

# RASTNE IN VEGETACIJSKE ZNAČILNOSTI EVROPSKEGA ČRNEGA TOPOLA (*POPULUS NIGRA* L.) V POPLAVNEM GOZDU OB REKI SAVI IN TEMPERATURNE RAZLIKE MED IZBRANIMI RASTIŠČI

## GROWTH AND VEGETATION CHARACTERISTICS OF EUROPEAN BLACK POPLAR (*POPULUS NIGRA* L.) IN A FLOODPLAIN FOREST ALONG THE RIVER SAVA AND TEMPERATURE DIFFERENCES AMONG SELECTED SITES

Urša VILHAR<sup>1</sup>, Andraž ČARNI<sup>2</sup> & Gregor BOŽIČ<sup>3</sup>

**IZVLEČEK** UDK 582.681.82(282.24Sava):630\*26:62-97 V raziskavi smo preučevali rastne, vegetacijske in temperaturne značilnosti avtohtonega črnega topola (*Populus nigra* L.) v izbranih sestojih na rastiščih ob reki Savi, kjer smo na rečnem otoku in v poplavnem logu pri Ljubljani izbrali odraslo in mlado razvojno fazo gozdnih sestojev na naravnih rastiščih črnega topola, vključujoč travnik. Ugotovljamo, da imajo črni topoli na rečnem otoku manjše premere in višine kot na rečni terasi ter da je na rečnem otoku variabilnost v višini in prsnem premeru dreves bistveno večja kot na rečni terasi. Osutost krošenj dreves je večja na rečni terasi, kjer je sestoj v razvojni fazi debeljaka, kot na rečnem otoku, kjer je sestoj v razvojni fazi drogovnjaka. Na preučevanem območju lahko opazimo zonacijo vegetacije, ki je značilna za zgornje in delno srednje tokove rek in se bistveno razlikuje od spodnjih tokov. Sestoje neposredno ob reki Savi uvrščamo v asociacijo *Salicetum incano-purpureae*, ki jo uvrščamo v zvezo *Salicion eleagno-daphnoidis*, red *Salicetalia purpureae* in razred *Salicetea purpureae*. Sestoje na rečni terasi pa uvrščamo v asociacijo *Lamio orvalae-Alnetum incanae* ter višje v sintaksonomiji v zvezo *Alnion incanae*, red *Fraxinetalia* in razred *Populetea albae*. Na podlagi naših raziskav ugotovljamo, da so obravnavani gozdovi dobro ohranjeni in se vanje v zadnjem obdobju ni bistveno posegalo. Raziskave temperaturnih razmer kažejo, da se izmerjene temperature in kazalniki temperaturnega stresa v poplavnih gozdnih precej razlikujejo glede na mesto meritve (rečna terasa oziroma otok) ter glede na tip vegetacije (poplavni gozd oziroma travnik). Med posameznimi ploskvami smo ugotovili razlike v temperaturnih razmerah, kljub temu da ležijo v nepo-

**ABSTRACT** UDC 582.681.82(282.24Sava):630\*26:62-97 In this study we investigate the growth, vegetation and temperature characteristics of the native black poplar (*Populus nigra* L.) stands on the selected sites along the Sava River in Ljubljana vicinity. Mature and young regeneration stage of cottonwood forest stands were selected along the river Sava on the island and on the floodplain terrace in natural habitats of black poplar, including a meadow. Stands closer to the river Sava banks belong to the association *Salicetum incano-purpureae*, which is affiliated to the alliance *Salicion eleagno-daphnoidis*, order *Salicetalia purpureae* and class *Salicetea purpureae*. Stands on the river terrace belong to the association *Lamio orvalae-Alnetum incanae*, alliance *Alnion incanae*, order *Fraxinetalia* and class *Populetea albae*. Based on our results, the selected forest stands are well preserved and have lately not been significantly exposed to negative human impact. Black poplar trees on the river island differ from the trees growing on river terraces in their horizontal stand structure. The tree height and diameter variability was significantly greater for black poplar trees on the river island compared to the river terrace. Furthermore, crown defoliation of trees is higher on the river terrace with the mature forest stand compared to the river island with younger stand. The measured temperature indicators and temperature stress in the flooded forests vary considerably, depending on the location of measurement (river terrace or river island) and on the type of vegetation (floodplain forest or meadow). We found differences in temperature conditions between the research plots, although they are located in the immediate vicinity and on the same river terrace. We also noted that the

<sup>1</sup> Dr., Department of Forest Ecology, Slovenian Forestry Institute, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, ursa.vilhar@gozdis.si

<sup>2</sup> Dr., Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Jovan Hadži Institute of Biology, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, carni@zrc-sazu.si

<sup>3</sup> Dr., Department of Forest Physiology and Genetics, Slovenian Forestry Institute, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, gregor.bozic@gozdis.si

sredni bližini na isti rečni terasi. Ugotavljamo tudi, da temperaturne razmere na Klimatološki postaji Ljubljana, ki je najbližja obravnavanim poplavnim gozdovom, ne odsevajo temperaturnih razmer za poplavne gozdove ob reki Savi. Glede na to, da se črni topol pomlajuje le neposredno ob reki, v starejših sestojih pa ne, bi veljalo v obravnavnih poplavnih gozdovih preiti k aktivnemu varovanju posameznih odraslih dreves, ki so poleg poplavnega rečnega režima pomembna za uspešno naravno obnovo črnega topola.

*Ključne besede:* *Populus nigra* L., poplavni gozd, rastiščne razmere, temperatura, rast, osutost krošnje, reka Sava, Slovenija

temperature conditions at the Ljubljana Climatological Station, which is the closest to the considered flood forests, do not reflect the temperature conditions of floodplain forests along the river Sava. Given that the black poplar naturally regenerates only directly on the river banks but not in older floodplain forest stands we would recommend active protection of individual adult trees that are, apart from the river flood regime, important for the black poplar's successful natural regeneration.

*Key words:* *Populus nigra* L., floodplain forest, forest site conditions, temperature, growth, crown defoliation, river Sava, Slovenia

## UVOD

Poplavni ekosistemi pomembno prispevajo k zagotavljanju ugodnih življenjskih razmer za rastline, živali in ljudi. Poplavni gozdovi in loke ob vodotokih so življenjski prostor številnih rastlin, gliv, ptic in drugih živih bitij ter dragocen element krajine s pomembno varovalno vlogo pred erozijo. Z zadrževanjem visokih voda zmanjšujejo poplave (ali škodo zaradi poplav) in s svojo filtrsko sposobnostjo zmanjšujejo onesnaženje vodotokov z antropogenimi onesnažili. Drevesne vrste mehkih listavcev, predvsem črni topol, vrbe, jelše in jeseni, imajo pomembno biološko in ekološko vlogo pri obstoju in varovanju obvodnih ekosistemov, ki so bili v Evropi in tudi pri nas zaradi posegov človeka (urbanizacija, turistična infrastruktura, regulacije strug, zniževanje podtalnice, gradnja akumulacijskih jezov, hidroelektrarne, plantaže, posek dreves) precej degradirani, če ne celo uničeni (LEFÉVRE s sod. 1998; DALLIMER s sod. 2012; ROUQUETTE s sod. 2013, SACCONI s sod. 2013).

Z biološko-ekološkega vidika je evropski črni topol nenadomestljiva drevesna vrsta, ki lahko gradi nižinske obvodne loge, ki jih občasno poplavlja visoke vode (SMULDERS s sod. 2007). Naravno pomlajevanje in razvoj njegovih populacij sta neposredno povezana z rečno dinamiko (CAGELLI & LEFÉVRE 1995). Evropski črni topol se kot pionir pojavlja na mladih, pogosto poplavljenih rečnih nanosih in vpliva na izboljšanje rastiščnih razmer za naselitev ekološko bolj zahtevnih drevesnih vrst. Kljub sicer široki ekološki amplitudi lahko postane ogrožen v vseh obdobjih življenjskega razvoja zaradi sprememb rastiščnih razmer (VANDEN BROECK 2003). Intenzivna raba vode in posegi v vodni prostor povzročajo spremembe hidroloških lastnosti vodotokov. Spreminjajo se tudi procesi samodejnega oblikovanja prodišč in nastajanja logov. S tem je ogroženo tudi naravno pomlajevanje evropskega črnega topola (LEFÉVRE s sod. 1998). Njegovo postoj-

pno izginjanje v poplavnih ekosistemih neposredno pomeni predvsem resno opozorilo širši javnosti na nevarno ogroženost življenjskega prostora redkih rastlin, habitatov številnih ptic, gliv in drugih živih bitij, ki lahko preživijo le v specifičnih okoljskih razmerah rečnih rokavov, mrtvic in poplavnih gozdov (BOŽIČ 2010). Z vdorom in subspontanym širjenjem invazivnih tujerodnih vrst rastlin se še dodatno zmanjšujejo možnosti za naravno pomlajevanje avtohtonih rastlinskih vrst (SCHNITZLER, HALE & ALSUM 2007; SACCONI s sod. 2013; P. KOŠIR s sod. 2013).

Celotno območje naše raziskave je v nižinskih poplavnih gozdovih predalpske regije, v porečju reke Save, kjer se je na aluvialnih terasah razvila značilna vegetacija obrečnih gozdov. Neposredno ob reki Savi najdemo inicialne sestoje vrbovij s topoli, ki se razvijajo tik nad srednjim vodostajem. Rastišča so pogosto poplavljenjena, podlago grade aluvialni nanosi, na katerih se formirajo nerazvita obrečna tla. Te gozdove lahko uvrstimo med vrbovja s topolom (DAKSKOBLER, KUNTNER & ŠILC 2013) oziroma med združbe prodišč sredogorskih rek (Physis koda 24.22) (KAČIČNIK s sod. 2011). Sestoje uvrščamo v zvezo *Salicion eleagno-daphnoidis*, ki obsega vrbovja na naplavinah ob rekah od podgorskega do alpskega pasu (DAKSKOBLER 2010; ŠILC & ČARNI 2012). Habitat se na ozemlju Slovenije ohranja prednostno (UREDBA O HABITATNIH TIPIH 2003). Nekoliko više, na aluvialni terasi, na bolj razvitih tleh, najdemo bolj razvite sestoje, ki jih poleg topola gradita še siva jelša in gorski javor. To so higrofilni sestoji, ki so občasno poplavljeni, vendar pa se tu že formirajo tla, ki imajo določene značilnosti avtomorfni tal. Te sestoje uvrščamo med gorske obrežne in orogene listnate gozdove (DAKSKOBLER, KUNTNER & ŠILC 2013) oziroma med gorska sivojelševja (Physis koda 44.21) (KAČIČNIK s sod. 2011). Sestoje lahko uvrstimo v zvezo *Alnion incanae*, kamor uvrščamo jelše-

vo-jesenove in hrastove obvodne gozdove na aluvialnih tleh, bogatih s hranili (ŠILC & ČARNI 2012). Habitat se na ozemlju Slovenije ohranja prednostno (UREDBA O HABITATNIH TIPIH 2003). Še više na aluvialni terasi pa najdemo borovja (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1998), ki se navezujejo na gabrove in bukove gozdove (ČARNI s sod. 2002). V teh sestojih pa črni topol, ki je vezan neposredno na rečni breg in dinamiko poplav, ne uspeva. Sestoje uvrščamo med obrežna rdečeborovja (DAKSKOBLER, KUTNAR & ŠILC 2013). Sintaksonomsko jih uvrščata ŠILC & ČARNI (2012) v zvezo reliktnih gozdov rdečega in črnega bora na apnencu *Erico-Pinion*, ZUPANČIČ (2007) pa v zvezo ilirskih gozdov črnega in rdečega bora *Fraxino orni-Pinion nigrae-sylvestris*. Kot habitatni tip so označeni s Physis kodo 42.541-S1 kot obrežna bazifilna borovja (KAČIČNIK s sod. 2011).

Na aluvialni terasi najdemo tudi suha travišča (TOMAŽIČ 1949), ki jih uvrščamo v zvezo *Bromion erecti* v okviru razreda suhih travišč *Festuco-Brometea*, in gojene travnike iz zveze *Arrhenatherion elatioris* v okviru razreda *Molinio-Arrhenatheretea* (ŠILC & ČARNI 2012).

V zadnjem času so se z vegetacijo obrečnih gozdov ukvarjali številni avtorji (ZUPANČIČ & ŽAGAR 1998; ŠILC & ČUŠIN 2000; ŠILC 2003; DAKSKOBLER, ŠILC & ČUŠIN 2004; ČUŠIN & ŠILC 2006; MARINČEK s sod. 2006; DAKSKOBLER 2007, 2010, KUTNAR s sod. 2012, P. KOŠIR s sod. 2013, DAKSKOBLER, KUTNAR & ŠILC 2013), ki smo jih upoštevali pri opredelitvi in opisu združb.

Pri pripravi smernic za ohranjanje črnega topola je treba poznati ugodne rastiščne razmere, v katerih se

lahko vrsta uspešno ohranja (BRUS s sod. 2010). Okoljske razmere, predvsem mikroklimatske razmere (ZHOU s sod. 2013) v povezavi z dostopnostjo hranil ter koncentracijami CO<sub>2</sub> v ozračju (BOSAC s sod. 1995; JOHNSON, TOGNETTI & PARIS 2002), pomembno vplivajo na tvorbo lesa in debelinsko rast črnega topola, še posebej zgodaj poleti (ARENDE & FROMM 2007). Ugodne klimatske in talne razmere so pomembne tudi za dobro uspevanje izvengozdnih nasadov topola, ki ponekod pomenijo pomembno gospodarsko dejavnost (EITEL s sod., 2006; MIGLIAVACCA s sod. 2009; PERRY, MILLER & BROOKS 2001). Vremenske spremenljivke so eden osnovnih vhodnih podatkov za modeliranje procesov v gozdnih ekosistemih, kot so na primer vodna bilanca gozda (VILHAR & SIMONČIČ 2012), snovni tokovi (DE VRIES s sod., 2001; SIMONČIČ 2001), zaloge ogljika (DUFRENE in sod., 2005; NABUURS & SCHELHAAS 2002), vendar pa se meritve vremenskih spremenljivk na raziskovalnih ploskvah v gozdu redko opravljajo (SINJUR & BOŽIČ 2010; SINJUR in sod. 2010). Razvojno delo in raziskave so usmerjene v spoznanja, na katerih bomo lahko temeljili vsa prizadevanja v zvezi z ohranjanjem življenjskih razmer za naravno obnavljanje in revitalizacijo gozdov.

Namen naše raziskave je preučiti rastne, vegetacijske in temperaturne značilnosti avtohtonega črnega topola v izbranih sestojih, ki so na rastiščih ob reki Savi pod stalnim vplivom tekoče talne in poplavne vode. Cilj raziskave je pridobiti nova spoznanja za pripravo strokovno poglobljenih ukrepov za ohranitev pomlajevanja črnega topola v obrežnih gozdovih.

## ŠTUDIJSKO OBMOČJE

Območje raziskovanja je v nižinskih poplavnih gozdovih predalpske regije, v porečju reke Save, kjer se je na aluvialnih terasah blizu Ljubljane razvila značilna vegetacija obrečnih gozdov. Reko Savo smo izbrali, ker ima hudourniški značaj z nihajočim vodnim stanjem glede na letni čas in padavinske razmere (VAUPOTIČ 2006). Višina reke niha tudi v teku dneva, saj v Savskih hidroelektrarnah gorvodno ponoči zmanjšajo pretok vode. Skladno z nihanjem gladine reke Save niha tudi višina podtalnice (*ibid.*).

V poplavnem gozdu reke Save med Tacnom in Gameljnamo smo izbrali štiri raziskovalne objekte. Raziskovalna objekta »Rečna terasa« in »Travnik« ležita na levem bregu Save med Šmartnim pod Šmarno goro in reko Savo, zahodno od mosta avtoceste Kranj-Ljubljana. Objekt »Otok« je na rečnem otoku pred mostom v Tacnu. Dostop je v času visokih vod onemogočen, kar je

otežilo redne meritve na tej ploskvi (slika 1). Zračna razdalja med raziskovalnima objektoma »Otok« in »Rečna terasa« je 3,2 km. Objekta »Rečna terasa« in »Otok« sta sestojata z večjim deležem avtohtonega črnega topola v nižinskih poplavnih gozdovih ob reki Savi pri Ljubljani.

Raziskovalni objekt »Rečna terasa« smo izbrali v obrežnem gozdu reke Save v Spodnjih Gameljnah, ker prevladuje združba vrbovij s topoli in se avtohtoni črni topol naravno pojavlja v razvojni fazi debeljaka. Dva hektarja veliki sestoj leži na rečni terasi, približno 2 m nad gladino reke v dnevnem visokem pretoku, na zmerno globokih, razvitih karbonatnih obrečnih tleh (*haplični fluvisoli*) (Božič s sod. 2008). Leta 2006 smo izračunali lesno zalogo sestojata na objektu »Rečna terasa« na 265 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (*ibid.*). V lesni zalogi sestojata s 56-odstotnim deležem prevladuje črni topol, sledijo vrbe (23 %), gorski javor (8 %), lipa (6 %), veliki jesen (4 %), dob (2 %) ter



beli gaber in češnja (1 %). Sklep krošenj je rahel. Sestoj z dobro sestojno zasnovo in zadovoljivo kakovostjo drevja ni negovan in je prepuščen naravnemu razvoju. Evidentirana je poškodovanost krošenj zaradi snega. Krošnje številnih dreves so presvetljene s suhimi vejami. Na črnem topolu se pogosto pojavljajo adventivni poganjki.

Raziskovalni objekt »Otok« je izbran v obrežnem gozdu s površino 0,3 ha na rečnem otoku pri Tacnu, kjer prevladuje združba vrbovij s topoli. Črni topol se je naravno pomladil na večinoma plitvih, nerazvitih obrečnih tleh. Sestoj je v razvojni fazi drogovnjaka, z dobro sestojno zasnovo, ni negovan in je prepuščen naravnemu razvoju. Sklep krošenj je normalen. Drevesno plast sestavlja večinoma črni topol (78 %), sledijo vrbe (18 %) in veliki jesen (4 %).

Raziskovalni objekt »Travnik« smo postavili na travniku v okolju vadbišča Kinološkega društva Šmar-

na gora – Tacen. Objekt, ki leži v neposredni bližini raziskovalne ploskve »Rečna terasa«, približno 100 m oddaljen od rečnega brega, predstavlja referenčni objekt za temperaturne razmere na prostem in smo ga uporabili za primerjavo s temperaturnimi razmerami na Klimatološki postaji Ljubljana (Arhiv ARSO).

Četrty raziskovalni objekt »Borovje« je na najvišje ležeči aluvialni terasi v neposredni bližini objektov »Rečna terasa« in »Travnik«. Sestoj z rdečim borom je v razvojni fazi drogovnjaka. Sklep krošenj je vrzelast, pretrgan. Lesno zalogo sestojajo smo v letu 2006 izračunali na  $185 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (Božič s sod. 2008). Prevladuje rdeči bor (80 %), sledijo lipa (8 %), vrbe (4 %), graden (4 %), beli gaber (2 %), veliki jesen (1 %) in smreka (1 %). Sestoj z zadovoljivo sestojno zasnovo in zadovoljivo kakovostjo drevja ni negovan in je prepuščen naravnemu razvoju.

### Preglednica 1: Značilnosti izbranih raziskovalnih objektov

Table 1: Research plot characteristics

Ime objekta / Plot	Zemljepisna dolžina / Longitude (°) E	Zemljepisna širina / Latitude (°) N	Nadm. višina / Altitude (m)	Prevladujoča drevesna vrsta / Dominant tree species
Rečna terasa / River terrace	14°29'	46°07'	296	<i>Populus nigra</i> L.
Otok / Island	14°27'	46°07'	302	<i>Populus nigra</i> L.
Travnik / Meadow	14°29'	46°07'	297	/
Borovje / Pine stand	14°29'	46° 07'	300	<i>Pinus sylvestris</i> L.
Klimatološka postaja Ljubljana / Climatological Station Ljubljana	14°31'	46°04'	299	/

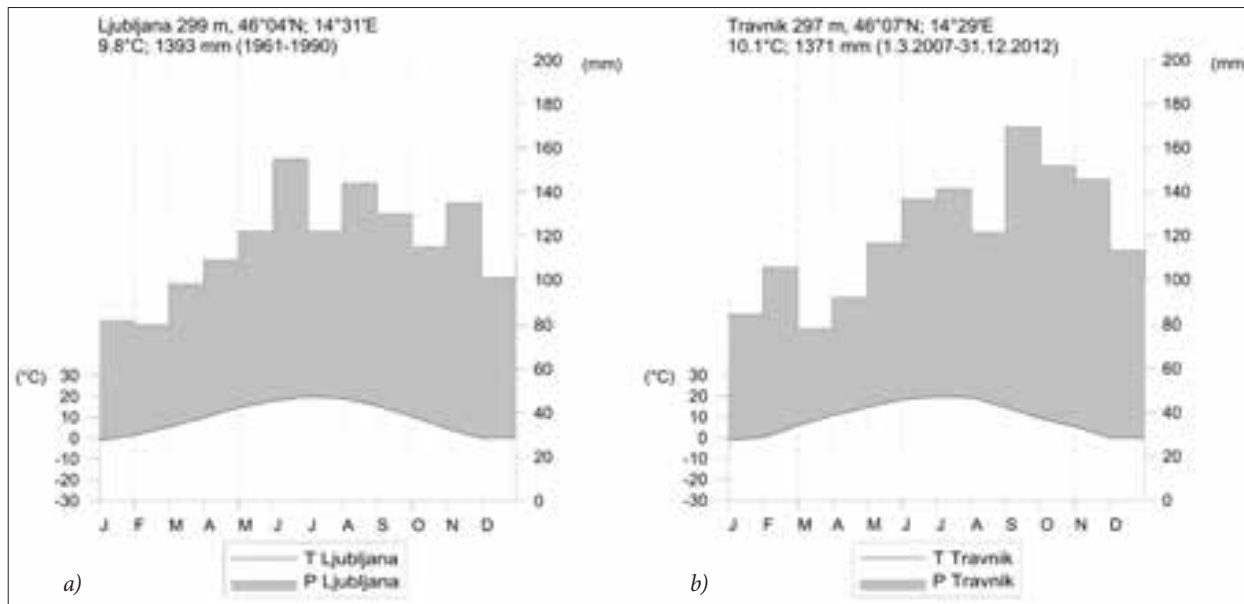


Slika 1: Raziskovalni objekti »Rečna terasa«, »Otok«, »Travnik« in »Borovje« (Google Earth, 2013)

Figure 1: Research plots »River terrace«, »Island«, »Meadow« and »Pine stand« (Google Earth, 2013)

Na Klimatološki postaji Ljubljana je bila v obdobju od 1961 do 1990 izmerjena povprečna temperatura

zraka 9,8 °C, povprečna letna količina padavin pa 1393 mm (arhiv ARSO) (slika 2).



Slika 2: a) Povprečne mesečne temperature zraka (T Ljubljana) in količine padavin (P Ljubljana) na Klimatološki postaji Ljubljana za obdobje od 1961 do 1990 (vir: ARSO) ter b) povprečne mesečne količine padavin (P Travnik), povprečne mesečne temperature zraka (T Travnik) v obdobju od 1.3.2007 do 31.12.2012

Figure 2: a) Average monthly air temperatures (T Ljubljana) and precipitation (P Ljubljana) at the Climatological Station Ljubljana in the 1961 – 1990 period (ARSO archives) and b) average monthly precipitation (P Travnik), average monthly air temperatures (T Travnik) from 1.3.2007 to 31.12.2012

## MATERIALI IN METODE

### Rastne značilnosti črnega topola

Na raziskovalnih objektih »Rečna terasa« in »Otok«, ki ob reki Savi predstavljata sestoja v razvojni fazi debeljaka in drogovnjaka, smo za raziskave dendrometričnih značilnosti na celotni površini objektov naključno izbrali 34 dreves črnega topola. Vzorec sestavljajo nadrasla oziroma sorasla drevesa različnih starosti. Vsa vzorčna drevesa smo na terenu označili s številkami in njihove lokacije na terenu posneli z ročno napravo Garmin GPSmap 60CSx. Na posameznem poskusnem objektu smo izmerili višine dreves in premere debel na višini 1,3 m za 20 dreves črnega topola na objektu »Rečna terasa« in 14 dreves črnega topola na objektu »Otok«. Meritve smo opravili po zaključku vegetacijske dobe leta 2006 in leta 2013. Meritve dreves v letih 2006 in letu 2013 so bile opravljene na istih drevesih. Za meritve premerov debel smo uporabili merilni trak (Pi-meter). Višine dreves smo merili z elektronskim višinomerom Vertex, ki deluje s pomočjo ultraz-

vočnega signala. Debeline in višine dreves, ki smo jih izmerili na posameznem raziskovalnem objektu, smo medsebojno primerjali za leti 2006 in 2013. Izračunali smo povprečni letni višinski prirastek (v nadaljevanju  $H_{PRI}$ ) in povprečni letni debelinski prirastek (v nadaljevanju  $D_{PRI}$ ) v preučevanem sedemletnem obdobju.

### Osutost krošenj črnega topola

Za oceno osutosti krošenj črnega topola smo na obeh raziskovalnih objektih zajeli ista drevesa kot pri dendrometričnih značilnostih. Osutost smo ocenili na 5 % natančno po standardni metodi (Kovač s sod. 2007, modif. za črni topol). Vzorčna drevesa smo po lokacijah objektov »Rečna terasa« in »Otok« razvrstili v štiri razrede po stopnjah vitalnosti oziroma osutosti krošenj, in sicer: na drevesa z vitalno krošnjo (osutost od 0 % do 25 %), srednje poškodovano krošnjo (osutost od 26 % do 50 %), močno poškodovano krošnjo (osutost

od 51 % do 75 %) in drevesa z zelo močno poškodovano krošnjo (osutost od 76 % do 100 %). Popis osutosti smo opravili ob koncu julija 2007, to je v prvem letu meritev temperaturnih razmer. Linearno povezanost spremenljivk osutost krošnje črnega topola in premer debla na višini 1,3 m smo ugotavljali s Pearsonovim koeficientom korelacije ( $r$ ).

### Vegetacijske značilnosti na izbranih rastiščih

Vegetacijo smo preučevali v skladu s standardno srednjeevropsko metodo (BRAUN-BLANQUET 1964). Pomenovanje rastlinskih vrst je v skladu z Malo floro Slovenije (MARTINČIČ 2007), rastlinskih združb pa s Seznamom vegetacijskih sintaksonov v Sloveniji (ŠILC & ČARNI 2012).

Vegetacijske popise smo opravili na raziskovalnih objektih oz. ploskvah »Otok« (popis 1) in »Rečna terasa« (popis 3), kjer smo merili tudi temperaturo, ter na objektu »Borovje« (popis 2). Poleg tega pa smo naredili še dva popisa, in sicer na aluvialni terasi v bližini merilne ploskve »Rečna terasa«. Popise smo izbrali tako (preglednica 3), da ležijo v premici, ki je pravokotna na tok reke Save. Popis 5 leži neposredno ob reki, popis 3 je vzorčen na merilni ploskvi »Rečna terasa«, točki 4 in 2 pa sta bolj oddaljeni od reke, pri čemer popisna točka 2 leži v višje ležečem borovem gozdu, na raziskovalnem objektu »Borovje«.

### Temperatura zraka

Meritve temperature zraka in tal smo opravljali na raziskovalni ploskvi velikosti 10 m x 10 m v osrednjem delu raziskovalnega objekta »Otok«, na raziskovalni ploskvi velikosti 20 m x 20 m v osrednjem delu objekta »Rečna terasa« in na raziskovalni ploskvi velikosti 10 m x 10 m na negozdnem raziskovalnem objektu »Travnik«.

Temperaturo zraka smo v obdobju od 1.3.2007 do 31.12.2012 merili z avtomatskimi regulatorji temperature »i-button« (Dallas semiconductor) v zaklonu na 2 m višine, ki so beležili 15-minutne vrednosti. Registratorji temperature v zaklonih so bili na raziskovalnih ploskvah nameščeni v skladu z navodili ICP Forests (RASPE s sod. 2010). Za registratorje temperature je bil v okviru Slovenskega meteorološkega foruma na Agenciji republike Slovenije za okolje (ARSO) opravljen postopek kalibracije za temperaturo zraka (SINJUR & VERTAČNIK 2007). Pri dnevni temperaturah zraka je bil ugotovljen odklon med avtomatskimi registratorji temperature in avtomatsko meteorološko postajo za največ  $\pm 0,2$  °C.

Za dnevne in urne temperature zraka smo ugotavljali povprečne, minimalne in maksimalne vrednosti. Linearno povezanost posameznih spremenljivk za različne ploskve smo ugotavljali s Pearsonovimi koeficienti korelacije ( $r$ ), s Studentovim t-testom pa smo testirali razlike povprečnih vrednosti posameznih spremenljivk med ploskvami (STATSOFT INC. 2011). Enako je potekala tudi primerjava dnevni temperatur zraka, merjenih na referenčni merilni ploskvi »Travnik« z vrednostmi za Klimatološko postajo Ljubljana v obdobju 1.3.2007 do 31.12.2012 (arhiv ARSO).

### Kazalniki temperaturnega stresa

Iz merjenih temperatur zraka smo izračunali kazalnike temperaturnega stresa na raziskovalnih ploskvah ter jih primerjali s tistimi na Klimatološki postaji Ljubljana (ARSO). Ugotavljali smo naslednje kazalnike temperaturnega stresa:

- število dni s spomladansko slano: št. dni v mesecu aprilu in maju, ko minimalne dnevne temperature padejo pod 0 °C (BAYFORKLIM 1996);
- zadnja spomladanska slana: datum oz. julijanski dan (DOY) v mesecih april in maj, ko minimalne dnevne temperature padejo pod 0 °C (ŽUST 2009);
- prva jesenska slana: datum oz. julijanski dan (DOY) v mesecih september in oktober, ko minimalne dnevne temperature padejo pod 0 °C (ŽUST 2009);
- spomladanski prag + 5 °C: datum oz. julijanski dan (DOY) v mesecih april in maj, ko minimalne dnevne temperature vsaj 6 zaporednih dni presežejo + 5,0 °C (ŽUST 2009);
- jesenski prag + 5 °C: datum oz. julijanski dan (DOY) v mesecih september in oktober, ko minimalne dnevne temperature vsaj 6 zaporednih dni padejo pod + 5,0 °C (ŽUST 2009);
- dolžina vegetacijskega obdobja nad pragom + 5 °C je definirana z nastopom spomladanskega in jesenskega temperaturnega praga: število dni v letu z minimalnimi temperaturami zraka nad + 5,0 °C (ŽUST 2009).

### Temperatura tal

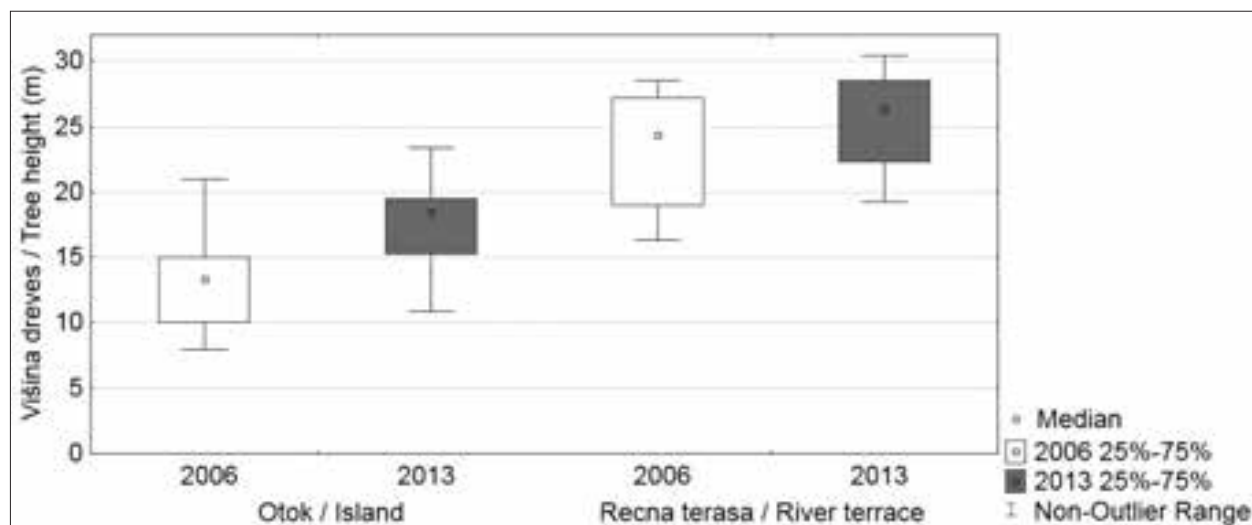
Temperaturo tal smo merili s prenosnim merilnikom za temperaturo tal (Votcraft DET1R Penetration Thermometer) na globini 0-10 cm v obdobju od 1.3.2007 do 31.12.2007. Meritve smo opravljali na vsaki izmed raziskovalnih ploskev na treh mestih. Meritve so potekale na 14 dni oziroma mesečno.

## REZULTATI

## Rastne značilnosti črnega topola

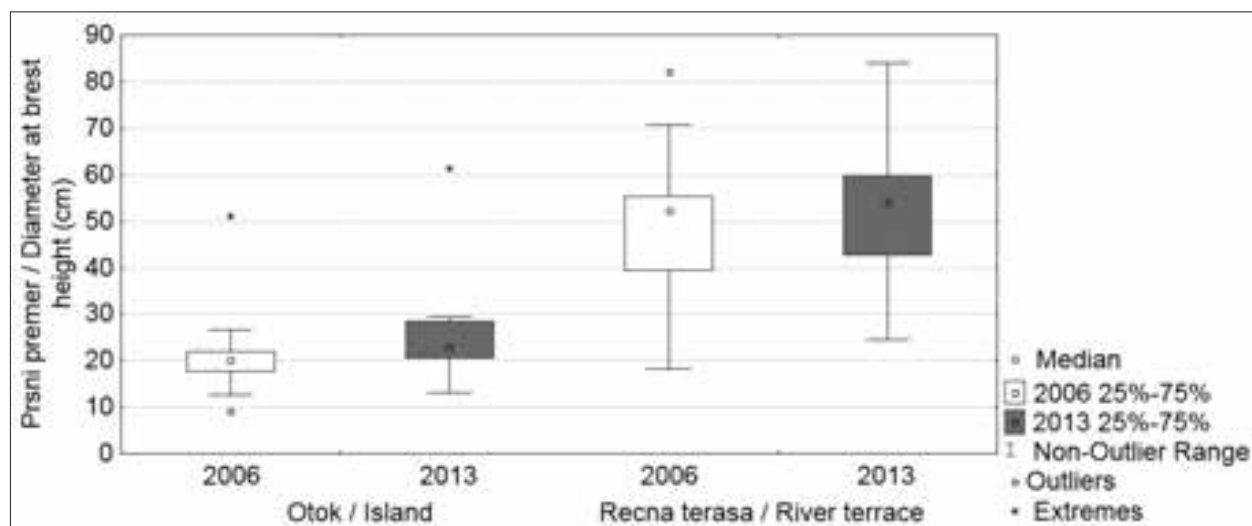
Mediana višine vzorčenih dreves črnega topola na raziskovalnem objektu »Rečna terasa« je znašala v letu 2006 24,4 m in v letu 2013 26,3 m. V primerjavi z raziskovalnim objektom »Otok« je bila v letu 2006 višina

dreves na objektu »Rečna terasa« višja za 45 % in v letu 2013 za 30 %. Mediana prsnih premerov debel na raziskovalnem objektu »Rečna terasa« je znašala 52,3 cm v letu 2006 in 54,1 cm v letu 2013 ter je bila za 62 % oziroma 58 % večja kot na objektu »Otok«.



Slika 3: Višine dreves črnega topola na raziskovalnih objektih »Rečna terasa« in »Otok«, merjene v letih 2006 in 2013, s prikazom kvartilov 25 % - 75 %

Figure 3: Height of black poplar trees at research sites »River terrace« and »Island«, measured in 2006 and 2013, including quartile range 25 % - 75 %



Slika 4: Premer dreves črnega topola na prsni višini debla 1,3m na raziskovalnih objektih »Rečna terasa« in »Otok« v letih 2006 in 2013, s prikazom kvartilov 25 % - 75 %, osamelcev in skrajnih vrednosti

Figure 4: Diameter at breast height of black poplar trees at research sites »River terrace« and »Island«, measured in 2006 and 2013, including quartile range 25 % - 75 %, outliers and extremes



Na raziskovalnem objektu »Otok« je bila ekstremna vrednost prsnega premera debla 51,0 cm v letu 2006 in 61,3 cm v letu 2013 (slika 4). To vzorčeno drevo, v letu 2006 je visoko 21,0 m, v letu 2013 pa 23,4 m, se močno razlikuje od vseh drugih dreves v sestoji, tako po debelini kot višini (preglednica 2). Raste na zgornjem območju raziskovalnega objekta ob rečni brežini v oddaljenosti 10 m od strnjene sestoji mehkih listavcev s črnim topolom, ki je v razvojni fazi drogovnjaka. Na raziskovalnem objektu »Rečna terasa« pa je imel črni topol osamelec v letu 2006 prsni premer debla 82,0 cm in višino 28,5 m (slika 4). Na raziskovalnem objektu »Rečna terasa« je bila povprečna višina vzorčenih črnih topolov v letu 2006 23,2 m, v letu 2013 pa 25,3 m. Povprečen premer debel na prsni višini je bil 49,3 cm v letu 2006, v letu 2013 pa 52,7 cm. Na

objektu »Rečna terasa« je bila povprečna višina vzorčenih dreves črnih topolov v razmerju glede na »Otok« 1:1,72, v letu 2006 ter 1:1,45 v letu 2013. Povprečen prsni premer je bil v razmerju 1:2,35 v letu 2006 ter 1:2,04 v letu 2013.

Porazdelitvi višin in prsnih premerov dreves sta bolj variabilni na raziskovalnem objektu »Otok« kot na objektu »Rečna terasa«. Iz koeficienta variacije je razvidno, da je bila porazdelitev izmerjenih prsnih premerov dreves na objektu »Otok« mnogo bolj variabilna (46 % in 43 %) kot na objektu »Rečna terasa« (29 % in 26 %) v letih 2006 in 2013, medtem ko je bila porazdelitev višin bolj variabilna na objektu »Otok« le v letu 2006 (30 % vs. 19 %), v letu 2013 pa že podobno variabilna kot na objektu »Rečna terasa« (21 % vs. 15 %).

Preglednica 2: Prikaz dendrometričnih značilnosti vzorčenih dreves črnega topola na raziskovalnih objektih »Otok« in »Rečna terasa« v letu 2006 in 2013. H je višina (m);  $D_{1,3}$  je premer dreves na višini debla 1,3 m (cm);  $H_{PRI}$  je povprečni letni višinski prirastek v letih od 2006 do 2013 (m);  $D_{PRI}$  je povprečni letni debelinski prirastek v letih od 2006 do 2013 (cm)

Table 2. Presentation of dendrometric characteristics of black poplar sample trees on research plots »Island« and »River terrace« in 2006 and 2013. Legend: H – height (m);  $D_{1,3}$  – diameter of trees at height of 1.3 m (in cm);  $H_{PRI}$  – average annual increment of height in the 2006 – 2013 period (in m);  $D_{PRI}$  – average diameter increment in the same period (in cm)

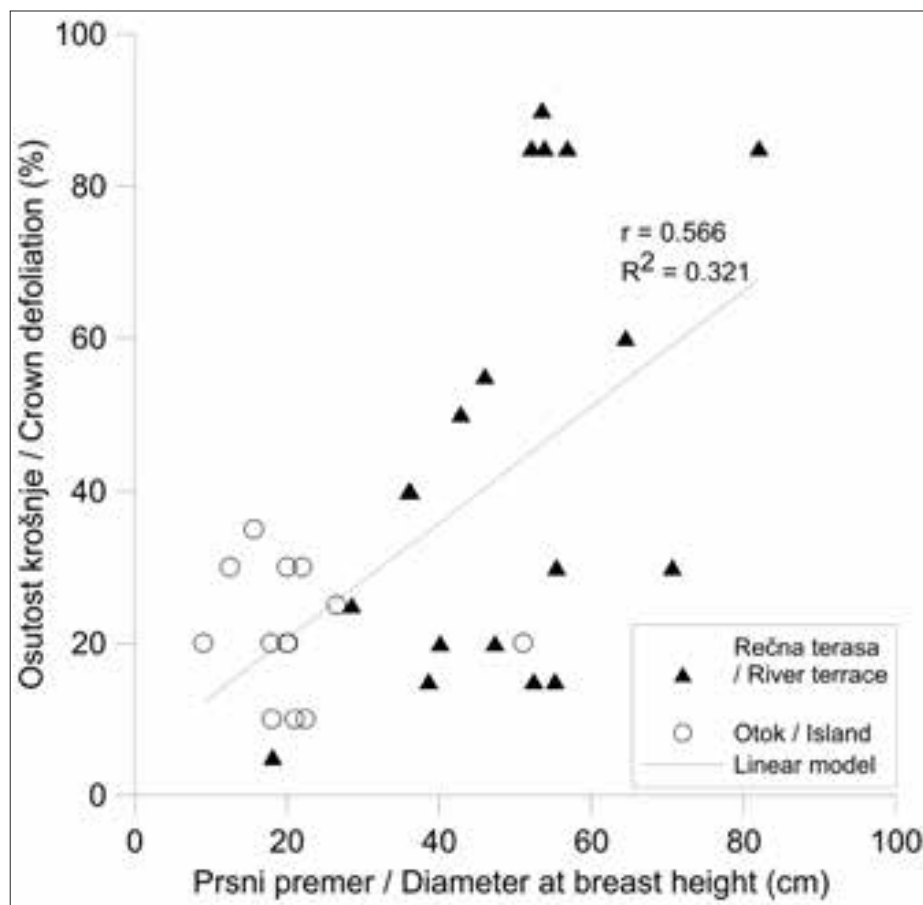
Raziskovalni objekt / Research plot	Otok / Island						Rečna terasa / River terrace					
	H (m)		$H_{PRI}$ (m)	$D_{1,3}$ (cm)		$D_{PRI}$ (cm)	H (m)		$H_{PRI}$ (m)	$D_{1,3}$ (cm)		$D_{PRI}$ (cm)
Leto / Year	2006	2013		2006	2013		2006	2013		2006	2013	
Min.	8,0	10,9	0,3	9,0	13,0	1,0	16,3	19,2	0,1	18,1	24,5	0,1
Max.	21,0	23,4	1,4	51,0	61,3	1,5	28,5	30,4	0,8	82,0	83,9	1,3
Mediana / Median	13,4	18,5	0,5	20,0	22,8	0,6	24,4	26,3	0,3	52,3	54,1	0,4
Aritmetična sredina / Mean	13,5	17,5	0,6	21,0	25,8	0,7	23,2	25,3	0,3	49,3	52,7	0,5
Koeficient variacije (%) / Coefficient of variation	30	21	56	46	43	56	19	15	62	29	26	64

Mediana povprečnega letnega višinskega prirastka ( $H_{PRI}$ ) na raziskovalnem objektu »Otok« znaša 0,5 m in je za 40 % večja kot na raziskovalnem objektu »Rečna terasa«. Mediana povprečnega letnega debelinskega prirastka ( $D_{PRI}$ ) na objektu »Otok« znaša 0,6 cm in je za 20 % večja kot na raziskovalnem objektu »Rečna terasa«. V sedemletnem obdobju preučevanja je povprečni letni višinski prirastek na raziskovalnem objektu »Otok« značilno večji kot na objektu »Rečna terasa« ( $p < 0,01$ ), medtem ko je povprečni letni debelinski prirastek enak kot na objektu »Rečna terasa« pri stopnji tveganja  $\alpha = 0,05$ . Obe porazdelitvi vrednosti sta podobno variabilni.

### Osutost krošenj dreves evropskega črnega topola

Osutost vzorčenih dreves črnega topola se veča z naraščanjem premera dreves ( $r = 0,566^{***}$ ) (slika 5). Posledično je osutost krošenj vzorčenih dreves črnega topola bolj izrazita na raziskovalnem objektu »Rečna terasa«, kjer prevladujejo drevesa z večjimi premeri kot na objektu »Otok«, kjer so premeri dreves v prsni višini debla v povprečju manjši od 30 cm.





Slika 5: Linearna odvisnost med prsnim premerom dreves črnega topola na višini debla 1,3 m (cm) ter osutostjo krošenj (%) na raziskovalnih objektih »Rečna terasa« in »Otok« v letu 2006

Figure 5: Linear correlation for diameter at breast height (cm) of black poplar trees and crown defoliation (%) at research sites »River terrace« and »Island«, measured in 2006

Povprečna osutost vzorčenih dreves črnega topola je na raziskovalnem objektu »Rečna terasa« 43,3 % in 20,7 % na objektu »Otok«. Pri upoštevanju, da je mediana najboljši kazalec centralne tendence tudi za unimodalne deformirane – na levo ali desno potegnjene porazdelitve, sklepamo, da je srednja vrednost osutosti drevesnih krošenj na objektu »Otok« precej manjša kot na objektu »Rečna terasa«. Enako velja tudi za primerjavo obeh najdebelejših vzorčenih drevesih črnega topola na preučevanih objektih. Obe drevesi z največjo vrednostjo prsnega premera imata na objektih »Otok« in »Rečna terasa« zelo različno stopnjo osutosti krošnje. Krošnja topola na objektu »Otok« je vitalna (20-odstotna osutost), medtem ko je krošnja topola na objektu »Rečna terasa« zelo močno poškodovana (85-odstotna osutost).

Na objektu »Rečna terasa« ima 40 % vzorčenih dreves vitalno krošnjo, 25 % srednje poškodovano, 10 % močno poškodovano in 25 % zelo močno poškodovano

vano krošnjo. Na objektu »Otok« ima 71 % dreves vitalno krošnjo in 29 % srednje poškodovano krošnjo, medtem ko dreves z močno in zelo močno poškodovano krošnjo nismo opazili. Iz koeficienta variacije je razvidno, da je porazdelitev osutosti drevesnih krošenj bolj variabilna na raziskovalnem objektu »Rečna terasa« (67 %) kot na objektu »Otok« (41 %).

### Vegetacijske značilnosti na izbranih rastiščih

V poplavnem območju reke Save smo v izbranih poplavnih gozdovih ugotovili (preglednica 3), da se črni topol pojavlja v ploskvi »Otok« (popis 1), v sestojih ob reki Savi in na aluvialni terasi (popisi 3-5), medtem ko ga ni višje na aluvialni terasi v obrežnih rdečeborovjih (popis 2). Črni topol se pojavlja vedno le v zgornji drevesni plasti. Nismo ga našli v zeliščni grmovni in podstojni drevesni plasti in se v obravnavanih poplavnih

gozdovih ne pomlajuje. Sestoji neposredno ob reki so enoplastni, medtem ko se v sestojih, ki so bolj oddaljeni od reke, oblikujeta dve plasti.

Drevesna plast v poplavnem gozdu na ploskvi »Otok« je enoplastna in jo gradita *Populus nigra* in *Salix purpurea*. V grmovni plasti poleg pionirskih drevesnih vrst, kot sta *Salix eleagnos* in *Salix purpurea*, najdemo tudi nekatere drevesne vrste, ki nakazujejo nadaljnji razvoj vegetacije, kot sta *Carpinus betulus* in *Quercus petraea*.

Popis neposredno ob reki Savi na ploskvi »Rečna terasa« (popis 5) je prav tako enoplasten, kjer je v drevesni plasti *Populus nigra* in *Salix eleagnos*, v grmovni plasti pa ni drevesnih vrst, ki bi nakazovale nadaljnji razvoj vegetacije, kot na objektu »Otok«.

V osrednjem delu sestoja na ploskvi »Rečna terasa« (popisa 3 in 4) je razvit dvoslojen sestoj, kjer v nadstojni plasti dominira *Populus nigra*, v podstojni pa so številne vrste, ki nakazujejo na boljše rastiščne razmere, to so *Alnus incana*, *Fraxinus excelsior*, *Acer negundo*, *Acer pseudoplatanus*, poleg pionirskih vrst, ki so vezane na pogoste poplave, kot sta vrsti *Salix eleagnos* in *Salix purpurea*.

Više na aluvialni terasi na ploskvi »Borovje«, kjer prevladujejo rdečeborovja, dominira *Pinus sylvestris*, poleg njega se v podstojni drevesni plasti pojavljajo tudi *Fraxinus excelsior*, *Tilia cordata* in *Quercus petraea*.

V grmovni plasti smo zabeležili v popisih številne grmovne vrste. Na ploskvah »Otok« (popis 1) in »Rečna

terasa«, ki leži neposredno ob reki Savi (popis 5), so pogostejše pionirske vrste, na primer *Salix eleagnos*, *Salix purpurea*, višje na terasi (popisa 3 in 4) se pojavljajo vrste, ki jih najdemo v mezofilnih listnatih gozdovih ali na njihovih robovih, kot sta *Lonicera caprifolium* in *Ligustrum vulgare* ter še nekatere druge.

Zeliščno plast grade v glavnem nitrofilne vrste: *Aegopodium podagraria*, *Galium aparine*, *Urtica dioica* in številne druge. Te vrste so neposredno ob reki Savi nekoliko manj zastopane (popisa 1 in 5), zelo bujno pa se razvijajo na globokih tleh rečne terase, medtem ko jih na plitvih tleh v borovju (popis 2) ne najdemo veliko. Z oddaljenostjo od reke se povečuje število vrst mezofilnih listnatih gozdov, kot so *Omphalodes verna*, *Lamium orvala*, *Salvia glutinosa* idr. V borovju se pojavljajo predvsem vrste, ki so značilne za plitva tla na karbonatih, npr. *Brachypodium rupestre*, *Euphorbia cyparissias*, *Centaurea scabiosa*. Na raziskovalni ploskvi »Otok« (popis 1) so tudi številne travniške vrste (*Poa pratensis*, *Festuca pratensis*, *Daucus carota*).

V tem območju se pojavijo tudi invazivne zeliščne vrste, in sicer neposredno ob reki, na območju pogostih poplav zlasti na ploskvi »Otok« in spodnjem delu ploskve »Rečna terasa« (popisa 1 in 5). Pogoste so tiste, ki uspevajo na plitvejših, inicialnih tleh, kot sta *Impatiens glandulifera* in *Solidago gigantea*. Na globljih tleh ploskve »Rečna terasa« (popisa 3 in 4) pa je vrsta *Fallopia japonica*. Na celotnem območju so številni drugi neofiti oz. invazivne vrste, kot so *Heliathemum tuberosum*, *Rudbeckia laciniata*, *Robinia pseudacacia*.

Preglednica 3: Sinoptična tabela drevesnih vrst v izbranih gozdnih sestojih. Legenda: t1 je zgornji drevesni sloj, t3 je spodnji drevesni sloj, s1 je grmovni sloj, hl je pritalna vegetacija

Table 3: Synoptic table of woody species in selected stands. Legend: t1 – upper tree layer, t3 lower tree layer, s1 - shrub layer, hl - herb layer

Raziskovalna ploskev / Research plot		Ploskev »Otok« / Plot »Island«	Ploskve »Rečna terasa« / Plots »River terrace«			Ploskev »Borovje« / Plot »Pine stand«
Vegetacijski popis / Relevé		1 <sup>(*)</sup>	5 <sup>(*)</sup>	3 <sup>(*)</sup>	4 <sup>(*)</sup>	2 <sup>(*)</sup>
<i>Populus nigra</i>	t1	3	1	3	3	.
<i>Salix eleagnos</i>	t1	.	2	.	.	.
<i>Salix eleagnos</i>	t3	.	.	+	1	.
<i>Salix eleagnos</i>	s1	+	1	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	t1	.	.	.	.	+
<i>Fraxinus excelsior</i>	t3	.	.	+	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	s1	+	.	.	+	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	hl	+	.	.	.	+
<i>Salix purpurea</i>	t1	+	.	.	.	.
<i>Salix purpurea</i>	t3	.	.	.	1	.
<i>Salix purpurea</i>	s1	+	1	.	.	.
<i>Salix purpurea</i>	hl	.	+	.	.	.
<i>Alnus incana</i>	t3	.	.	2	+	.
<i>Alnus incana</i>	s1	+	.	.	.	.
<i>Alnus incana</i>	hl	.	.	.	+	.
<i>Pinus sylvestris</i>	t1	.	.	.	.	3
<i>Pinus sylvestris</i>	s1	+	.	.	.	.

<i>Acer negundo</i>	t3	.	.	+	1	.
<i>Acer negundo</i>	s1	.	.	.	+	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	t3	.	.	1	+	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	s1	.	.	.	1	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	hl	.	.	+	+	.
<i>Carpinus betulus</i>	s1	1	.	.	.	+
<i>Carpinus betulus</i>	t1	+	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	hl	+	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	t3	.	.	.	.	1
<i>Tilia cordata</i>	s1	1	.	.	.	1
<i>Tilia cordata</i>	t3	.	.	.	.	2
<i>Quercus petraea</i>	s1	+	.	.	.	.
<i>Quercus petraea</i>	t3	.	.	.	.	+
<i>Tilia platyphyllos</i>	s1	+	.	.	.	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	hl	+	.	.	.	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	t3	.	.	.	.	+
<i>Robinia pseudacacia</i>	s1	+	.	.	.	.
<i>Robinia pseudacacia</i>	hl	.	.	.	+	.
<i>Salix fragilis</i>	s1	.	+	.	.	.
<i>Prunus avium</i>	s1	1	.	.	.	.
<i>Picea abies</i>	s1	+	.	.	.	.
<i>Acer platanoides</i>	hl	+	.	.	.	.
<i>Acer campestre</i>	hl	+	.	.	.	.
<i>Quercus sp.</i>	s1	.	.	.	.	1
<i>Fagus sylvatica</i>	hl	.	.	.	.	+

Opomba: (\*) Opis lokalitet:

Popis 1: Ploskev »Otok«, 11.4.2007, nadmorska višina 302 m, velikost popisne ploskve 100 m<sup>2</sup>, pokrovnost plasti: drevesna 30 %, grmovna 50 %, zeliščna 80 %, mahovna 0 %, število vrst v popisu 41.

Popis 2: Ploskev »Borovje«, 11.4.2007, nadmorska višina 300 m, velikost popisne ploskve 400 m<sup>2</sup>, pokrovnost plasti: drevesna 50 %, grmovna 50 %, zeliščna 100 %, mahovna 10 %, število vrst v popisu 54.

Popis 3: Ploskev »Rečna terasa«, obrežni gozd, pri točki za merjenje temperature, 11.4.2007, nadmorska višina 296 m, velikost popisne ploskve 300 m<sup>2</sup>, pokrovnost plasti: drevesna 50 %, grmovna 30 %, zeliščna 95 %, število vrst v popisu 45.

Popis 4: Ploskev »Rečna terasa«, obrežni gozd, od točke za merjenje temperature v smeri rečne terase (stran od reke), 11.4.2007, nadmorska višina 296 m, velikost popisne ploskve 400 m<sup>2</sup>, pokrovnost plasti: drevesna 40 %, grmovna 30 %, zeliščna 100 %, mahovna 0 %, število vrst v popisu 47.

Popis 5: Ploskev »Rečna terasa«, vrbovja s topoli, levo od poti, tik nad reko Savo, 11.4.2007, nadmorska višina 295 m, velikost popisne ploskve 100 m<sup>2</sup>, pokrovnost plasti: drevesna 30 %, grmovna 50 %, zeliščna 80 %, število vrst v popisu 41.

Note: (\*) Description of localities:

Relevé 1: Plot »Island«, 11.4.2007, altitude 302 m, plot size 100 m<sup>2</sup>, cover layers: trees 30%, shrubs 50%, herbs 80 %, moss 0%, number of species per relevé 41.

Relevé 2: Plot »Pine stand«, 11.4.2007, altitude 300 m, plot size 400 m<sup>2</sup>, cover layers: trees 50%, shrubs 50%, herbs 100%, moss 10%, number of species per relevé 54.

Relevé 3: Plot »River terrace«, riparian forest, at temperature measuring point, 11.4.2007, altitude 296 m, plot size 300 m<sup>2</sup>, cover layers: trees 50%, shrubs 30%, herbs 95%, number of species per relevé 45.

Relevé 4: Plot »River terrace«, riparian forest, from temperature measuring point in direction of the river terrace (away from the river), 11.4.2007, altitude 296 m, plot size 400 m<sup>2</sup>, cover layers: trees 40%, shrubs 30%, herbs 100%, moss 0%, number of species per relevé 47.

Relevé 5: Plot »River terrace«, willows with poplars, left from the path, just above the Sava river, 11.4.2007, altitude 295 m, plot size 100 m<sup>2</sup>, cover layers: trees 30%, shrubs 50%, herbs 80%, number of species per relevé 41.

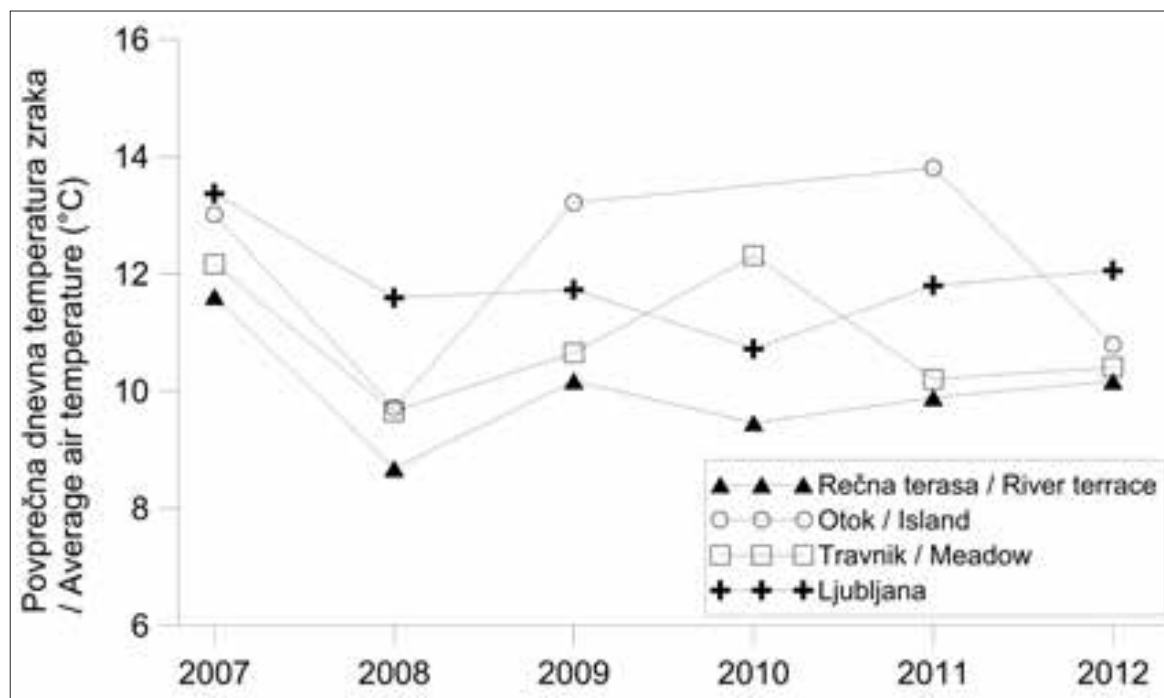
## Temperatura zraka

V obdobju meritev so bile na Klimatološki postaji Ljubljana povprečne dnevne temperature zraka najvišje v letu 2007 (13,4 °C), najnižje pa v letu 2010 (10,7 °C) (slika 6).

Na raziskovalni ploskvi »Rečna terasa« so bile povprečne dnevne temperature zraka najvišje v letu

2007 (11,6 °C), na »Otoku« v letu 2011 (13,8 °C), na »Travniku« pa v letu 2010 (12,3 °C). Najnižje povprečne dnevne temperature zraka smo izmerili leta 2008 na raziskovalnih ploskvah »Rečna terasa« (8,7 °C), »Otok« (9,7 °C) in »Travnik« (9,7 °C).

Povprečna dnevna temperatura zraka je bila v opazovanem obdobju najnižja na ploskvi »Rečna terasa« (10,0 °C), sledita »Travnik« (10,8 °C) in Klimatolo-



Slika 6: Povprečne dnevne temperature zraka na raziskovalnih ploskvah »Rečna terasa«, »Otok«, »Travnik« in na Klimatološki postaji Ljubljana (vir: ARSO) v obdobju od 1.3.2007 do 31.12.2012

Figure 6: Mean daily air temperatures at research plots »River terrace«, »Island«, »Meadow« and Climatological Station Ljubljana (ARSO archive) from 1.3.2007 to 31.12.2012

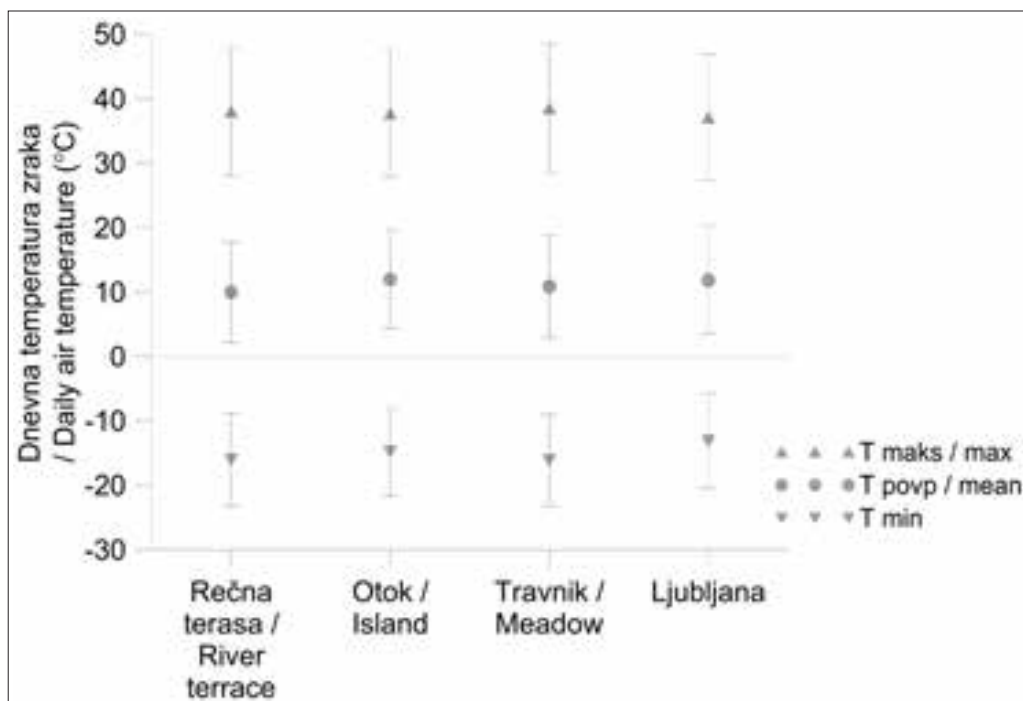
ška postaja Ljubljana (11,8 °C), najvišja pa na ploskvi »Otok« (12,0 °C) (slika 6). Največji razpon povprečnih dnevni temperatur zraka smo zabeležili na ploskvi »Travnik« (med -16,1 °C in 38,5 °C), sledita ji »Rečna terasa« (med -16,0 °C in 38,0 °C) in »Otok« (med -14,7 °C in 37,7 °C), najmanjši razpon pa smo izmerili na Klimatološki postaji Ljubljana (med -13,1 °C in 37,1 °C).

Linearna povezanost dnevni temperatur zraka je bila največja na ploskvah »Rečna terasa« in »Travnik« ( $r = 0,999^{***}$ ), sledita »Otok« in »Travnik« ( $r = 0,996^{***}$ ) ter »Rečna terasa« in »Otok« ( $r = 0,995^{***}$ ). Pearsonov koeficient korelacije ( $r$ ) med povprečnimi dnevnimi temperaturami zraka na Klimatološki postaji Ljublja-

na (ARSO) in »Travniku« je bil  $0,992^{***}$ , enako tudi za »Otok«, za »Rečno teraso« pa je  $r$  znašal  $0,991^{***}$ .

Razlike v dnevnih temperaturah zraka med ploskvami »Rečna terasa«, »Otok« in »Travnik« so statistično značilne pri stopnji tveganja  $p < 0,01$  (preglednica 3). Povprečne dnevne temperature zraka na Klimatološki postaji Ljubljana (ARSO) so statistično značilno različne (pri stopnji tveganja  $p < 0,01$ ) od temperatur zraka na ploskvah »Rečna terasa« in »Travnik«. Nismo pa ugotovili statistično značilnih razlik med povprečnimi dnevnimi temperaturami zraka na ploskvi »Otok« in Klimatološko postajo Ljubljana (ARSO) (preglednica 4).





Slika 7: Povprečne, minimalne in maksimalne dnevne temperature zraka na raziskovalnih ploskvah »Rečna terasa«, »Otok«, »Travnik« in na Klimatološki postaji Ljubljana (vir: ARSO) v obdobju 1.3.2007 do 31.12.2012

Figure 7: Mean, minimum and maximum daily air temperatures at research plots »River terrace«, »Island«, »Meadow« and Climatological Station Ljubljana (ARSO archive) in the period from 1.3.2007 - 31.12.2012

Preglednica 4: Rezultati t-testa za razlike v povprečnih dnevni temperaturah zraka na raziskovalnih ploskvah »Rečna terasa«, »Otok«, »Travnik« in na Klimatološki postaji Ljubljana v obdobju 1.3.2007 do 31.12.2012. Statistično značilni koeficienti so označeni s krepko pisavo ( $p < 0,05$ ),  $p < 0,01$  pa s poševno pisavo.

Table 4: Results of the t-test for mean daily air temperatures at the research plots »River terrace«, »Island«, »Meadow« and Climatological Station Ljubljana in the period 1.3.2007 - 31.12.2012. Statistically significant coefficients are in bold ( $p < 0.05$ ), for  $p < 0.01$  in italics

Var. 1 / Var. 2	Povprečje / Mean Var. 1	Povprečje / Mean Var. 2	t-value	df	p	N Var. 1	N Var. 2
Rečna terasa / Otok River terrace / Island	10.0	12.0	-7.1	3098	<b>0.000</b>	1938	1162
Rečna terasa / Travnik River terrace / Meadow	10.0	10.8	-3.5	3772	<b>0.001</b>	1938	1836
Rečna terasa / Ljubljana River terrace / Ljubljana	10.0	11.8	-7.4	4069	<b>0.000</b>	1938	2133
Otok / Travnik Island / Meadow	12.0	10.8	3.9	2996	<b>0.000</b>	1162	1836
Otok / Ljubljana Island / Ljubljana	12.0	11.8	0.5	3293	0.612	1162	2133
Travnik / Ljubljana Meadow / Ljubljana	10.8	11.8	-3.8	3967	<b>0.000</b>	1836	2133

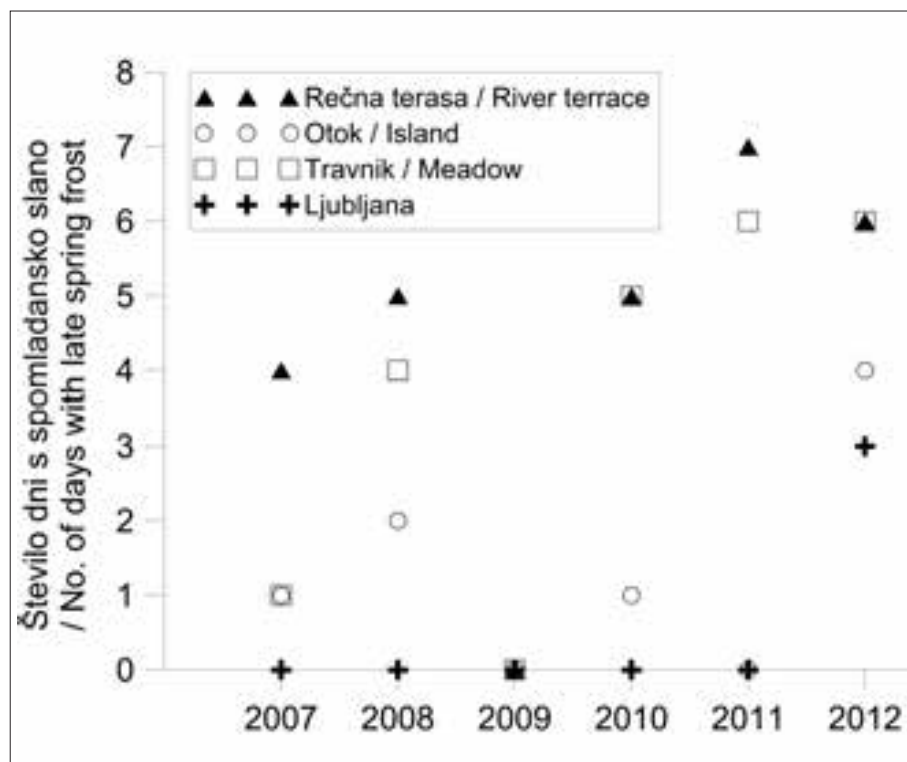
### Kazalniki temperaturnega stresa

V času intenzivnega olistanja so rastline najbolj občutljive in ranljive zaradi spomladanske slane (Howe s sod. 2000). RASPE s sodelavci (2010) navaja kot po-

memben kazalnik temperaturnega stresa pojavljanje spomladanske slane, ki nastopi, če so v mesecih aprilu in maju minimalne dnevne temperature zraka enake ali nižje od 0 °C (BAYFORKLIM 1996). V opazovanem obdobju je na obravnavanih ploskvah prišlo do pona-

vljajoče se spomladanske slane vsako leto v aprilu, razen v letu 2009. Na Klimatološki postaji Ljubljana (ARSO) je bila spomladanska slana zabeležena le v prvi polovici aprila 2012 (slika 8). V mesecu maju spomladanske slane nismo zabeležili na nobeni ploskvi. Naj-

večkrat je bila v obravnavanem obdobju spomladanska slana ugotovljena na ploskvi »Rečna terasa« (27 dni), sledita »Travnik« (22 dni) in »Otok« (22 dni), najmanjkrat pa na Klimatološki postaji Ljubljana (3 dnevi v aprilu 2012).



Slika 8: Število dni s spomladansko slano na raziskovalnih ploskvah »Rečna terasa«, »Otok«, »Travnik« in na Klimatološki postaji Ljubljana (vir: ARSO) v obdobju od 1.3.2007 do 31.12.2012

Figure 8: Number of days with late spring frost at research plots »River terrace«, »Island«, »Meadow« and Climatological Station Ljubljana (ARSO archive) in the period from 1.3.2007 - 31.12.2012

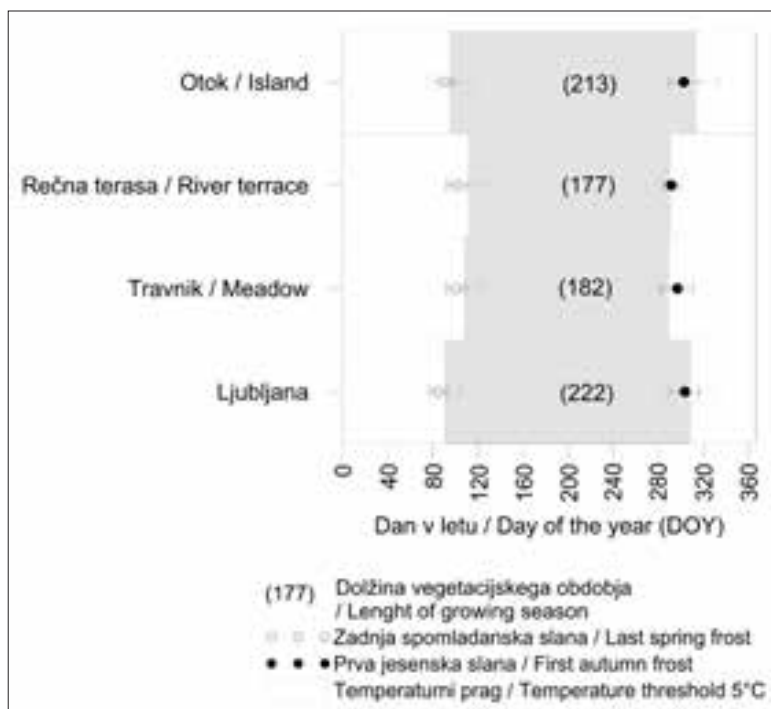
Dolžina vegetacijskega obdobja nad pragom  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$  je število dni v letu z minimalnimi temperaturami zraka nad  $+5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Žust 2009). Najdaljše vegetacijsko obdobje smo izračunali na Klimatološki postaji Ljubljana (ARSO) (222 dni), sledi ploskev »Otok« (213 dni), nato »Travnik« (182 dni), najkrajše vegetacijsko obdobje pa smo izračunali na ploskvi »Rečna terasa« (177 dni) (slika 9).

### Temperatura tal

V merjenem obdobju so bile povprečne temperature tal na globini od 0 do 10 cm na raziskovalnih ploskvah »Rečna terasa« in »Otok« najvišje v letu 2010, in sicer

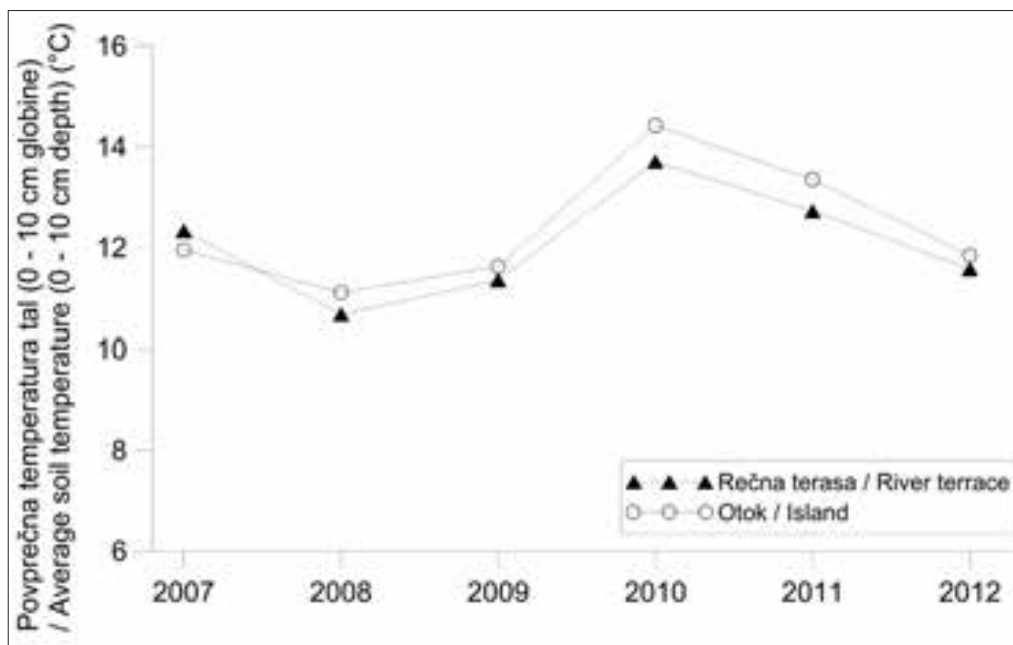
na ploskvi »Rečna terasa«  $13,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  ter »Otok«  $14,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Najnižje temperature tal smo izmerili na omenjenih ploskvah v letu 2008, in sicer na raziskovalni ploskvi »Rečna terasa«  $10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  in »Otok«  $11,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (slika 10).

Povprečne temperature tal od 0 - 10 cm globine so bile v merilnem obdobju od 1.3.2007 do 31.12.2012 na obeh ploskvah zelo podobne: na ploskvi »Otok«  $12,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , na ploskvi »Rečna terasa«  $12,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nismo ugotovili statistično značilnih razlik med merjenimi temperaturami tal na ploskvi »Otok« in »Rečna terasa«. Letna povprečja merjenih temperatur tal na ploskvi »Otok« so bila vsa leta za  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  višja kot na ploskvi »Rečna terasa«, razen leta 2007, ko je bilo letno povprečje merjenih temperatur tal višje na ploskvi »Rečna terasa« za  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  (slika 10).



Slika 9: Spomladanski in jesenski prag + 5 °C, zadnja spomladanska slana, prva jesenska slana (dan v letu) in dolžina vegetacijskega obdobja nad pragom + 5 °C (število dni) na raziskovalnih ploskvah »Rečna terasa«, »Otok«, »Travnik« in na Klimatološki postaji Ljubljana (vir: ARSO) v obdobju od 1.3.2007 do 31.12.2012

Figure 9: Spring and autumn threshold + 5°C, late spring frost, autumn frost (day of the year) and length of growing season (number of days) at research sites »River terrace«, »Island«, »Meadow« and Climatological Station Ljubljana (ARSO archive) in the period from 1.3.2007 - 31.12.2012



Slika 10: Povprečna temperatura tal (°C) na globini od 0 - 10 cm na raziskovalnih ploskvah »Rečna terasa« in »Otok« v obdobju od 1.3.2007 do 31.12.2012

Figure 10: Mean soil temperature (°C) at 0-10 cm depth at research sites »River terrace« and »Island« in the period from 1.3.2007 - 31.12.2012

## RAZPRAVA

**Rastne značilnosti črnega topola**

Sestoja črnega topola na raziskovalnih objektih »Otok« in »Rečna terasa« se razlikujeta glede višine in prsnih premerov dreves. Na objektu »Otok« je variabilnost v višini in prsnem premeru dreves bistveno večja kot na objektu »Rečna terasa«. Velika variabilnost je posledica počasnega osvajanja praznega prostora na inicialnih tleh v ekološko zaostrenih razmerah. Dendrometrične lastnosti dreves na objektu »Rečna terasa« niso tako variabilne kot na objektu »Otok«. Takšno stanje je pričakovano, saj se črni topol v starejšem poplavnem gozdu pojavlja enomerno v nadraslem oziroma soraslem položaju. Na raziskovalnem objektu »Rečna terasa« so imeli črni topoli v letu 2006 v povprečju za 1,72-krat večjo drevesno višino in za 2,35-krat večji premer kot drevesa na raziskovalnem objektu »Otok«; v letu 2013 pa v povprečju za 1,45-krat večjo drevesno višino in za 2,04-krat večji premer kot na raziskovalnem objektu »Otok«. To nakazuje tudi na večje razlike v povprečni starosti vzorčenih dreves med preučevanima objektoma. Sestoj črnega topola na objektu »Otok«, ki je v mlajši razvojni fazi, ima značilno večji povprečni letni višinski prirastek v preučevanem sedemletnem obdobju kot pa sestoj črnega topola v starejši razvojni fazi na objektu »Rečna terasa«.

**Osutost krošenj dreves evropskega črnega topola**

Črni topoli na raziskovalnih objektih »Otok« in »Rečna terasa« se razlikujejo po vitalnosti krošenj. Osutost vzorčenih dreves črnega topola se veča z naraščanjem premera dreves. Rezultati nakazujejo dinamične procese v razvoju avtohtone populacije črnega topola ob reki Savi. Črni topol lahko postane ogrožen v vseh obdobjih življenjskega razvoja zaradi sprememb v preskrbljenosti s talno vodo (CAGELLI & LEFÉVRE 1995), zato je smiselno dinamične procese, ki smo jim priča v poplavnem svetu, načrtno usmerjati v aktivno varstvo ugodnih rastiščnih razmer za zagotavljanje naravnega pomlajevanja in ohranjanja vitalnosti zrelih dreves. Pomlajevanje sestojev je mogoče zagotoviti z ohranjanjem dinamike rek in s tem periodičnosti poplav, priporočljivo pa je tudi načrtno ohranjanje ustreznega števila starejših dreves, ki so vir za nasemenitev.

**Vegetacijske značilnosti na izbranih rastiščih**

Na preučevanem območju lahko opazimo zonacijo, ki je značilna za zgornje in delno srednje tokove rek in se bistveno razlikuje od spodnjih tokov (ČARNI s sod. 2008). Sestoja neposredno ob reki Savi lahko uvrstimo v asociacijo *Salicetum incano-purpureae* Siliger 1933 (popisa 1 in 5), ki jo uvrščamo v zvezo *Salicion eleagno-daphnoidis* Moor 1958, Grass 1993, red *Salicetalia purpureae* Moor 1958 in razred *Salicetea purpureae* Moor 1958. Sestoje na rečni terasi uvrščamo v asociacijo *Lamio orvalae-Alnetum incanae* Dakskobler 2010 (popisa 3 in 4), zvezo *Alnion incanae* Pawłowski in Pawłowski s sod. 1928, red *Fraxinetalia* Scamoni et Passarge 1959 in razred *Populetea albae* Br.-Bl. 1962. Sestoje rdečega bora na višjem položaju aluvialne terase pa uvrščamo v asociacijo v *Brachypodio-Pinetum sylvestris* Zupančič & Žagar 1997 (popis 2), zvezo *Erico-Pinion sylvestris* Br.-Bl. in Br.-Bl. s sod. 1936 nom. invers. propos., red *Erico-Pinetalia* Horvat 1959 in razred *Erico-Pinetea* Horvat 1959.

Obrečni gozdovi so v skladu z Uredbo o habitatnih tipih (2003) obravnavani kot habitat, ki ga obravnavamo prednostno. Obrečni gozdovi so ogroženi zaradi delovanja človeka, ki intenzivno posega v obrečni prostor (npr. graditev hidroelektrarn) in spreminja rečni režim (obramba pred poplavami). Na osnovi naših raziskav lahko ugotovimo, da so obravnavani gozdovi dobro ohranjeni in se v njihove habitate v zadnjem obdobju ni posegalo. Zato jih moramo, tudi v skladu z veljavno zakonodajo, ustrezno varovati v prihodnje. Za dinamično prepletanje različnih stadijev in faz omenjenih rastlinskih združb je treba zagotoviti ustrezno dinamiko rečnega režima, ki prinaša in odnaša naplavine, hkrati pa vpliva tudi na druge ekološke razmere na tem območju.

Ti gozdovi so zelo ogroženi zaradi pojavljanja številnih neofitov, ki so pogosto invazivni. Tok reke Save prinaša propagule invazivnih vrst in jih ob poplavih odloži. S hranili bogata in občasno motena rastišča so ugodni habitati za številne invazivne vrste (ŠILC s sod. 2012, P. KOŠIR s sod. 2013). V preučevanem območju smo identificirali pojavnost invazivnih zeliščnih vrst, ki so neposredno ob reki, na območju pogostih poplav (popisa 1 in 5). Na plitvejših, inicialnih tleh uspevata *Impatiens glandulifera* in *Solidago gigantea*. Globlja tla na ploskvi »Rečna terasa« (popisa 3 in 4) naseljuje vrsta *Fallopia japonica*. Na celotnem območju so še številne druge neofitne oz. invazivne vrste, npr. *Helium tuberosum*, *Rudbeckia laciniata*, *Robinia pseudoacacia*. Podobne razmere so ugotovili tudi razisko-



valci DORINGO s sod. 2012, SZYMURA & SZYMURA 2013, DYAKOV & ZHELEV 2013, ki glede naselitve invazivnih vrst *Impatiens glandulifera* in *Solidago gigantea* neposredno ob rekah navajajo njihovo večjo konkurenčno sposobnost za uspevanje na inicialnih tleh. Glede pojavljanja invazivnih vrst *Fallopia japonica* in *Acer negundo* na bogatejših tleh pa navajajo njihovo večjo konkurenčno sposobnost zaradi manjše občutljivosti za večja temperaturna nihanja.

Sinsistematska uvrstitev odseva tudi ekološke razmere v preučevanih raziskovalnih objektih »Otok« in »Rečna terasa«. Na rastiščih, ki so neposredno ob reki, so pogoste poplave, kar slabo vpliva na razvoj talnih horizontov, hkrati pa bližina vode blaži temperature ekstreme, saj so v teh sestojih temperaturni ekstremi bistveno manjši (merilna postaja »Otok«). V teh razmerah se razvijajo trajni sestoji, ki jih lahko označimo kot paraklimaks (SALAZAR s sod. 2010). V popisu na ploskvi za merjenje temperature »Otok« (popis 1) opazimo določen delež rastiščno bolj zahtevnih drevesnih vrst (npr. gaber), ki kažejo, da se vegetacija tu ne razvija v smeri borovja kot na revnih tleh na aluvialni terasi. Odloženi mulj omogoča preživetje številnim bolj zahtevnim drevesnim in zeliščnim rastlinskim vrstam.

Na popisnih ploskvah »Otok«, »Rečna terasa« in »Borovje« nismo opazili črnega topola v zeliščni in grmovni ploskvi. Črni topol se sicer pomlajuje neposredno ob reki Savi, kjer so ustrezne razmere, in sicer dinamika poplav, dovolj osončeno rastišče in ustrezne (bolj mile) temperaturne razmere. V sklenjenih sestojih lahko heliofilni črni topol uspeva le v nadstojni drevesni plasti (popisi 1, 2 - 4), v teh sestojih se ne pomlaja. Brez pomlajevanja bo ta vrsta postopoma izgnila iz sestojev. Za črni topol je treba ohraniti ustrezna rastišča ob reki, ki bo prinašala in odnašala naplavine ter ustvarjala ugodne ekološke razmere, potrebne za pomlajevanje črnega topola.

### Temperaturne razlike med izbranimi rastišči

Poleg naštetih ključnih dejavnikov tudi mikroklimatske razmere v poplavnih gozdovih vplivajo na stanje obrečnih habitatov (MOORE, SPITTLEHOUSE & STORY 2005). Črni topol je drevesna vrsta, za katero v jesenskem času nastopi endodormanca, ki pomeni pomembno prilagoditveno strategijo na različne stresne dejavnike, tudi zmrzal (HOWE s sod. 2000). Zaključek rasti in formiranje popkov v jeseni ter nastop fenološke faze olistanja spomladi se razlikujejo za različne genotipe črnega topola in hkrati odsevajo dolžino vegetacijskega obdobja naravnega rastišča obravnavanega genotipa (*ibid.*).

Omejitev raziskave na pet let ne omogoča popolnega vpogleda v splošne temperaturne razmere na obravnavanih raziskovalnih ploskvah. Rezultati naše raziskave nakazujejo, da se izmerjene temperature in kazalniki temperaturnega stresa v poplavnih gozdovih precej razlikujejo glede na mesto meritve (rečna terasa, otok) in tip vegetacije (poplavni gozd, travnik). Med posameznimi ploskvami smo ugotovili razlike v temperaturnih razmerah, kljub temu da ležijo v neposredni bližini. Tako so bile temperature zraka v sestoji na ploskvi »Otok« višje kot na ploskvi »Rečna terasa«, ugotovljeno je bilo manjše število dni s spomladansko slano (19) in 36 dni daljše vegetacijsko obdobje.

V nasprotju s pričakovanji nismo ugotovili znatnih razlik med temperaturnimi razmerami na ploskvi »Travnik« in sestojem na ploskvi »Rečna terasa«, kljub drugačnemu tipu vegetacije na obravnavanih ploskvah. Ti rezultati so v nasprotju z ugotovitvami več avtorjev (LIECHTY s sod. 1992; MORECROFT, TAYLOR & OLIVER 1998; VILHAR s sod. 2006), ki poročajo o ekstremnejših temperaturnih razmerah na odprtih površinah in v sestojnih vrzelih v primerjavi s sklenjenimi sestoji. Na odprtih površinah na rečni terasi smo zaradi večjega sončnega obsevanja in večje hitrosti vetra pričakovali višje temperature zraka in tal ter nižjo relativno zračno vlago (MOORE, SPITTLEHOUSE & STORY 2005). Blaženje temperaturnih ekstremov na ploskvah »Otok« in »Travnik« je najverjetneje posledica vpliva reke Save. Številni avtorji namreč ugotavljajo, da mokrišča, jezera in reke hladijo okolico (SUN s sod. 2012) in z ustvarjanjem »urbanah hladnih otokov« (angl. urban cooling islands) opravljajo pomembno ekosistemsko storitev uravnavanja klime v urbanih okoljih (COSTANZA s sod. 1997).

Temperaturne razmere na Klimatološki postaji Ljubljana, ki je najbližja obravnavanim poplavnim gozdovom, se razlikujejo od razmer na obravnavanih raziskovalnih ploskvah v poplavnih gozdovih ob reki Savi. Primerjava dnevni temperatur zraka na Klimatološki postaji Ljubljana in ploskvi »Travnik« je namreč pokazala, da je bil razpon dnevni temperatur zraka v Ljubljani za 4,4 °C manjši, povprečna dnevna temperatura zraka pa je bila v povprečju višja za 1°C kot na »Travniku«, pri čemer smo v Ljubljani ugotovili višje temperature zraka tako v zimskem času kot v vegetacijskem obdobju. Spomladanska slana je bila na Klimatološki postaji Ljubljana ugotovljena le tri dni v letu 2012, na »Travniku« vsa leta v teku naše raziskave, skupno število dni s spomladansko slano pa je bilo 22 dni. Na Klimatološki postaji Ljubljana je bilo vegetacijsko obdobje v povprečju 40 dni daljše kot na »Travniku«, kar kaže na bolj mile temperaturne razmere v Ljubljani. Razlike v temperaturnih razmerah med Klimatološko

postajo Ljubljana in obravnavanimi raziskovalnimi ploskvami v poplavnem gozdu reke Save so posledica oddaljenosti Klimatološke postaje od raziskovalnih ploskev ter vpliva urbanega središča na višje temperature zraka (HAMADA & OHTA 2010). Na podlagi rezultatov raziskave sklepamo, da so za ugotavljanje temperaturnih razmer za potrebe modeliranja različnih procesov ali ugotavljanja optimalnih rastiščnih razmer za ohranitev procesov pomlajevanja črnega topola v poplavnih gozdovih potrebne meritve v neposredni bližini

ni obravnavanih habitatov. Povzemanje vremenskih podatkov z oddaljenih uradnih klimatoloških postaj se je v naši raziskavi izkazalo kot neprimerno.

Kazalniki temperaturnega stresa, kot so število dni s spomladansko ali jesensko slano, ter trajanje vegetacijskega obdobja so dobri pokazatelji temperaturnih razmer na določenem rastišču. Ti so bolj informativni kot povprečne, minimalne in maksimalne temperature zraka, saj kažejo na pomembne temperaturne pragove za letni razvoj rastlin.

## ZAKLJUČKI

V prispevku smo obravnavali poplavno območje ob reki Savi. Ugotovili smo, da so na tem območju dobro ohranjeni tipični obrečni sestoji z značilno zonacijo vegetacije, ki bi jih bilo treba varovati. V teh sestojih se pojavlja črni topol, ki je prepuščen naravnemu razvoju in ga lahko uvrstimo med indikatorske vrste za oceno ohranjenosti nižinskih logov. Pojavljanje črnega topola je povezano z njegovim pomlajevanjem na poplavnem območju, pri čemer bližina reke ne vpliva nanj samo z dinamiko poplav, marveč vpliva tudi na temperaturni režim, saj blaži jesenske in pozne spomladanske pozebe.

Glede na to, da se črni topol pomlajuje le neposredno ob reki in se v starejših sestojih pojavlja le v nadstojni plasti, bi veljalo v teh sestojih preiti tudi k aktivnemu varovanju posameznih vitalnih odraslih dreves. Za uspešno naravno obnovo črnega topola je namreč potrebno dovolj veliko število odraslih dreves, ki bi nam rabili kot genska banka, zlasti v primeru, ko bi se dinamika reke spremenila in naravno pomlajevanje ne bi bilo mogoče. Tako bi lahko drevesa namnožili v drevsnici in jih potem ponovno nasadili na teh rastiščih in s tem ohranili pomemben del naše naravne genetske dediščine.

## SUMMARY

European black poplar (*Populus nigra* L.) is a typical pioneer species growing in riparian mixed forest together with willows, alder, maple, elm, ash. In colonization phases it follows the hygrophilous pioneer forests characterized by *Salix*. The dynamics of the populations and different phases of colonization are directly related to the river dynamics (CAGELLI & LEFÉVRE 1995). From the biological - ecological point of view, black poplar is irreplaceable tree species in riparian forest communities that can become endangered at all stages of life development due to changes in site conditions despite its wide ecological amplitude (VANDEN BROECK 2003).

In our study we investigate the growth, vegetation and temperature characteristics of the two native European black poplar stands on the selected floodplain forest sites along the Sava River in Ljubljana vicinity. The aim of this study is to gain new insights for the preparation of professional in-depth measures to preserve regeneration processes of black poplar in riparian mixed forests in Slovenia. For this, knowledge on

the favourable growing conditions is needed, in which a species can regenerate successfully.

Mature and young regeneration stages of forest stands were selected along the river Sava on the island and floodplain terrace in natural habitats of black poplar, including a meadow. Growth characteristics of native black poplars were assessed by tree morphological characteristics (height of the tree, the diameter of the tree) and compared for the years 2006 and 2013. Crown defoliation was assessed for sampled black poplar trees in 2007. Vegetation of the selected floodplain forest was identified by comparing the plant communities sampled in selected forest stands. Based on measurements of air temperature at selected research plots, we analyzed temperature characteristics in the natural habitats of the black poplar in the floodplain forests, assessing different temperature stress indicators such as number of days with late spring frost, autumn frost, the length of the growing season with air temperatures above the threshold of + 5 °C and soil temperature in the 2007-2012 period. Temperature conditions from

the meadow were also compared to the temperature conditions at the Climatological Station Ljubljana.

Results of this study indicate that black poplar trees on the river island differ from the trees growing on river terraces in their horizontal stand structure. The tree height and diameter variability was significantly greater for black poplar trees on the river island compared to the river terrace. Furthermore, crown defoliation of trees is higher on the river terrace with the mature forest stand compared to the river island with younger stand.

According to the vegetation survey, a zonation of vegetation was demonstrated, which is typical for the upper and middle parts of the river flows and significantly differs from the lower river flows. Stands closer to the river Sava banks belong to the association *Salicetum incano-purpureae*, which is affiliated to the *Salicion eleagno-daphnoidis*, stands on the river terrace belong to the association *Lamia orvalae-Alnetum incanae*, *Alnion incanae*, *Fraxinetalia* and *Populetea albae*. Based on our results, we conclude that the selected forest stands are well preserved forests and have lately not been significantly exposed to negative human impact. However, the black poplar occurrence is related to re-

juvenation of this species in the flood zone. The proximity of the river influences the success of the rejuvenation with flood dynamics and also affects the temperature regime, alleviating autumn and late spring frosts.

A comparison of temperature conditions shows that the measured temperature indicators and temperature stress in flooded forests vary considerably depending on the location of measurement (river terrace, river island) and on the type of vegetation (floodplain forest, meadow). Differences in temperature conditions were found between the research plots, although they are located in the immediate vicinity and on the same river terrace. We also noted that the temperature conditions at the Ljubljana Climatological Station, which is closest to the considered flood forests, do not reflect the temperature conditions of floodplain forests along the river Sava. Given that the black poplar naturally regenerates only directly on the river banks and not in older floodplain forest stands, we would recommend active protection of individual adult trees that are, apart from the river flood regime, very important for the black poplar's successful natural regeneration.

## ZAHVALA

Raziskava je delno potekala v okviru CRP-projektov: V4-0350, V4-0355, V4-1140, postdoktorskega projekta: Z4-9641-0404, JGS Naloge 3, projekta EMO NFUr LI-FE10ENV/IT 399: »Zasnova merilne mreže za spremljanje stanja nižinskega gozda in pogozditev v urbanem prostoru v Lombardiji in urbanega gozda v Sloveniji«, ter Programske skupine Gozdna biologija, ekologija in tehnologija (P4-0107).

Zahvaljujemo se dr. Petri Košir in dr. Urbanu Šilcu za popis vegetacije, Andreju Verliču, Tini Bri-

šnik, Iztoku Sinjurju, Samu Grbcu za terensko delo, Iztoku Popoviču za pomoč pri ovrednotenju lesne zaloge sestojev, dr. Marku Kovaču za strokovne nasvete pri popisu osutosti drevesnih krošenj na raziskovalnih objektih ter dr. Mitju Ferlanu za kritični pregled vsebine prispevka. Hvala tudi dr. Petru Železniku, Juretu Žlogarju, Mitju Skudniku in Roku Pisku. Posebej se zahvaljujemo tudi obema recenzentoma za koristne nasvete.

## VIRI

- AREND, M. & J. FROMM, 2007. *Seasonal change in the drought response of wood cell development in poplar*. *Tree Physiology* 27 (7): 985-992.
- BAYFORKLIM, 1996. *Klimaatlas von Bayern*. Meteorologisches Institut der Universität München. München.
- BOSAC, C., S. D., L. GARDNER, G. TAYLOR & D. WILKINS, 1995. *Elevated CO<sub>2</sub> and hybrid poplar: a detailed investigation of root and shoot growth and physiology of Populus euramericana, 'Primo'*. *Forest Ecology and Management* (Amsterdam) 74 (1-3): 103-116.
- BOŽIČ G., U. VILHAR, M. URBANČIČ, M. KOBAL, A. FERREIRA, & SOD., 2008. *Raziskave populacijsko genetskih in rastiščnih značilnosti avtohtonega črnega topola (Populus nigra L.) na obrežnih in poplavnih območjih ter usmerite za njegovo ohranitev*. Gozdarski inštitut Slovenije, Ljubljana.

- Božič, G., 2010. *Tehnične smernice za ohranjanje in rabo genskih virov: črni topol Populus nigra: Slovenija*. Gozdarski vestnik (Ljubljana) 68 (4): 235-238.
- BRAUN-BLANQUET, J, 1964. *Pflanzensoziologie: Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer. Wien.
- BRUS, R., U. GALIEN, G. BOŽIČ & K. JARNI, 2010. *Morphological study of the leaves of two European black poplars (Populus nigra L.) populations in Slovenia*. Periodicum biologorum (Zagreb) 112 (3): 317-325.
- CAGELLI, L. & F. LEFÉVRE, 1995. *The conservation of Populus nigra L. and gene flow with cultivated poplars in Europe*. Forest genetics (Zvolen) 2 (3): 135-144.
- COSTANZA R., R. D'ARGE, R. DE GROOT, S. FABER, M. GRASSO, & SOD., 1997. *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. Nature 387: 253-260.
- ČARNI, A., L. MARINČEK, A. SELIŠKAR & M. ZUPANČIČ 2002. *Vegetacijska karta gozdnih združb Slovenije v merilu 1:400.000*. Založba ZRC, Ljubljana.
- ČARNI, A., P. KOŠIR, L. MARINČEK, A. MARINŠEK, U. ŠILC & I. ZELNIK, 2008. *Komentar k vegetacijski karti gozdnih združb Slovenije v merilu 1:50.000 – list Murska Sobota*. Pomurska akademsko-znanstvena unija (PAZU), Murska Sobota.
- ČUŠIN B. & U. ŠILC, 2006. *Vegetation development on gravel sites of the Soča river between the towns Bovec and Tolmin*. Sauteria 14: 279-292.
- DAKSKOBLER, I, 2007. *Fitocenološka in floristična analiza obrečnih gozdov v Posočju (Zahodna slovenija)*. Razprave IV. razreda SAZU (Ljubljana) 48: 25-138.
- DAKSKOBLER, I, 2010. *Razvoj vegetacije na prodiščih reke Idrijce v zahodni Sloveniji*. Folia biologica et geologica (Ljubljana) 51: 5-90.
- DAKSKOBLER, I., L. KUNTAR & U. ŠILC, 2013. *Poplavni, močvirni in obrežni gozdovi v Sloveniji*. Silva Slovenica, Ljubljana.
- DAKSKOBLER, I., U. ŠILC & B. ČUŠIN, 2004. *Riverine forests in the Upper soča valley (the Julian alps, western Slovenia)*. Hacquetia (Ljubljana) 3: 51-80.
- DALLIMER, M., J.R. ROUQUETTE, A.M.J. SKINNER, P.R. ARMSWORTH, L.M. MALTBY, P.H. WARREN & K.J. GASTON, 2012. *Contrasting patterns in species richness of birds, butterflies and plants along riparian corridors in an urban landscape*. Diversity and Distribution 18: 742-753.
- DYAKOV, N. & P. ZHELEV, 2013. *Alien species invasion and diversity of riparian forests according to environmental gradients and disturbance regime*. Applied ecology and environmental research 11: 249-272.
- DE VRIES, W., G. J., REINDS, C. VAN DER SALM, G. P. J. DRAAIJERS, A. BLEEKER & SOD., 2001. *Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe*. Technical report 2001. EU Commission, United Nations Economic Commission for Europe.
- DORINGO, W., A. LUCIEER, T. PODOBNIKAR & A. ČARNI, 2012. *Mapping invasive Fallopia japonica by combined spectral, spatial, and temporal analysis of digital orthophotos*. ITC journal 19: 185-195.
- DUFRENE, E., H. DAVI, C. FRANCOIS, G.L. MAIRE, V.L. DANTEC & SOD., 2005. *Modelling carbon and water cycles in a beech forest: Part I: Model description and uncertainty analysis on modelled NEE*. Ecological Modelling 185 (2-4): 407-436.
- EITEL, J. U. H., P.E. GESSLER, A.M. SMITH & R. ROBBERECHT, 2006. *Suitability of existing and novel spectral indices to remotely detect water stress in Populus spp.* Forest Ecology and Management 229 (1-3): 170-182.
- HAMADA, S. & T. OHTA, 2010. *Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas*. Urban Forestry & Urban Greening 9: 15-24.
- HOWE, G. T., P. SARUUL, J. DAVIS & T.H.H. CHEN, 2000. *Quantitative genetics of bud phenology, frost damage, and winter survival in a F2 family of hybrid poplars*. Theoretical and Applied Genetics 101(4): 632-642.
- JOHNSON, J. D., R. TOGNETTI & P. PARIS, 2002. *Water relations and gas exchange in poplar and willow under water stress and elevated atmospheric CO<sub>2</sub>*. Physiologia Plantarum 115 (1): 93-100.
- KAČIČNIK JANČAR, M., I. LESKOVAR, P. SKOBERNE, J. DOBRAVEC, M. KOTARAC, & SOD., 2011. *Navodila za kartiranje habitatnih tipov*. Zavod Republike Slovenije za varstvo narave, Ljubljana.
- KOŠIR, P., A. ČARNI, A. MARINŠEK & U. ŠILC, 2013. *Floodplain forest communities along the Mura river (NE Slovenia)*. Acta botanica croatica (Zagreb) 72: 71-95.
- KUTNAR, L., Ž. VESELIČ, I. DAKSKOBLER & D. ROBIČ, 2012. *Tipologija gozdnih rastišč Slovenije na podlagi ekoloških in vegetacijskih razmer za potrebe usmerjenega razvoja gozdov*. Gozdarski vestnik (Ljubljana) 70: 195-214.
- LEFÉVRE, F., A. LEGIONNET, S. DE VRIES & J. TUROK, 1998. *Strategies for the conservation of a pioneer tree species (Populus nigra L.) in Europe*. Genet. Sel. Evol. 30: 181-196.



- LIECHTY, H.O., M.J. HOLMES, D.D. REED & G.D. MROZ, 1992. *Changes in microclimate after stand conversion in two northern hardwood stands*. Forest Ecology and Management 50: 253-264.
- MARINČEK, L., A. ČARNI, P. KOŠIR, A. MARINŠEK, U. ŠILC & I. ZELNIK, 2006. *Komentar k vegetacijski karti gozdnih združb Slovenije v merilu 1:50.000 – list Ljubljana*. Založba ZRC, Ljubljana.
- MARTINČIČ, A. (UR.) 2007. *Mala flora Slovenije, 4. izdaja*. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana.
- MIGLIAVACCA, M., MERONI, M., MANCA, G., MATTEUCCI, G., MONTAGNANI, L., GRASSI, G., ZENONE, T., TEOBALDELLI, M., GODED, I., COLOMBO, R., SEUFERT, G., 2009: *Seasonal and interannual patterns of carbon and water fluxes of a poplar plantation under peculiar eco-climatic conditions*. Agricultural and Forest Meteorology 149: 1460-1476.
- MORECROFT, M.D., TAYLOR, M.E., OLIVER, H.R., 1998: *Air and soil microclimates of deciduous woodland compared to an open site*. Agricultural and Forest Meteorology 90: 141-155.
- MOORE, D.R., D.L. SPITTLEHOUSE & A. STORY, 2005. *Riparian microclimate and stream temperature response to forest harvesting: a review*. JAWRA Journal of the American Water Resources Association 41: 813-834.
- NABUURS, G.J. & M.J. SCHELHAAS, 2002. *Carbon profiles of typical forest types across Europe assessed with CO2FIX*. Ecological indicators 1: 213-223.
- PERRY, C. H., R.C. MILLER & K.N. BROOKS, 2001. *Impacts of short-rotation hybrid poplar plantations on regional water yield*. Forest Ecology and Management 143 (1-3): 143-151.
- RASPE, S., E. BEUKER, T. PREUHLER & A. BASTRUP-BIRK, 2010. *Meteorological Measurements. V: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. United Nations Economic Commission for Europe. ICP Forests Programme Co-ordinating Centre, Hamburg.
- ROUQUETTE, J-R., M. DALLIMER, P.R. ARMSWORTH, K.J. GASTON & P.H. WARREN, 2013. *Species turnover and geographic distance in an urban river network*. Diversity and distribution 19: 1429-1439.
- SACCONE, P., J. GIREL, J.P. PAGES, J.J. BRUN & R. MICHALET, 2013. *Ecological resistance to Acer negundo invasion in a European riparian forests: relative importance of environmental and biotic drivers*. Applied Vegetation Science 16: 184-192.
- SALAZAR S., L.E. SANCHEZ, P. GALINDO & I. SANTA-REGINA, 2010. *Above ground tree biomass equation and nutrient pools for paraclimax chesnut stand and for a climax oak stand in the Sierra de Francia Mountains, Salamanca, Spain*. Scientific research and essays 5(11): 1294-1301.
- SCHNITZLER, A., B.W. HALE & E.M. ALSUM, 2007. *Examining native and exotic species diversity in European riparian forests*. Applied vegetation Science 136: 146-156.
- SIMONČIČ, P, 2001. *Soil solution quality and soil characteristics with regard to clear cutting*. Glasnik za šumske pokuse (Zagreb) 38: 159-166.
- SINJUR I., M. FERLAN, P. SIMONČIČ & U. VILHAR, 2010. *Mreža meteoroloških postaj Gozdarskega inštituta Slovenije*. Gozdarski vestnik (Ljubljana) 68 (1): 41-46.
- SINJUR I. & G. BOŽIČ, 2010. *Air temperature in the international beech provenance trail: measurements or interpolation? V: SPANOS, K. A. (ur.): Beech genetic resources for sustainable forestry in Europe. Proceedings of the Workshop and MC Meeting of the COST Action E52 Evaluation of Beech Genetic Resources for Sustainable Forestry. Thessaloniki, Greece, 5-7 May 2009. National Agricultural Research Foundation (N.AG.RE.F), Forest Research Institute, (Thessaloniki): 98-104.*
- SINJUR, I. & G. VERTAČNIK, 2007. *Ustreznost in zanesljivost meritev z registratorji temperature „i-button“*. Slovenski meteorološki forum, Ljubljana.
- SMULDERS, M.J.M., J.E. COTTRELL, F. LEFÈVRE, J. VAN DER SCHOOT, P. ARENS & SOD., 2007. *Structure of the genetic diversity in black poplar (Populus nigra L.) populations across European river systems: Consequences for conservation and restoration*. Forest ecology and management 255 (5-6): 1388-1399.
- STATSOFT Inc., 2011. *STATISTICA (data analysis software system)*, www.statsoft.com.
- SUN, R., CHEN, A., CHEN, L., LÜ, Y., 2012: *Cooling effects of wetlands in an urban region: The case of Beijing*. Ecological Indicators 20: 57-64.
- SZYMURA, M. & T.H. SZYMURA, 2013. *Soil preference and morphological diversity of goldenrods (Solidago L.) from south-western Poland*. Acta societatis botanicorum Poloniae 82: 107-115.
- ŠILC, U, 2003. *Vegetation of the class Salicetea purpureae in Dolenjska (SE Slovenia)*. Fitosociologia (Ancona) 40: 3-27.
- ŠILC, U. & A. ČARNI, 2012. *Conspectus of vegetation syntaxa in Slovenia*. Hacquetia (Ljubljana) 11: 113-164.

- ŠILC, U., A. ČARNI, S. VRBNIČANIN, D. BOŽIČ & Z. DAJIĆ STEVANOVIĆ, 2012. *Alien plant species and factors of invasiveness of anthropogenic vegetation in the Northwestern Balkans - a phytosociological approach*. Central European journal of biology 7: 720-730.
- ŠILC, U. & B. ČUŠIN, 2000. *The asociation Salicetum incano-purpureae Silinger 1933 on the gravel banks of the river Nadiža (NW Slovenia)*. Gortania 22: 91-109.
- TOMAŽIČ, G., 1949. *Asociacije borovih gozdov v Sloveniji. III. jasasti borovi gozdovi in sorodne združbe rastlin, ki nastanejo na produ in pesku Posavja*. Razprave SAZU, prirodoslovni odsek 4: 159-202.
- UREDBA o habitatnih tipih 2003, Uradni list RS 112/2003: 15406.
- VANDEN BROECK, A., 2003. *EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for black poplar (Populus nigra)*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- VAUPOTIČ, U., 2006. *Ogroženost genofonda črnega topola (Populus nigra L.) v Sloveniji*. Diplomsko delo - univerzitetni študij. Univerza v Ljubljani, Ljubljana.
- VILHAR, U. & P. SIMONČIČ, 2012. *Water status and drought stress after gap formation in managed and semi-natural silver fir - beech forests*. European journal of forest research 131 (5): 1381-1397.
- VILHAR, U., P. SIMONČIČ, L. KAJFEŽ-BOGATAJ, K. KATZENSTEINER & J. DIACI, 2006. *Mikroklimatske razmere v vrzelih in sestojih dinarskega jelovo-bukovega gozda*. Zbornik gozdarstva in lesarstva (Ljubljana) 81: 21-36.
- ZHOU, J., Z. ZHANG, G. SUN, X. FANG, T. ZHA & SOD., 2013. *Response of ecosystem carbon fluxes to drought events in a poplar plantation in Northern China*. Forest ecology and management 300: 33-42.
- ZUPANČIČ, M. & V. ŽAGAR, 1998. *Obrečna borovja zgornjega toka Save (Slovenija)*. Razprave IV. razreda SAZU (Ljubljana) 39: 279-325.
- ZUPANČIČ, M., 2007. *Syntaxonomic problems of the classes Vaccinio-Piceetea and Erico-Pinetea in Slovenia*. Fitosociologia (Ancona) 44 (2): str. 3-13.
- ŽUST, A., 2009. *Meteorološki letopis 2009 — agrometeorologija*. ARSO (Agencija za okolje Republike Slovenije, [http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/meteorolo%c5%a1ki%20letopis/2009agro\\_pod.pdf](http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/meteorolo%c5%a1ki%20letopis/2009agro_pod.pdf))  
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/period/>