

Premena odraslih borovih nasadov na Krasu s saditvijo avtohtonih listavcev

Conversion of the Mature Black Pine Plantations in the Slovenian Karst by Planting Native Broadleaf Tree Species

Domen GAJŠEK¹, Kristijan JARNI², Andrej LUMBAR³, Robert BRUS⁴

Izvleček:

Gajšek, D., Jarni, K., Lumbar, A., Brus, R.: Premena odraslih borovih nasadov na Krasu s saditvijo avtohtonih listavcev. Gozdarski vestnik, 72/2014, št. 9. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 27. Prevod avtorji, jezikovni pregled angleškega besedila Breda Misja, slovenskega Marjetka Šivic.

Premene zastaranih borovih nasadov v smeri stabilnejših listnatih sestojev so pomemben cilj v mnogih sredozemskih državah in tudi v slovenskem subsredozemskem območju. V okolici Divače smo v čistih nasadih črnega bora osnovali šest raziskovalnih ploskev: tri na bolj produktivnem rastišču in tri na manj. V novembru 2012 so bile zasajene s sadikami avtohtonih listavcev šestih vrst, in sicer navadnega koprivovca (*Celtis australis* L.), gradna (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.), navadne bukve (*Fagus sylvatica* L.), divje češnje (*Prunus avium* L.), navadnega oreha (*Juglans regia* L.) in gorskega javorja (*Acer pseudoplatanus* L.). Izkušnje s poskusnih ploskev bodo uporabne za morebitno pogozdovanje večjih površin pri neposrednih premenah in za snovanje imigracijskih jeder, iz katerih bi se posajeni avtohtoni listavci lahko kasneje spontano širili v starajoče se borove nasade. Po prvi rastni sezoni je imela izmed vseh posajenih vrst največji delež preživetja divja češnja (95%), ki je bila tudi najmanj občutljiva za slabše rastiščne razmere. Vse vrste brez izjeme so imele manjši delež preživetja na manj produktivnem rastišču. Divja češnja in navadni oreh sta imela v primerjavi z drugimi vrstami precejšen višinski prirastek, medtem ko je imela navadna bukev najmanjšega. Čeprav rezultati po samo eni rastni sezoni še ne omogočajo trdnih zaključkov, so vse uporabljene vrste, razen navadne bukve, pokazale dober potencial za premene borovih nasadov na Krasu. Rezultati raziskav tudi kažejo, da je z vnosom listavcev v borove nasade smiselno začeti šele takrat, ko so iglavci že dovolj izboljšali tla.

Ključne besede: nasad črnega bora, saditev avtohtonih listavcev, premena gozda, delež preživetja, višinski prirastek

Abstract:

Gajšek, D., Jarni, K., Lumbar, A., Brus, R.: Conversion of the Mature Black Pine Plantations in the Slovenian Karst by Planting Native Broadleaf Tree Species. Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 72/2014, vol. 9. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 27. Translated by the authors, proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

Conversion of the aging black pine plantations into ecologically more stable broadleaf forests is an important goal in many Mediterranean countries as well as in the sub-Mediterranean part of Slovenia. Six experimental plots, split between the more and the less productive site, were established near Divača in southwestern Slovenia in an area of mostly pure black pine stands. In November 2012 they were planted with six native broadleaf species (*Celtis australis* L., *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Fagus sylvatica* L., *Prunus avium* L., *Juglans regia* L. and *Acer pseudoplatanus* L.). Experience gained from the test plantations will be useful for the potential large-scale forest conversion as well as for forming small initial nuclei from which the introduced broadleaf species could later naturally spread into the aging, partly decomposed pine plantations. Of all planted species *P. avium* had the highest survival rate (95%) and was least susceptible to poor field conditions after the first growing season. Without exception, all species showed lower survival rate on the less productive site. Unlike other species, *P. avium* and *J. regia* seedlings had considerable height increment, while *F. sylvatica* had the lowest one. Although the results after only one growing season are insufficient to draw firm conclusions, all tested species except *F. sylvatica* showed promising potential for future conversion of mature pine stands in the Slovenian Karst. We can conclude that the introduction of broadleaves into pine plantations should not begin until conifers have already considerably improved soil conditions.

Key words: black pine plantation, planting of native broadleaves, forest conversion, survival rate, height increment

¹ D. G., univ. dipl. inž. gozd., UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana

² Dr. K. J. UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana

³ A. L., dipl. inž. gozd. (VS), Hruševje 78, 6225 Hruševje

⁴ Prof. dr. R. B., UL, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana

1 UVOD**1 INTRODUCTION**

Tradicionalni pristop pri pogozdovanju degradiranih območij v Sredozemlju je bil v preteklosti vnos hitrorastoče pionirske vrste, ponavadi katere izmed borov, s ciljem, da se prepreči nadaljnja degradacija in kasneje omogoči vnos poznosukcesijskih listavcev, bodisi po umetni ali naravni poti. Pogozdovanje Krasa se je začelo že leta 1859, ko so pod vodstvom Josipa Kollerja zasadili prve nasade črnega bora (*Pinus nigra* Arnold.), in sicer v Kozlerjevem gozdu pri Bazovici nad Trstom, ki so zelo dobro uspeli. Josipu Kollerju velja zasluga, da je med prvimi ugotovil ustreznost črnega bora za pogozdovanje Krasa (Kladnik et al., 2008). Kasneje se je črni bor dobro izkazal tudi pri pogozdovanju Krasa na Hrvaškem (Piškorič, 1979); leta 1878 so v Senju ustanovili posebno Nadzorništvo za pogozdovanje Krasa, ki je organiziralo saditev črnega bora na vsem območju med Novim Vinodolskim in Starigradom (Brus, 2012). Območje Krasa je bilo prvotno pokrito z gozdovi, zaradi vse večjih potreb po lesu, še zlasti gradbenem in lesu za gradnjo ladjevja (za beneške in avstrijske ladjedelnice) in tudi po drveh, pa se je pritisk na gozdove zelo povečal. Posledica je bila degradacija gozdov. Svoje je kasneje dodala paša drobnice, ki je še dodatno negativno vplivala na obnovo vegetacije (Gašperšič in Winkler, 1986). Pomemben dokument za območje Slovenskega Krasa je bil Terezijanski gozdni red za vojvodino Kranjsko iz leta 1771, saj je veljal tudi za Kras in Istro. Žal je bil njegov dejanski učinek majhen. Pomemben zagon pogozdovanju Krasa je dala skupščina Vsedržavnega gozdarskega društva v Trstu leta 1865. Veliko je k pogozdovanju Krasa prispevala tudi ustanovitev Kranjsko-Primorskega gozdarskega društva v Postojni leta 1875. Vsi dotedanji poskusi pogozdovanja Krasa z listavci so bili neuspešni (Fras, 1959), leta 1895 pa so na Komenskem Krasu prvič zasadili črni bor. Prva pogozdovanja Krasa so bila tako v strokovnem kot družbenem pogledu izjemen dosežek za tiste čase (Gašperšič in Šebenik, 1995). V obdobju med letoma 1850 in 1915 je bilo pogozdenih že okoli 10.842 ha goličav. Med prvo svetovno vojno so s pogozdovanji skoraj v celoti prenehali, v obdobju

od 1919 do 1945 pa je bilo pogozdenih le okoli 850 ha goličav. V prvem desetletju po drugi svetovni vojni je bilo pogozdenih še okrog 4.000 ha gozdne površine (Gašperšič in Winkler, 1986).

S tematiko pogozdovanja Krasa so se ukvarjali gozdarji več generacij. Že precej zgodaj so gozdarji na Slovenskem prepoznali nekatere glavne zablode pri pogozdovanju Krasa, na primer prepričanje, da je treba sadiko že v rani mladosti navaditi na slabe razmere, ki jo čakajo po presaditvi (Beltram, 1946). Kot eno izmed najpomembnejših pravil pri saditvi listavcev (in macesna) je veljalo, da se sadijo le jeseni, razen na terenih, kjer bo sadike kmalu pokrnil sneg, ki jih bo varoval vse do spomladi (Šlander, 1950).

Problematika izbire drevesnih vrst je prisotna že od samih začetkov melioracije kraških površin. Skozi čas sta se v grobem izoblikovali dve načeli: prvo, da je za melioracijo treba posnemati naravo in uporabljati avtohtone vrste listavcev (hrast, javor, jesen...); drugo pa, da avtohtonih listavcev ni mogoče uporabiti, saj zaradi izredne degradacije tal ne dajejo zadovoljivih rezultatov. Zato naj bi bili primernejši iglavci, ki šele pripravijo ugodne razmere za naselitev avtohtonih listavcev (Fras, 1959). V preteklosti so črni bor uporabljali za pogozdovanje na celotnem območju Krasa in na vseh rastiščih, kar pa ni najprimernejše.

V Sredozemlju je uspešnost gozdnih nasadov največkrat ogrožena zaradi slabe zakoreninjenosti sadik, ki povzroči pomanjkanje vode in hranil, zaradi česar je pogosto potrebna priprava tal. Nasadi črnega bora na Krasu so skozi čas precej izboljšali rastišča, na katerih rastejo, toda obsežni homogeni nasadi, ki v Sloveniji obsegajo skupaj 16.500 ha (Diaci in sod., 2014), so postali resno ogroženi zaradi bolezni in škodljivcev. Zaradi izboljšanih talnih razmer so se vanje začeli spontano vraščati nekateri avtohtoni listavci, na primer mali jesen (*Fraxinus ornus* L.), črni gaber (*Ostrya carpinifolia* Scop.), rešeljika (*Prunus mahaleb* L.) in včasih puhasti hrast (*Quercus pubescens* Wild.), ki pa razen puhastega hrasta dolgoročno niso preveč zaželeni. Zato se v zadnjih letih poleg naravne sukcesije presoja tudi druge možnosti za postopno premeno nasadov črnega bora in čim hitrejši vnos zelenih drevesnih vrst. Med razloge, da so za obnovo gozdov pri trajnostnem gospodarjenju

primerni listavci, lahko štejemo, da pripomorejo k biotski raznovrstnosti v gozdnem prostoru, so priljubljeni zaradi svoje rekreacijske vloge in zato primerni za večnamensko gospodarjenje, poleg tega pa tudi primernejši v luči prihajajočih podnebnih sprememb. Ponekod v Evropi za pogozdovanje nekdanjih kmetijskih zemljišč že od začetka 90-ih let finančno spodbujajo nasade listavcev kot multifunkcijske gozdove za biotsko raznovrstnost, pridobivanje lesa ter rekreacijo, medtem ko so do tedaj večinoma sadili iglavce, predvsem smreko in rdeči bor (Brunet, 2007). Posledica tega so določene spodbude Evropske unije, med drugim spodbuda EEC 2080/92, zaradi katere je v Zahodni Evropi nastalo več kot pol milijona hektarjev nasadov listavcev (Anonimni, 1996). Tudi v ZDA se povečuje povpraševanje po sadikah listavcev (Jacobs in sod., 2004), poleg tega nekatere raziskave kažejo, da ima javnost večinoma raje listavce kot iglavce, in sicer predvsem zaradi videza (O'Leary in sod., 2000).

Vnos zelenih listnatih vrst lahko dosežemo z neposredno velikopovršinsko saditvijo, še raje pa z osnovanjem manjših imigracijskih jeder, iz katerih se kasneje vrste lahko prek semen spontano širijo v okoliših, deloma razgrajene nasade črnega bora. Glede saditve listavcev je opazno določeno pomanjkanje raziskav, še posebno glede uporabe listavcev za premene sestojev v Sredozemlju in na kraških območjih na splošno. Še posebno redki so številčni podatki o deležih preživetja sadik listavcev.

Zaradi malo raziskav na to temo je izredno pomembno pridobiti konkretne lokalne podatke in znanje, ki bo kasneje služilo kot izhodišče za uspešne premene borovih nasadov. Ker je premena tako obsežnih območij finančno zahtevna, je nujno proučiti začetni preživetveni uspeh različnih drevesnih vrst. Potencialne listnate vrste morajo biti primerne za zasnovo nasadov ter tvoriti bodoča imigracijska jedra, iz katerih bi se kasneje te vrste širile v bližnje nasade črnega bora, hkrati pa tudi zagotavljati multifunkcijske vloge gozda. V drugih raziskavah, v katerih so sadili listavce z namenom pogozdovanja, nismo zasledili takšnega koncepta. Večina na novo posajenih sadik je izpostavljena stresu zaradi izgube dela korenin po prenosu iz drevesnice. Rezultat tega je večja občutljivost za

sušo, škodljivce, bolezni in podobno. Glavnina sadik, ki ne preživi, odmre prav v obdobju ponovne tvorbe korenin po presaditvi. Preživetje sadik po prvem letu je ključno pri snovanju gozdnih nasadov (Maestre in sod., 2003), pri čemer je še posebno pomembno prvo poletje po saditvi (Ceacero in sod., 2012).

Na hrvaškem krasu so v letu 1958 proučevali uspeh saditve sedmih listnatih vrst, in sicer puhas-tega hrasta, belega gabra (*Carpinus betulus* L.), malega jesena, črnega gabra, rešeljike, trokrpega javora (*Acer monspessulanum* L.) in navadnega koprivovca (*Celtis australis* L.). Uspeh sajenih vrst je bil različen: puhasti hrast, rešeljika, navadni koprivovec in trokrpi javor so slabo uspeli, najboljši uspeh je dosegel črni gaber. Najslabše se je izkazal navadni koprivovec, ki je do zadnje meritve po triintridesetih letih praktično ves propadel. Glede na skromen uspeh preizkušanih listavcev je avtor predlagal, da bi bili na tem območju za pogozdovanje krasi primernejši mešani sestoji pionirskih iglavcev in avtohtonih listavcev (Topić, 1997).

Raziskava na Finskem za sadike doba (*Quercus robur* L.) navaja delež preživetja od 75 do 83 % (Valkonen, 2008). Tomaz in sod. (2013) v svoji raziskavi za Sredozemlje navajajo velik preživetveni uspeh pogozdovanja v čistih (79 %) ter mešanih (89 %) nasadih plutca *Quercus suber* L., medtem ko je bil najslabši uspeh s pogozdovanjem obmorskega bora (*Pinus pinaster* Aiton.) (<40 %). Newsome in sod. (2005) v raziskavi iz Kanade navajajo, da je preživetje sajenih listavcev slabo in njihova rast največ zmerna.

Cilj naše raziskave je bil preveriti primernost avtohtonih listavcev za premene zastaranih nasadov črnega bora na Krasu z ugotavljanjem deležev preživetja, višinskega prirastka in vitalnosti po prvi rastni sezoni.

2 METODE 2 METHODS

Na Krasu smo v nasadih črnega bora v bližini Divače v letu 2012 zasnovali šest poskusnih nasadov šestih različnih vrst avtohtonih listavcev. Vse ploskve so od 402 do 642 metrov nadmorske višine, prevladujoča gozdna združba je *Seslerio-Ostryetum*. V letu 2013 je bila povprečna letna temperatura 12,2 °C,

Preglednica 1: Glavne značilnosti raziskovalnih ploskev

Table 1: Main characteristics of the experimental plots

Plo-skev	Koordinate	Rasti-šče	Rastiš-čni indeks (SI ₁₀₀)	Nad. viši-na [m]	Naklon [°]	Skalovitost [%]
1	45°41'17,05«N 13°58'49,31«E	1	21	441	0-5°	5
2	45°41'13,66«N 13°58'57,74«E					
3	45°41'16,86«N 13°58'56,65«E					
4	45°42'08,79«N 13°59'31,70«E	2	18	541-642	15°	10
5	45°42'11,62«N 13°59'31,83«E					
6	45°42'15,16«N 13°59'25,44«E					

povprečna maksimalna pa 17,6 °C. Skupna letna količina padavin je bila 1492 mm in skupno trajanje sončnega obsevanja 2159,7 ure. Poletje 2013 je bilo izjemno vroče, v več krajih so bili doseženi tudi vročinski rekordi. Na območju naših ploskev je bila povprečna maksimalna temperatura v juliju in avgustu kar 30,3 °C (ARHIV – opazovani in „...“, 2013). Prve tri ploskve ležijo na ravnini in na njih so boljše rastne razmere (glej rastiščni indeks – Preglednica 1), druge tri ploskve pa

ležijo na pobočju, kjer so rastne razmere slabše. Skupino prvih treh ploskev smo poimenovali bolj produktivno rastišče (Rastišče 1), skupino drugih treh pa manj produktivno rastišče (Rastišče 2).

Matična podlaga na raziskovalnih ploskvah je apnenec, vrsta tal pa rendzina. Na mestih, izbranih za ploskve, je bil najprej opravljen posek odraslih nasadov črnega bora, čemur je sledila odstranitev panjev, priprava tal in postavitve ograj v velikosti 45 x 80 m. Luknje za sadike so bile izkopane ročno



Slika 1. Lokacije raziskovalnih ploskev
Figure 1. Locations of the studied plots

s krampom in rovnico. Izbrane drevesne vrste so bile: navadni koprivovec (*Celtis australis* L.), graden (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl.), navadna bukev (*Fagus sylvatica* L.), divja češnja (*Prunus avium* L.), navadni oreh (*Juglans regia* L.) ter gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.). Razen sadik navadnega koprivovca, ki so bile kontejnerske, so bile sadike vseh drugih drevesnih vrst sadike z golimi koreninami. Sadike navadne bukve so bile puljenke, pozneje dodatno vzgajane v drevesnici. Najvišje so bile sadike gorskega javora in divje češnje, oboje v povprečju višje od 110 cm. Sadike navadne bukve, navadnega oreha in navadnega koprivovca so bile nekoliko nižje, visoke od 60 do 90 cm, najnižje pa so bile sadike gradna, in sicer okrog 25 cm. Sadike navadnega oreha, gorskega javora ter divje češnje so dobavili iz drevesnice Omorika iz Mute, sadike gradna in navadne bukve iz drevesnice Štivan, sadike navadnega koprivovca pa so po izvoru iz Italije (dobavitelj Komunala Koper). Posadili smo približno enako število sadik vsake vrste, v povprečju 478 sadik. Na vsaki ploskvi smo pustili še en prazen, neposajen pas, ki je služil za kontrolo. Saditev je bila opravljena v novembru 2012, sadike smo sadili v dvametrskih razmakih. Vsake drevesne vrste smo sadili po pet linij skupaj, po 14 do 17 sadik v eni liniji, vrstni red saditve pa smo zamenjali na vsaki ploskvi. Oktobra 2013 smo začeli popisovati stanje sadik na ploskvah po prvi rastni sezoni; popisali smo vse sadike na vseh ploskvah, torej nismo vzorčili, in sicer z namenom dobiti čimboljši vpogled v stanje na ploskvah po prvi rastni sezoni. Višino ter prirastek sadik smo merili z merilno palico. Pri določevanju preživetja

smo uporabili tristopenjsko lestvico; ocena 0 je pomenila, da sadika ni preživel, 1, da se je delno posušila, vendar preživel, 2 pa, da je bila sadika brez posebnosti. Za oceno vitalnosti smo prav tako določili tristopenjsko lestvico, pri kateri je ocena 1 pomenila dobro vitalnost, ocena 2 srednjo, ocena 3 pa slabo. Pri analizi deležev preživetja, vitalnosti in višinskih prirastkov sadik smo pojem "znotraj rastišča" uporabili takrat, ko smo iskali povezanost in razlike znotraj prvih ali znotraj drugih treh ploskev. Pojem „med rastiščema“ smo uporabili, ko smo iskali povezanost in razlike med obema skupinama treh ploskev (med obema rastiščema).

Za testiranje razlik v letnem višinskem prirastku znotraj rastišč in med njima smo uporabili analizo variance, pri kateri je bil faktor „ploskev“ (P) vgnezen v faktor „rastišče“ (R): $Y = R + P(R) + \epsilon$. Faktor, „rastišče“ je bil v modelu fiksen, medtem ko je imel faktor, „ploskev“ naključni učinek. Pri testiranju razlik pri višinskem prirastku znotraj rastišč in med njima smo uporabili F-test. Za testiranje povezanosti pri deležih preživetja in vitalnosti znotraj rastišč in med njima smo uporabili test hi-kvadrat.

3 REZULTATI

3 RESULTS

Vrsta z največjim deležem preživetja po prvi rastni sezoni je bila divja češnja (95 %), njej sta sledila navadni oreh (92 %) in navadni koprivovec (91 %), medtem ko je imela navadna bukev daleč najmanjši delež preživetja med vsemi posajenimi vrstami (44 %) (Preglednica 2). Vse vrste, brez izjeme, so imele manjši delež preživetja na manj

Preglednica 2. Preglednica glavnih proučevanih parametrov za vse vrste in obe rastišči
Table 2. Summary table of the main studied parameters for all species on both sites

	Rastišče	Nav. koprivovec	Graden	Nav. bukev	Divja češnja	Nav. oreh	Gorski javor
Delež preživetja [%]	1	99	94	55	97	97	93
	2	84	71	32	93	88	63
	\bar{x}	91	83	44	95	92	78
Viš. prirastek [cm]	1	6	5,0	2	14	22	4
	2	5	4	3	13	19	5
	\bar{x}	5,5	4,5	2,5	13,5	20,5	4,5
Modus vitalnosti	1	Srednja	Dobra	Slaba	Dobra	Dobra	Srednja
	2	Srednja	Srednja	Slaba	Srednja	Srednja	Srednja

Preglednica 3. Stopnje tveganja pri deležih preživetja in vitalnosti (test hi-kvadrat) ter višinskem prirastku (F-test) Table 3. Degrees of freedom for survival rate and vigour (Chi-Square test) and increment (F-test)

	Rastišče	Delež preživetja		Vitalnost		Viš. prirastek	
		P (Znotraj rastišča)	P (Med rastiščema)	P (Znotraj rastišča)	P (Med rastiščema)	F Ploskev (Rastišče)	F Rastišče
Nav. koprivovec	1	,048	,000	,391	,000	2,827	1,013*
	2	,010		,003			
Gradna	1	,586	,000	,337	,000	0,757	0,078
	2	,080		,414			
Nav. bukev	1	,125	,000	,411	,453	1,133	12,198*
	2	,000		,133			
Divja češnja	1	,405	,273	,065	,000	7,497***	0,015
	2	,419		,000			
Nav. oreh	1	,601	,000	,032	,000	0,820	16,063*
	2	,007		,002			
Gorski javor	1	,033	,000	,737	,000	2,599*	0,625
	2	,000		,793			

produktivnem rastišču, pri čemer je imela divja češnja najmanjši padec deleža preživetja z enega rastišča na drugega, gorski javor pa največjega. V celoti gledano je bil delež preživetja divje češnje, navadnega oreha in navadnega koprivovca po prvi rastni sezoni visok, gradna in gorskega javorja zadovoljiv, upoštevajoč slabe rastiščne razmere, medtem ko je bil delež preživetja navadne bukve majhen.

Navadna bukev je imela tudi najmanjši povprečni višinski prirastek (2,5 cm v povprečju), največjega pa je imel navadni oreh (20,5 cm v povprečju). Modus vitalnosti gradna, divje češnje in navadnega oreha je bil na manj produktivnem rastišču slabši kot na bolj produktivnem, medtem ko so preostale vrste ohranile enako vitalnost (Preglednica 2).

Med rastiščema so bili deleži preživetja za vse vrste, razen za divjo češnjo, statistično značilno povezani ($p < 0,001$) (Preglednica 3). Med ploskvami znotraj posameznega rastišča smo odkrili značilno povezanost pri deležih preživetja za navadni koprivovec, navadno bukev, navadni oreh in gorski javor. Pri navadnem koprivovcu in gorskem javoru smo odkrili značilno povezanost na obeh rastiščih, pri navadni bukvi in navadnem orehu pa le na manj produktivnem. Pri gorskem

javorju smo odkrili najbolj značilno povezanost izmed vseh vrst, kar pomeni, da je bil pri tej vrsti najbolj izražen vpliv razlik med ploskvami ter vpliv posameznega rastišča. Pri deležih preživetja je opazno izstopala divja češnja, saj zanjo nismo odkrili značilne povezanosti niti med rastiščema niti znotraj njiju. Pri gradnu nismo odkrili značilne povezanosti znotraj rastišč, smo jih pa odkrili med rastiščema (Preglednica 3).

Kot pri deležih preživetja smo tudi pri vitalnosti sadik odkrili statistično značilno povezanost ($p < 0,001$) med rastiščema za vse vrste, razen pri navadni bukvi. Med ploskvami znotraj posameznega rastišča smo odkrili značilno povezanost pri navadnem koprivovcu, divji češnji in navadnem orehu. Pri navadnem koprivovcu in divji češnji smo odkrili značilno povezanost na manj produktivnem rastišču, pri navadnem orehu pa smo odkrili značilno povezanost na obeh rastiščih. Pri gradnu smo pri deležih preživetja in pri vitalnosti odkrili značilno povezanost ($p < 0,001$) med rastiščema, medtem ko le-te znotraj rastišč ni bilo (Preglednica 3).

Pri določanju statistično značilnih razlik pri višinskem prirastku sadik je bil faktor, „ploskev“ z vgnезdenim faktorjem, „rastišče“ vir razlik pri dveh vrstah, medtem ko je bil faktor, „rastišče“

vir razlik pri treh vrstah (Preglednica 3). Pri višinskem prirastku sadik za graden nismo odkrili statistično značilnih razlik.

4 RAZPRAVA 4 DISCUSSION

Pri snovanju gozdnih nasadov je preživetje sadik po prvem letu in še v nekaj naslednjih letih ključnega pomena. Po prvi rasti sezoni in ob upoštevanju slabih rastiščnih razmer in še zlasti slabih vremenskih razmer poleti 2013 rezultati naše raziskave kažejo velik uspeh saditve za večino vrst, kar morda nakazuje, da so uporabljene vrste primerne za premene odraslih borovih nasadov na Krasu. Z zelo majhnim deležem preživetja je izjema navadna bukev. Njen slab uspeh je težko zanesljivo pojasniti. Lahko bi ga pripisali njeni slabi odpornosti proti poletnemu vodnemu stresu (še posebno v tako vročem poletju, kot je bilo poletje 2013), kot tudi slabi kakovosti sadik in dejstvu, da so bile le-te izvorno puljenke in so verjetno doživele šok ob presaditvi iz zasenčenosti na prosto. To je v skladu z ugotovitvami Tabari in sod. (2005), ki so odkrili, da so imele puljenke vrste *Fagus orientalis* Lipsky težave z rastjo po presaditvi iz zasenčenosti na neposredno svetlobo, natančneje zmanjšano rast poganjkov ob večanju vrzeli sestoja. Johnson in sod. (1997) v svoji raziskavi navajajo, da je rast kontejnerskih sadik navadne bukve boljša v majhnih vrzelih kot pa pod zastorom ali na prostem. Jarčuška (2009) navaja, da je rast sadik navadne bukve v naravi večinoma odvisna od talnih zalog v prvem letu. Poleg tega bi bil lahko vzrok za njen slab uspeh neprimerno ravnanje s sadikami v času med njihovi izkopom in saditvijo, kar pogosto povzroči izsušitev sadik. Grossnickle (2012) navaja, da fiziološki dejavniki, npr. odpornost proti stresu in dostopnost hranil, zelo vplivajo na preživetje sadik. Kakovost tal ne vpliva preveč na uspeh saditve, če lahko sklepamo po raziskavi Don in sod. (2007), ki niso odkrili nobene povezave med kakovostjo tal in uspehom saditve oziroma deležem preživetja pri navadni bukvi in pri gradnu. Če primerjamo deleže preživetja naših vrst s tistimi iz sorodnih raziskav, potem spoznamo, da je za naše sadike divje češnje delež preživetja znašal 95 % po prvem

letu, medtem ko je v raziskavi iz Turčije znašal 77 %, toda po drugi rasti sezoni (Esen in sod., 2012). Don in sod. (2007) prav tako navajajo majhne deleže preživetja za navadno bukev (od 21 % navzgor) po treh rastišnih sezonah. Za graden ista raziskava navaja delež preživetja v intervalu od 39 do 81 %, medtem ko je v naši raziskavi znašal 83 %. Delež preživetja navadnega koprivovca v naši raziskavi (91 %) je bil po prvem letu skoraj enak kot v Topičevi raziskavi (92,52 %; 1997). Glede na velik delež preživetja po prvi rasti sezoni so se vse sajene vrste (še posebno divja češnja, navadni oreh in navadni koprivovec), razen navadne bukve, izkazale kot obetavne za prihodnjo neposredno ali posredno premeno odraslih borovih nasadov na Krasu. Kljub temu pa so rezultati po le eni rasti sezoni premalo za trdnejše sklepe, zato bo nujno nadaljnje spremljanje razvoja poskusnih nasadov.

Neugodne rastiščne razmere na manj produktivnem rastišču so verjetno razlog za slabši uspeh tam rastočih sadik. Tamkajšnje rastišče je precej bolj strmo, z več skalovitosti in plitvejšimi tlemi, je tudi manj zaščiteno z bližnjimi odraslimi borovimi sestoji in zato bolj izpostavljeno vetru in soncu. Iz rezultatov sklepamo, da vnos listavcev v borove nasade ne sme biti prezgoden in ni smiseln, vse dokler talne razmere že niso občutno izboljšane zaradi iglavcev. Faza z iglavci se jasno kaže kot neizogibna pri saniranju degradiranih kraških zemljišč. Delež preživetja je med rastiščema precej nihalo od vrste do vrste. Neugodne razmere so še najmanj vplivale na divjo češnjo. To je morebitni pokazatelj njene večje ekološke amplitude, sploh v primerjavi z gorskim javorjem, pri katerem je zmanjšanje deleža preživetja od bolj do manj produktivnega rastišča najbolj izrazil. Opozoriti pa je treba, da so omenjene razlike po samo eni rasti sezoni lahko tudi posledica razlik v kakovosti sadik med vrstami in bodo izzvenele v prihajajočih letih.

Višinski prirastek sadik divje češnje in navadnega oreha, ki je bil opazno večji od prirastka drugih vrst, je prav tako lahko posledica boljše kakovosti sadik obeh vrst. Kot kaže, višina sadik ob času saditve ni vplivala na višinski prirastek, saj je bil na primer prirastek gorskega javora precej majhen, čeprav so bile njegove sadike med najvišjimi.

Že omenjena večja ekološka amplituda divje češnje se je pokazala tudi pri statistični analizi deležev preživetja, saj zanjo nismo odkrili značilne povezanosti niti med rastiščema niti znotraj rastišč. Da bi določili razloge, zakaj je divja češnja tako dobro uspela v vseh rastiščnih razmerah, pa bi bile potrebne nadaljnje raziskave. Ker je delež preživetja sadik gorskega javora izmed vseh vrst najbolj nihal, bi lahko sklepali, da je bolj občutljiv za mikro razmere na posamezni ploskvi. Medtem ko sobili deleži preživetja in vitalnost sadik gradna znotraj rastišč precej homogeni, so bili med obema rastiščema precej različni.

Zaključimo lahko, da so glede na velik delež preživetja vse sajene vrste, razen navadne bukve, primerne za premeno odraslih borovih nasadov na Krasu. Vendar pa rezultati po zgolj prvi rastni sezoni niso dovolj za trdnejše sklepe. Divja češnja je imela izmed vseh sajenih vrst največji delež preživetja in je bila najmanj občutljiva za slabše terenske razmere. Vse vrste, brez izjeme, so imele manjši delež preživetja na manj produktivnem rastišču. Divja češnja in navadni oreh sta imela v primerjavi z drugimi vrstami precejšen višinski prirastek, medtem ko je imela navadna bukev najmanjšega. Upoštevajoč rezultate raziskave lahko sklepamo, da je smiselno s saditvijo listavcev v borove nasade začeti šele takrat, ko so tla že dodobra izboljšana zaradi iglavcev.

5 SUMMARY

5 POVZETEK

The afforestation of the Karst region of the southwestern Slovenia began as early as in 1859, when the first successful black pine (*Pinus nigra* Arnold.) plantations were established under the guidance of Josip Koller. Over time, Karst black pine plantations improved site conditions considerably; however, these large and homogenous plantations (covering an area of 16,500 ha) are now facing the serious problem of an increased disease. The goal of our study was to examine the suitability of various native broadleaf tree species for the purpose of conversion of the aging black pine plantations in the Slovenian Karst by assessing seedling survival rate, height increment and vigour after the first growing season. Six experimental

plots were established in the sub-Mediterranean climate zone of the southwestern Slovenia in an area of mostly pure black pine plantations. The group of the first three plots was named the more productive site and the group of the second three plots the less productive site. On the first three plots, which were located on flat terrain, growing conditions were considerably better than those on the second three plots, which were located on a slope and at higher altitude. In October 2012 they were planted with six native broadleaf species (*Celtis australis* L., *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl., *Fagus sylvatica* L., *Prunus avium* L., *Juglans regia* L. and *Acer pseudoplatanus* L.). The test plantations were intended to become small initial nuclei from which the introduced broadleaf species could later spread naturally into the aging, partly decomposed pine plantations. To the best of our knowledge this idea has not yet been tested in this way in any other research. Seedling condition was assessed one year after planting. Because of the lack of studies on this subject, it is essential to obtain local experience and knowledge based on which the successful conversion of existing black pine plantations would be feasible. Since the conversion of such large areas is an expensive measure, a detailed assessment of various possible tree species and their starting success is crucial. The species with highest survival rate after the first growing season was *P. avium* (95 %), followed by *J. regia* (92 %) and *C. australis* (91 %), while *F. sylvatica* had by far the lowest survival rate of all planted species (44 %). All species without exception showed lower survival rate on the less productive site, with *P. avium* showing the smallest difference in survival rate between the two sites and *A. pseudoplatanus* the largest one. Unfavorable field conditions at the less productive site are the likely reason for the lower survival rate of the seedlings growing there. The terrain is considerably steeper with more rocky ground and a shallower soil layer. It is less protected from surrounding adult *P. nigra* plantations and thus more exposed to winds and more prone to sunburn. Of all studied species, *F. sylvatica* had the smallest annual height increment (2,5 cm on average), while *J. regia* had the largest, which was quite considerable (20,5 cm on

average). The vigour of *Q. petraea*, *P. avium* and *J. regia* noticeably deteriorated when comparing the more productive to the less productive site, whereas the other species largely retained the same vigour between the two sites. Based on their high survival rates after the first growing season, all tested species except *F. sylvatica* showed promising potential for future conversion of the mature pine plantations in the Slovenian Karst region. However, the results of only one growing season are insufficient to draw firm conclusions. From the results we can conclude that the introduction of broadleaves into pine plantations should not begin until conifers have already considerably improved soil conditions.

6 ZAHVALA

6 ACKNOWLEDGEMENTS

Članek je nastal v okviru raziskovalnega projekta V4-1124, ki ga financirajo Javna agencija za raziskovalno dejavnost republike Slovenije (ARRS), Ministrstvo za kmetijstvo in okolje ter program P4-0059. Zahvaljujemo se Tomažu Adamiču, Milanu Racetu, Boštjanu Košičku, Edvinu Drobnjaku, Branki Gaspariču in Ivanu Dolencu za njihovo pomoč pri pripravi raziskave in pomoči pri terenskem delu. Zahvaljujemo se tudi vsem študentom gozdarstva, ki so pomagali pri saditvi. Prav tako se zahvaljujemo Alešu Kaduncu za posredovanje rastiščnih indeksov.

7 VIRI

7 REFERENCES

Anonimni. 1996. Report to the European parliament and the council on the application of regulation (EEC) no. 208092 instituting a community aid scheme for forestry measures in agriculture.

ARHIV - opazovani in merjeni meteorološki podatki po Sloveniji. 2013. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje. Agencija Republike Slovenije za okolje. <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (17. 7. 2013).

Beltram, V., 1946. Pogozdovanje Krasa ni problem. Gozdarski vestnik. Ljubljana: 9–18, 29–39 in 72.

Brunet, J., 2007. Plant colonization in heterogeneous landscapes: an 80-year perspective on restoration of broadleaved forest vegetation. Journal of Applied Ecology, 44: 563–572.

Brus, R., 2012. Drevesa in grmi Jadrana. Modrijan,

Ljubljana, 623 str.

Ceacero, C. J., Díaz-Hernández, J. L., del Campo, A. D., Navarro-Cerrillo, R. M., 2012. Interactions between soil gravel content and neighboring vegetation control management in oak seedling establishment success in Mediterranean environments. Forest Ecology and Management, 271: 10–18.

Diaci, J., Adamič, T., Grce, D., Rozman, A., Roženberger, D., 2014. Premena kraških gozdov črnega bora (*Pinus nigra* J.F.Arnold) z naravno obnovo. V: Roženberger, D. (ur.): XXXI. Gozdarski študijski dnevi »Premene malodonosnih in vrstnospremenjenih gozdov«, Ljubljana - Sežana, 9.–10. april 2013.

Don, A., Arenhövel, W., Jacob, R., Scherer-Lorenzen, M., Schulze, E. D., 2007. Anwuchserfolg von 19 verschiedenen Baumarten bei Erstaufforstungen - Ergebnisse eines Biodiversitätsexperimenten. Allgemeine Jagd- und Forstzeitung 178, 9–10:164–172.

Esen, D., Yildiz, O., Esen, U., Edis, S., Çetintas, C. 2012. Effects of cultural treatments, seedling type and morphological characteristics on survival and growth of wild cherry seedlings in Turkey. iForest 5: 283–289.

Fras, S. 1959. Pomen črnega bora za pogozdovanje Krasa in njegovi abiotični ter biotični škodljivci spremljevalci : diplomska naloga. Ljubljana: [samozal.], 57 str.

Gašperšič, F., Šebenik, M. 1995. Pogozdovanje Krasa. V: Enciklopedija Slovenije. 1987. [glavni urednik Marjan Javornik ; izdelava zemljevidov in risb Geodetski zavod SR Slovenije, Ljubljana; izdelava grafikonov Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo, Ljubljana: Mladinska knjiga. Zvezek 9: Plo-Ps, str. 36–37.

Gašperšič, F., Winkler, I. 1986. Ponovna ozelenitev in gozdnogospodarsko aktiviranje slovenskega krasa. Gozdarski vestnik, Ljubljana, 44, 5: 169–184.

Grossnickle, S. C., 2012. Why seedlings survive: Influence of plant attributes. New Forests, 43, 5–6: 711–738.

Jacobs, D. F., Wilson, B. C., Davis, A. S., 2004. Recent trends in hardwood seedling quality assessment. In: Riley, L.E., Dumroese, R.K. and T.D. Landis, technical coordinators. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations 2003. Ogden, UT: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Proceedings RMRS-P-33: 140–144.

Jarčuška, B., 2009. Growth, survival, density, biomass partitioning and morphological adaptations of natural regeneration in *Fagus sylvatica*. A review. Dendrobologia 61: 3–11.

Johnson, J. D., Tognetti, R., Michelozzi, M., Pinzauti, S., Minotta, G., and Borghetti, M. 1997. Ecophysiological responses of *Fagus sylvatica* seedlings to changing light conditions. II. The interaction of light environment and soil fertility on seedling physiology. Physiologia Plantarum, 101: 124–134.

- Kladnik, D., Petek, F., Urbanc, M., 2008. Pogozdovanje in ogozdovanje. V: Kras : trajnostni razvoj kraške pokrajine. Založba ZRC. Ljubljana (Ljubljana : Littera picta), 337 str.
- Maestre, F.T., Cortina, J., Bautista, S., Bellot, J., Vallejo, V.R., 2003. Smallscale environmental heterogeneity and spatio-temporal dynamics of seedling establishment in a semiarid degraded ecosystem. *Ecosystems* 6: 630–643.
- Newsome, T.A., J.L. Heineman, and N.M. Daintith, 2005. Suitability of native broadleaf species for reforestation in the Cariboo area of the Southern Interior Forest Region. British Columbia Ministry of Forests, Research Branch. Victoria, British Columbia, Extension Note 73.
- O’Leary Tomás, N., McCormack Art, G., Peter Clinch, J., 2000. Afforestation in Ireland — regional differences in attitude. *Land Use Policy* 17, 1 : 39–48.
- Piškorčić, O., 1979. Problematika obnove šuma na kršu na savjetovanju održanom 1879. godine u Rijeci i u Zadru. *Zagreb. Šumarski list* 1–3, 103: 83–88.
- Šlander, J., 1950. Jesensko in pomladansko pogozdovanje s saditvijo. *Gozdarski vestnik*, Ljubljana, 1: 12 str.
- Tabari, M., Fayyaz, P., Espahbodi, K., Staelens, J., Nachtergale, L., 2005. Response of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) seedlings to canopy gap size. *Forestry* 78: 443–450.
- Tomaz, C., Alegria, C., Monteiro, J. M., Teixeira, M. C., 2013. Land cover change and afforestation of marginal and abandoned agricultural land: A 10 year analysis in a Mediterranean region. *Forest Ecology and Management* 308: 40–49.
- Topić, V., 1997. Upotrebljivost autoktonih listača pri pošumljavanju krša (Usage of Native Deciduous Plants for Karst Afforestation). *Zagreb. Šumarski list*, 7–8, 121: 343–352.
- Valkonen, S., 2008. Survival and growth of planted and seeded oak (*Quercus robur* L.) seedlings with and without shelters on field afforestation sites in Finland. *Forest Ecology and Management* 255, 3–4, 20: 1085–1094.