feb 2004 | 38                              |
| Mar 2004 | 38                              |
| Apr 2004 | 37                              |
| May 2004 | 35                              |
| Jun 2004 | 38                              |
| Jul 2004 | 37                              |





## 5. Nivo podtalnice, posedanje in renaturacija barja

### Material in metode

Ob ekstremnih in običajnih nivojih podtalnice na poskusnih lokacijah (poskusno polje - Podkraj, Kozlerjeva gošča, Bevke) smo odvzeli vzorce tal in jim določili kapaciteto za vodo (Water Holding Capacity – WHC) in trenutno vlažnost. Za demonstracijski poskus vpliva zasičenosti z vodo (% WHC) na sesedanje šotnih tal smo odvzeli 3 enake neporušene vzorce talnega profila in jih prenesli v steklene valje. En profil smo pustili, da se je zračno posušil (0% WHC), v drugem smo vzdrževali polovično kapaciteto za vodo (50% WHC) v

tretjem pa polno kapaciteto za vodo (100%WHC). Po dveh mesecih smo tudi profil s 100% WHC zračno posušili na 50% WHC, nato pa oba profila zalili z vodo do 100% WHC in cilindre pokrili s parafilmom za preprečevanje izhlapevanja vode (**slikovna priloga SP 9**). Posedanje šotnih tal v naravi smo spremljali na referenčnih točkah v neposredni bližini poskusnega polja (**slikovna priloga SP 9**). Inkubacijske metode za merjenje mineralizacijskih potencialov v šotnih tleh so opisane v člankih naše raziskovalne skupine (Zupančič in Mahne 1998 in Hacin et al. 2001).

## **Rezultati in diskusija**

Posedanje ali sesedanje šotnih tal je posledica fizikalno kemijskih procesov – krčenje šote ob sušenju in nabrekanje ob ponovni navlažitvi; in mikrobioloških procesov – mikrobna razgradnja šote (preperavanje /mineralizacija organske snovi)

Medtem ko so fizikalno kemijski procesi relativno hitri in je posedanje/sesedanje šotnih tal v naravi kot posledica le-teh s prostim očesom vidno že v nekaj mesecih v laboratoriju pa še prej (**slikovna priloga SP 9 - zgornja slika**), so mikrobiološki počasnejši in njihove posledice v naravi so vidne s prostim očesom šele v nekaj letih.

Dodobra preperela najzgornejša plast šote nizkega barja – t.i. barska črnica, ki ima podobno strukturo kot puščavski pesek, je rezultat dolgoletne mikrobne mineralizacije organske snovi (**slikovna priloga SP 9 - spodnja slika**).

Nepovratno posedanje barja s povprečno dinamiko več kot 3 cm na leto (**slikovna priloga SP 9 - srednja slika**) je torej rezultat kombinacije fizikalno kemijskih in mikrobioloških procesov.

Med mikrobiologi je splošno znano dejstvo, da je mineralizacija organske snovi najintenzivnejša tam, kjer se izmenjujejo mokre in suhe razmere. Na barju je to v sloju nihanja nivoja podtalnice.

Čimvečje je torej nihanje podtalnice, tem debelejši sloj tal je podvržen mineralizaciji. Gradient mineralizacije šote vzdolž vertikalnega profila je lepo viden že s prostim očesom izkušenega pedologa opazi pa ga tudi dovolj zainteresiran neposvečen laik. Stopnja preperelosti šote pada z globino in je najnižja v sloju, ki je stalno pod vodo. Iz

laboratorijskih inkubacijskih študij mineralizacijskih potencialov v šotnih tleh visokega in nizkega barja lahko povzamemo, da je v šoti visokega barja glavni omejujoči dejavnik mineralizacije nizek pH (Zupančič in Mahne 1998) v šoti nizkega barja pa voda (Hacin et al. 2001 in tam navedene reference).

Kot lahko povzamemo iz pedološke karte Ljubljanskega barja (Štefula, Briški, Stepančič, KIS 1961) in naših terenskih opazovanj v preteklih letih so prav širša območja okrog arteških izvirov tista z najbolj ohranjeno šoto nizkega barja in zato najprimernejša za ohranjanje ali renaturacijo najbolj redkih in ogroženih habitatnih tipov nizkega barja kot so travniške združbe *Phragmites*, *Magnocaricion* *Caricion* *davallianae* in *Molinion*. Te združbe danes obsegajo le še nekaj hektarov ali nekaj deset hektarov (*Molinion*) od približno 11 000 ha travniških površin na Ljubljanskem barju. Vsaka od teh združb zahteva specifičen vodni režim in s to problematiko se danes eksperimentalno ukvarja več kot 1000 znanstvenikov – strokovnjakov za mokrišča po vsem svetu. Kljub nekaterim že uveljavljenim splošnim strategijam ohranjanja šotnih barj so pri specifičnih poskusih renaturacije zelo pogosta presenečenja.

Nekontroliran dvig podtalnice ima hitre in drastične učinke na rastlinsko združbo nizkega barja. Ti učinki so vidni že po enem letu. Stalna zamočvirjenost povzroči dominanco visokih šašev in rogoza, vendar na zelo omejenem območju (**slikovna priloga SP 10**).

Regeneracija visokega barja je izredno počasen proces saj se plast šote iz šotnega mahu v povprečju zdebela le za 2 mm na leto (Tillotson 1992). Visoko barje je tudi veliko manj občutljivo na nihanja nivoja podtalnice in praktično nikoli ni povsem poplavljen zato so drastični in nepremišljeni posegi v vodni režim prej škodljivi kot koristni. Vpliv nepremišljenega dviga podtalnice na spremembe v rastlinski združbi visokega barja v Bevkah opisuje Martinčič (2003).

Iz rezultatov prikazanih v tej študiji je očitno, da je sedanji vodni režim na Ljubljanskem barju daleč pod optimalnim za ohranjanje šote in pripadajočih rastlinskih združb nizkega barja, in da bodo zato namesto nepremišljenih lokalnih potrebni dobro premišljeni in eksperimentalno preverjeni generalni ukrepi

## Zaključek

Mokrišča tvorijo prehod med kopenskimi in vodnimi habitatmi, kjer je voda odločilni dejavnik, ki določa razvoj tal in pripadajoče biološke združbe. Nižinska šotna barja zavzemajo med mokrišči posebno mesto in imajo nesporno izjemno pomembne okoljske funkcije: (i) so nepogrešljivi ali izključni habitatmi za evropsko in svetovno pomembne in ogrožene rastlinske in živalske vrste; (ii) so zadrževalniki odvečne meteorne vode in torej tamponska območja z najmanjšo erozijo; (iii) so zbiralniki talne vode, ki praviloma predstavlja tudi zalogo pitne vode za regije v okolici; (iv) so naravne čistilne naprave za tla in vodo, kjer šota, mikrobi in barjanske rastline delujejo kot biofiltri; (v) so habitatmi z največjo vsebnostjo organske snovi v tleh, ki z mikrobno razgradnjo prehaja v toplogredne pline (npr.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ) ali okoljsko problematične ionske oblike (npr.  $\text{NO}_3^-$ ).

Ljubljansko barje vsebuje vse zgoraj omenjene elemente poleg tega pa tu najdemo fragmente vseh razvojnih stopenj barja, to je visoko, nizko in degradirano barje. Zaradi izsuševanja, rezanja šote in kmetijske rabe je v zadnjih 200 letih prišlo do drastičnega degradiranja barja in zmanjšanja zaloga šote. Osnovni in splošno uveljavljeni princip ohranjanja ali renaturacije degradiranih šotnih barj je vzdrževanje oz. ponovni dvig nivoja podtalnice.

Z dvigom nivoja podtalnice se zmanjša posedanje barja zaradi fizikalno kemijskih procesov in mikrobne mineralizacije organske snovi. Nenapisano pravilo, ki velja za zavarovana nizka barja po svetu (npr. Droemling - Nemčija, Biebrza - Poljska, Somerset - Anglija) je vzdrževanje minimalnega nivoja podtalnice do 30 cm pod površino. V ta namen imajo zgrajene ustrezne namakalne sisteme s katerimi ob suši vodo za namakanje črpajo iz rek ali vodnih akumulacij. Prav toliko (30 cm) naj bi znašala tudi maksimalna globina odvodnih jarkov med parcelami na šotnih tleh, ki so v kmetijski rabi.

Rezultati pričujoče študije kažejo, da bi brez škode za kmetijstvo in biotsko raznovrstnost lahko generalno - na celotnem območju Ljubljanskega barja dvignili nivo podtalnice vsaj za 70 cm in s tem ne bi povečali poplavne ogroženosti najnižjih delov Barja. Sezonske poplave predstavljajo opravljanje ene od osnovnih okoljskih funkcij Ljubljanskega barja in se jim pri sedanjih klimatskih in hidroloških razmerah verjetno ne da izogniti. Poplave so posledica viškov meteorne vode, ki jih Ljubljana, v katero se stekajo barjanski

odvodniki, ni sposobna dovolj hitro odvesti. Ti viški se počasi razlijejo po barju, ne povzročajo erozije in škode kmetijstvu, saj so poplave zunaj vegetacijake dobe in ne trajajo dlje kot 7 do 14 dni.

Premočno odvajanje vode zaradi preglobokih odvodnih jarkov pa izniči vse ostale okoljske funkcije barja. Glede na pričakovane klimatske spremembe bo verjetno vse bolj akuten problem suše. Glavne odvodne jarke na Ljubljanskem barju je mogoče razdeliti v 2 skupini: 1) - jarki za odvajanje meteorne vode in 2) - jarki za odvajanje arteške vode. Sedanja globina tako prve kot druge skupine jarkov je več kot 2 m kar povzroči drastično znižanje nivoja podtalnice na najvišjih delih barja poleti, najnižjih delov pa ne obvaruje pred sezonskimi poplavami v obdobju od jeseni do pomladi. Iz rezultatov prikazanih v tej študiji sledi, da je pri obstoječem vodnem režimu na Ljubljanskem Barju pravzaprav največji in najresnejši problem za ohranjanje šotnih habitatov poletna suša in s tem povezano ireverzibilno posedanje površine in mikrobna razgradnja šote. Kot je razvidno iz naših poljskih poskusov tega problema ni mogoče reševati lokalno s pregradami saj je tako minimalni kot maksimalni nivo podtalnice na celotnem območju določen z gladino Ljubljanice, ki v končni fazi odvaja vso vodo z Ljubljanskega barja. Zato vidimo končno rešitev v tvornem dialogu oz. sodelovanju z upravljalci vodnih virov na Ljubljanskem Barju, v katerem bi proučili in eksperimentalno preverili potencialne rešitve. Morebitne možnosti vidimo v dvigu nivoja Ljubljanice pri zapornicah in/ali postavitvi pregrad na jarkih za odvajanje meteorne vode tik pred izlivom v Ljubljanico.

## Seznam relevantne literature in kart

Armbruster, M./ Elsäßer, M. 1997. Alternativen der Nutzung von Grünland im Europa-Reservat Federseeried. Projekt »Angewandte Ökologie«. Karlsruhe, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 191 s.

ČOP, Jure, VIDRIH, Matej, SINKOVIČ, Tomaž, HACIN, Janez. 2004. Vpliv košnje in gnojenja na botanično sestavo dveh različnih travnikov na Ljubljanskem barju. *Acta agriculturae slovenica*, 83:157-169.

ČOP, Jure, SELIŠKAR, Andrej, VIDRIH, Matej, SINKOVIČ, Tomaž, HACIN, Janez. Alternative v pridelovanju krme na šotnih/mineralnih travniških tleh na Ljubljanskem barju = Alternatives in grassland management on the peat/mineral soil of Ljubljana moor. V: TAJNŠEK, Anton (ur.), ŠANTAVEC, Igor (ur.). *Novi izzivi v poljedelstvu 2000 : zbornik simpozija : proceedings of symposium, [Moravske Toplice, 14. in 15. december 2000]*, (Novi izzivi v poljedelstvu). Ljubljana: Slovensko agronomsko društvo, 2000, str. 220-226.

ČOP, Jure, SINKOVIČ, Tomaž, HACIN, Janez. Cutting and fertilising alternatives in management of grassland on the peat/mineral soil of Ljubljana marsh, Slovenia. V: ISSELSTEIN, J... (ur.), SPATZ, G... (ur.), HOFMANN, M... (ur.). *Organic grassland farming : Proceedings of the international occasional symposium of the European Grassland Federation, Witzenhausen, Germany, 10 - 12 July 2001*, (Grassland science in Europe, Vol. 6). Duderstadt: Mecke Druck und Verlag, 2001, str. 203-206.

HACIN, Janez, ČOP, Jure. Strategija ohranjanja biotske raznovrstnosti in kmetijstva na Ljubljanskem barju - naravoslovni, gospodarski in družboslovni vidiki. V: *Drugi posvet o barju. Nevarnost urbanizacije primestnih vasi na zahodnem delu Ljubljanskega barja : strokovni prispevki : Cankarjev dom na Vrhniki, četrtek, 28. februar, 2002*. Vrhnika: Občina Vrhnika, 2002, str. [1-7].

HACIN, Janez, ČOP, Jure, MAHNE, Ivan. Nitrogen mineralization in marsh meadows in relation to soil organic matter content and watertable level. *J. plant nutr. soil sci.*, 2001, vol. 164, no. 5, str. 503-509.



HACIN, Janez. Ljubljansko barje - krajinski park ali podjetniški poligon in deponija zablod ?. *Svob. misel (Ljubljana)*, 2000, let. 38, št. 24, str. 32-33.

HACIN, Janez, ČOP, Jure, SELIŠKAR, Andrej, KORON, Darinka, SINKOVIČ, Tomaž, ROZMAN, Ludvik, MATAJC, Iztok. *Strokovne podlage in priporočila za trajnostni razvoj kmetijstva ob ohranjanju biotske raznovrstnosti na Ljubljanskem barju : raziskovalni projekt : poročilo za raziskovalno leto 1999/2000 = Technical background and recommendations for a sustainable agricultural development that will maintain and preserve biodiversity in Ljubljana Marsh (Ljubljansko barje)*. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2000. 51 str.

Hammer D.A. and Bastian R.K. Wetland ecosystems: Natural water Purifiers. V: *Constructed wetlands for wastewater treatment*, ed. Hammer D.A., Lewis Publishers 1991, p. 5-19.

Herman, V. 1964. Nekateri kmetijski problemi na Barju. *Geografski obzornik*, XI, 117-121

IPCC – Irish Peat Conservation Council – home page: [www.ipcc.ie/information sheets.html](http://www.ipcc.ie/information sheets.html)

Kramer, E. 1905. Das Laibacher Moor das größte und interessanteste Moor Österreichs. Laibach, Kleinmayr & Fed. Bamberg, 205 s.

Ljubljansko barje – pregledna karta kanalov, melioracijskih jarkov in odvodnikov. Geodetski zavod Slovenije, Kartografski oddelek, 1998.

Ljubljansko barje – habitatno kartiranje (elektronska verzija). CKFF, MOPE, 2000.

Martinčič A. 1987. Fragmenti visokega barja na Ljubljanskem barju. *Scopolia* 14, 1-53.

Martinčič A. 2003. Barje na Ljubljanskem barju – nekdaj, včeraj, danes in jutri. *Proteus* 6/65, 247-256.

Melik, A. 1963. Ob dvestoletnici prvih osuševalnih del na Barju. *Geografski zbornik*, VIII, 5-64

Natek, M. 1984. Kmetijska izraba Ljubljanskega barja. *Geografski zbornik*, XXIV, 53-73

Peterlin S. 1971. Nekoč je bilo Ljubljansko barje. *Proteus* 33, 425-429.

Seliškar, A. 1986. Vodna, močvirna in traviščna vegetacija Ljubljanskega barja (vzhodni del).

*Scopolia*, 10, 1-41

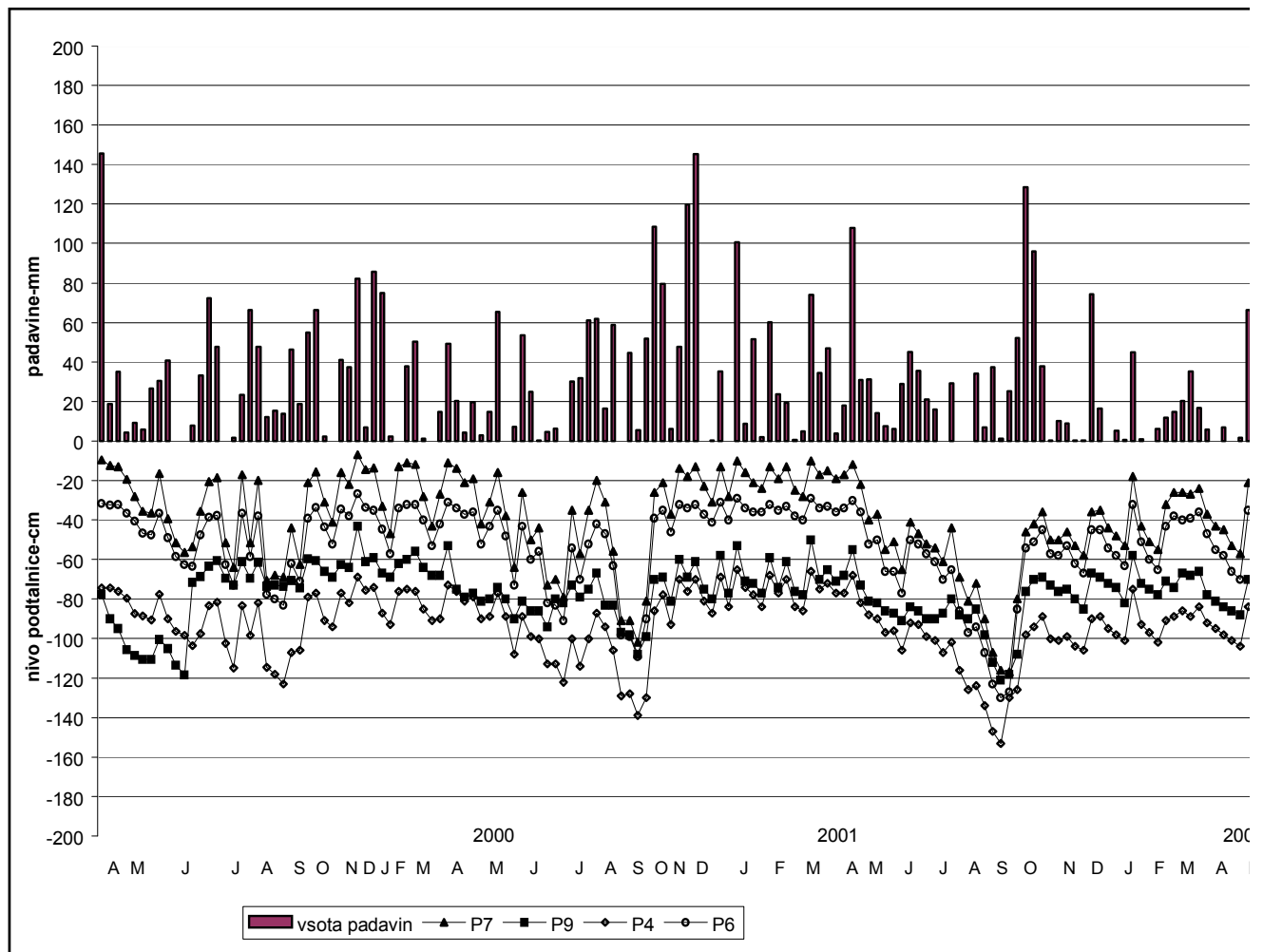
Stepančič D, Štefula O, Briški L, 1961. Pregled talnih oblik na Ljubljanskem barju. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije, s. 78

Šifrer M. 1984. Nova dognanja o geomorfološkem razvoju Ljubljanskega barja. *Geografski zbornik* XXIII/I, 1-54.

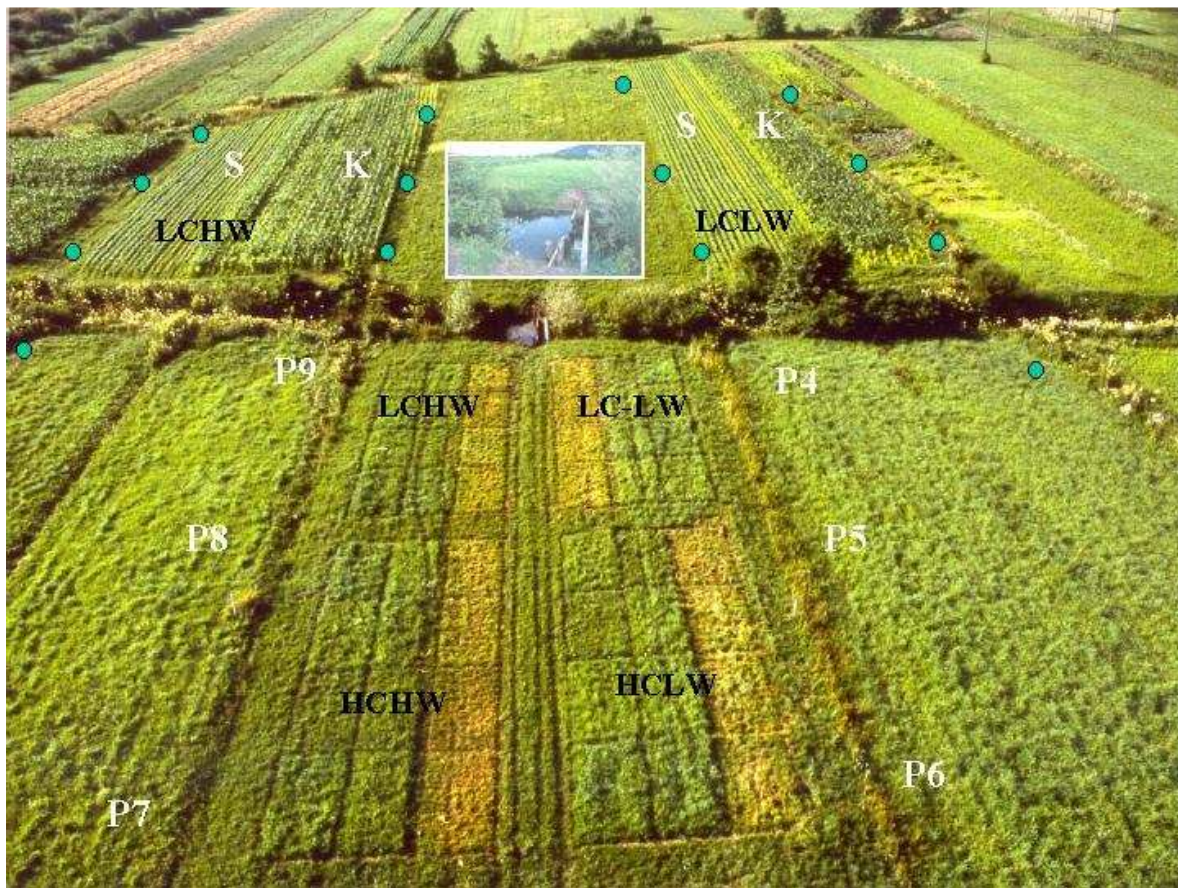
Tillotson I. 1992. Peat bogs – Current management and conservation issues in the UK. V: M. Finlayson (ur.), Integrated management and conservation of wetlands in agricultural and forested landscapes. Proceedings of a Workshop, Trebon, CZ, 25-31 marec 1992, p 19-22.

Zupančič M. and Mahne I. 1998. Effect of environmental factors on the capacity for carbon and nitrogen mineralization in peat soil. Proceedings of the 2nd Congress of Slovenian microbiologists with international participation, 27-30 september 1998, Portorož, SLO, p209-212.

**GRAFIKON 1.** Sezonsko nihanje podtalnice glede na količino padavin v intervalih merjenja v 4 reprezentativnih piezometrih na poskusnem polju; **P7 / P6** – višji/nižji nivo v razdalji 50 m od potoka, **P9 / P4** – višji/nižji nivo pri potoku. Pozicije piezometrov so označene na **sliki 1**.

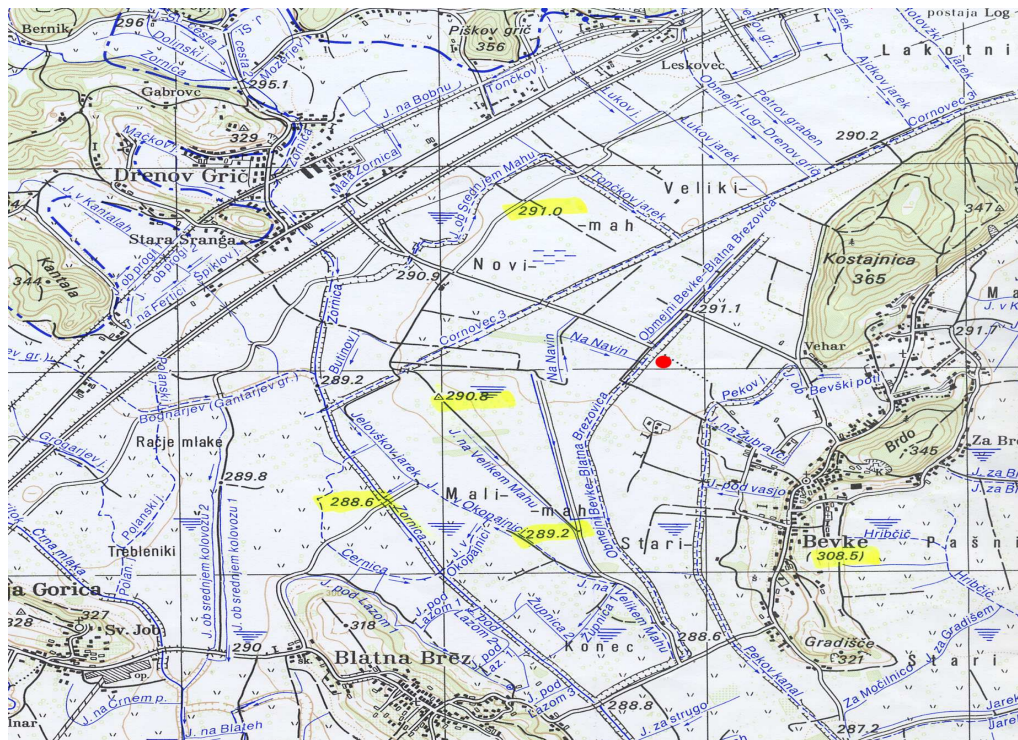


**SLIKA 1.** Pozicije piezometrov na poskusnem polju na organskih (HC-high carbon) in organsko-mineralnih tleh (LC-low carbon). Označeni so le trije piezometri nad pregrado (P7, P8, P9) in trije pod pregrado (P4, P5, P6). Pozicije ostalih vidnih piezometrov so prikazane s krogci. Na vsaki strani potoka je nameščenih 12 piezometrov, ki so med seboj oddaljeni 25 m. Pregrada (detajl v okvirčku) deli polje na del z visoko podtalnico (HW-high water) in del z nizko podtalnico (LW-low water). Na obeh delih je polje s sojo (S) in koruzo (K) ter travniške parcelice z različno intenziteto rabe.





**SLIKA 2.** Pozicije piezometrov na ostankih visokega barja v Bevkah in v Kozlerjevi gošči ter merilno mesto na potoku Farjevec 1 so označene z rdečimi krogi. Pozicije piezometrov na poskusnem polju in merilnih lat v arteških izvirih Strahomersko okno in Jevšnik ter potoku Šalček 1 pa z zelenimi krogi. Podlaga: Lj. barje – Karta jarkov in odvodnikov, GZS 1998.





**SP 1.** Pregrada ob običajnem vodostaju v rastni dobi (zgoraj), ob ekstremni suši avgusta 2003 (sredina) in ob poplavi novembra 2003 (spodaj).





**SP 2.** Polje z visoko podtalnico (gorvodno od pregrade) ob spravilu koruze (zgoraj) in ob poletni košnji (spodaj).





**SP 3.** Ostanke visokega barja v Kozlerjevi gošči (zgoraj) in v Bevkah (spodaj), kjer smo postavili piezometre. Na zgornji sliki je viden šotni mah (Sphagnum) značilen za visoko barje.



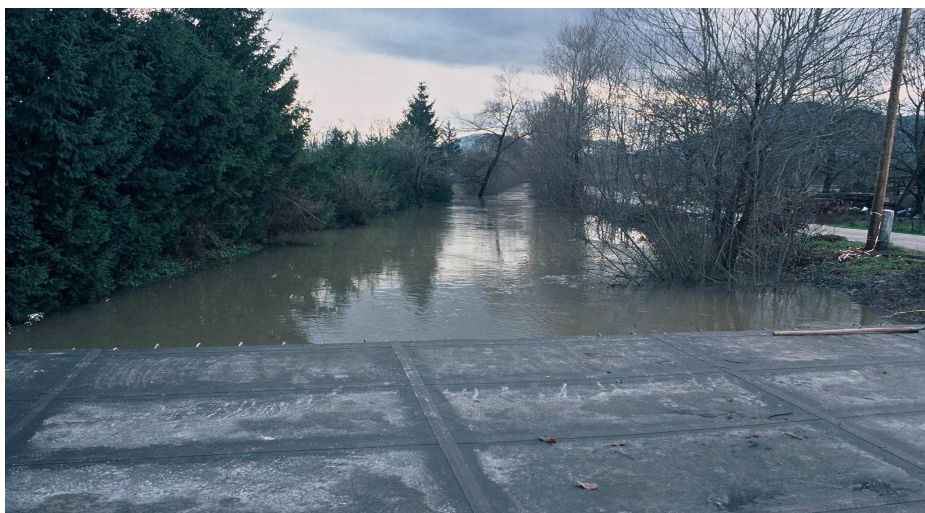


**SP 4.** V delu Kozlerjeve gošče in širši okolici je bila šota porezana do polžarice, ki je vidna na površini (zgoraj). Zaradi stalne visoke podtalnice in opustitve rabe je na ostankih porezane šote ponovno začel rasti šotni mah. Tam smo postavili piezometer (spodaj).





**SP 5.** Hudourniška struga Iške ob običajnem vodostaju (zgoraj), ob suši avgusta 2003 (sredina) in ob poplavi novembra 2003(spodaj).





**SP 6.** Jarek Šalček 1 in 2; pri mostu v Črni vasi ob suši avgusta 2003 (zgoraj) in ob poplavi novembra 2003 (spodaj).





**SP 7.** Iščica pri mostu na Peruzzijevi ob suši avgusta 2003 (zgoraj) in ob poplavi novembra 2003 (spodaj).





**SP 8 A.** Arteški izvir »Strahomersko okno« (zgoraj, sredina), katerega voda je speljana v odvodni jarek »Strahomerski Skočnjak« (spodaj).



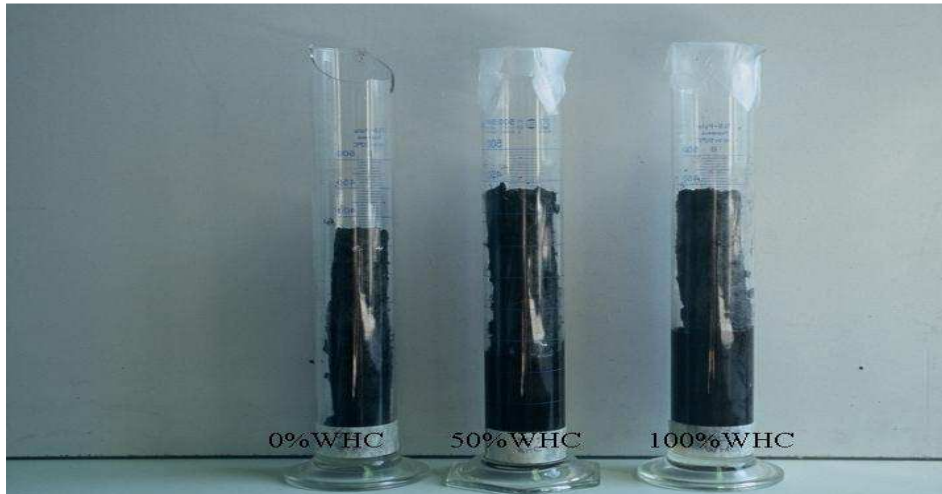


**SP 8 B.** Strahomerski Skočnjak na začetku (zgoraj) in približno 800 m nižje, kjer je lastnik zemljišča sam postavil pregrado za zadrževanje vode po čiščenju jarka (spodaj).





**SP 9.** Neporušeni stolpci šotnih tal s poskusnega polja osušeni na 0 oz. 50 % WHC (Water Holding Capacity = kapaciteta za vodo) in ponovno zasičeni z vodo do 100% WHC kažejo, da je sesedanje šote nepovraten proces (zgoraj). V 6 letih se površina osušenih šotnih tal posede za več kot 18 cm (sredina) ali več kot 3cm na leto. Posedanje je rezultat fizikalnih in mikrobioloških procesov (spodaj).





**SP 10.** Gojeni travnik (košen s konji) so prodali za gradbeno parcelo (zgoraj). Novi lastnik je naredil poskusno vrtino in s tem ustvaril arteški izvir ali »okno« (sredina). Zaradi stalne zamočvirjenosti se je vegetacija iz združbe visoke pahovke (*Arrhenatherion*) spremenila v združbo visokega šaša (*Magnocaricion*) - spodaj.





**SP 10.** Gojeni travnik (košen s konji) so prodali za gradbeno parcelo (zgoraj). Novi lastnik je naredil poskusno vrtino in s tem ustvaril arteški izvir ali »okno« (sredina). Zaradi stalne zamočvirjenosti se je vegetacija iz združbe visoke pahovke (*Arrhenatherion*) spremenila v združbo visokega šaša (*Magnocaricion*) - spodaj.

