

POMLAJEVANJE IN EKOLOŠKE LASTNOSTI RDEČEGA HRASTA (*Quercus rubra* L.)

REGENERATION AND ECOLOGY OF NORTHERN RED OAK (*Quercus rubra* L.)

Dušan ROŽENBERGAR¹, Jurij DIACI², Matteo BOTTOSSO³, Tim PIRC⁴, Blaž FRICELJ⁵, Kristjan JARNI⁶, Andrej ROZMAN⁷

(1) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, dusan.rozenbergar@bf.uni-lj.si

(2) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, jurij.diaci@bf.uni-lj.si

(3) Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za načrtovanje in monitoring gozdov in krajine, matteo.bottosso@gozdis.si

(4) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, tim.pirc@bf.uni-lj.si

(5) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, blaz.fricelj@bf.uni-lj.si

(6) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, kristjan.jarni@bf.uni-lj.si

(7) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, andrej.rozman@bf.uni-lj.si

IZVLEČEK

V članku obravnavamo ekologijo, potencialno invazivnost, pomlajevanje, razširjenost in lastnosti rdečega hrasta (*Quercus rubra* L.) v Sloveniji. V čistem sestoju rdečega hrasta v Panovcu smo s pomočjo transektov (3 ploskve velikosti 4 × 4 m na transekt) v smeri proti sosednjim pretežno gradnovim sestojem analizirali drevesno sestavo in zastiranje mladja. Ugotovili smo, da se rdeči hrast v pasu do 50 m od matičnega sestoja dobro pomlajuje s povprečnimi gostotami okoli 40.000 osebkov na hektar. Zastiranje mladja rdečega hrasta je bilo na robu matičnega sestoja 79 % in se je v oddaljenosti 50 m zmanjšalo na 21 %, medtem ko je delež zastrtosti z mladjem gradna povečal s 4 % na robu sestoja na 39 % 50 m stran. Širjenje rdečega hrasta zunaj matičnih sestojev je razmeroma omejeno in ga je mogoče nadzorovati s pomočjo rednih gozdnogojitvenih ukrepov. Cilj na takih območjih so mešani sestoji, ki vključujejo rdeči hrast, ki hitro raste, je odporen na posledice podnebnih sprememb in ga je mogoče vzgojiti za pridelavo kakovostnega lesa.

Ključne besede: hrasti, nega gozda, pomlajevanje, invazivni potencial, tujerodne drevesne vrste

ABSTRACT

This paper discusses the basic ecology, potential invasiveness, regeneration, distribution, and characteristics of northern red oak (*Quercus rubra* L.) in Slovenia. In a pure northern red oak stand in Panovec, we analyzed tree composition and regeneration coverage using plot transects (three 4 × 4 m plots per transect) leading from the parent stand into neighboring, predominantly sessile oak stands. We found that northern red oak regenerates well within a 50 m range from the parent stand, with an average density of about 40,000 seedlings per hectare. Regeneration coverage of northern red oak at the edge of the parent stand was 79%, decreasing to 21% at a distance of 50 m, while sessile oak regeneration coverage increased from 4% at the edge to 39% at 50 m. The spread of northern red oak beyond parent stands is relatively limited and can be controlled by regular silvicultural measures. The goal in such areas is to establish mixed stands that include northern red oak, which grows rapidly, is resilient to climate change, and produces high-quality timber.

Key words: oaks, tending, regeneration, invasiveness, non-native tree species

GDK 181:176.1Quercus rubra L(045)=163.6

DOI 10.20315/ASetL.135.1

Prispelo / Received: 31. 01. 2024

Sprejeto / Accepted: 26. 09. 2024



1 UVOD

1 INTRODUCTION

Področje vnosa in vpliva tujerodnih vrst v Sloveniji ureja predvsem Zakon o ohranjanju narave (1999). Pomembno vlogo imajo tudi Uredba o posebnih varstvenih območjih (Natura 2000) (2004), Zakon o gozdovih (1993), Zakon o gozdnem reprodukcijskem materialu (2002), Pravilnik o določitvi provenienčnih območij (2003) in Uredba o zavarovanih prosto živečih rastlinskih vrstah (2004). Gojenje tujerodnih dreves v

Sloveniji ni prepovedano, doselitev tujerodnih vrst je načeloma dovoljena, za vnos novih vrst pa je potreben postopek presoje vplivov na okolje in odobritev pristojnega ministra (Adamič in sod., 2022).

Slovenska zakonodaja omogoča gojenje določenih tujerodnih drevesnih vrst, ki so zaradi svoje odpornosti in hitre rasti lahko ključne pri prilagajanju gozdov na podnebne spremembe in so gospodarsko zanimive. Rdeči hrast (*Quercus rubra* L.) je ena izmed takšnih vrst, saj ima kakovosten les, hitro raste in je nezah-

teven glede rastiščnih razmer. Zaradi teh lastnosti je smotrno preučiti možnosti njegove uporabe v slovenskih gozdovih.

V prispevku smo s kombinacijo pregleda literature in lastnih meritev na terenu poskušali ugotoviti, kakšen status ima rdeči hrast v slovenskih gozdovih in gozdarstvu. Namen prispevka je predstaviti osnovne ekološke značilnosti, gojitveni status ter gozdnogojitvene smernice za gojenje te vrste v Sloveniji.

1.1 Ekološke lastnosti rdečega hrasta

1.1 Ecology of northern red oak

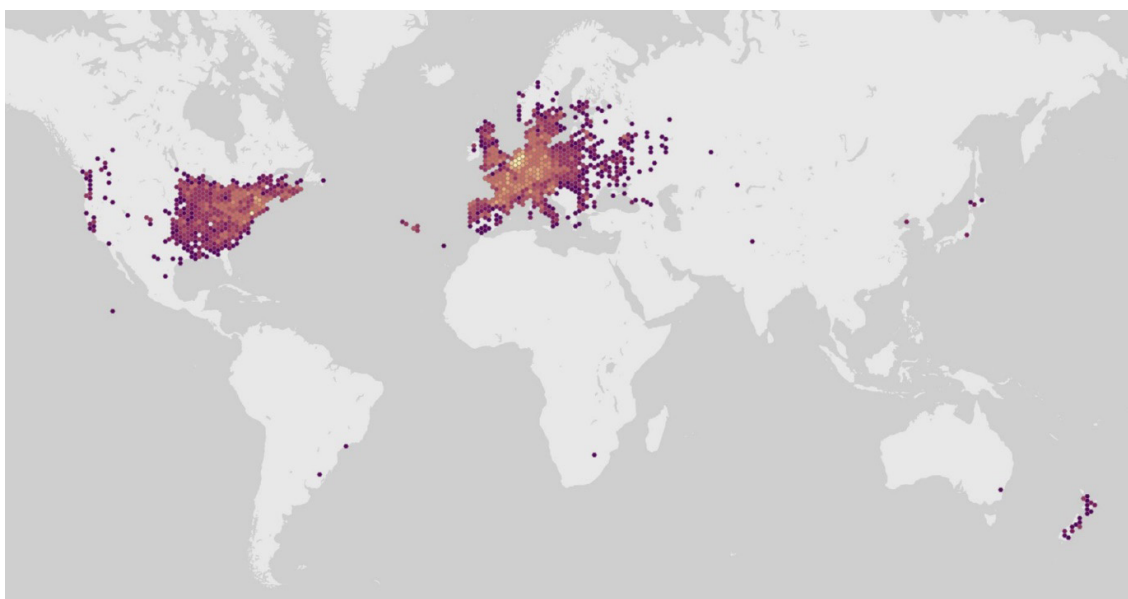
Rdeči hrast je avtohtono razširjen v vzhodnem delu Združenih držav Amerike. Porašča večji del Apalačev (Tirmenstein, 1991), severni del areala pa v manjši meri sega v Kanado. Vrsta je zaradi kakovostnega lesa in hitre rasti umetno razširjena tudi zunaj naravnega areala, posebno v Evropi, kjer prerašča okoli 350.000 ha površin, predvsem v Ukrajini, Franciji, Nemčiji in na Poljskem (slika 1) (Nicolescu in sod., 2020).

Glede na podatke ZGS iz leta 2017 (ZGS, 2017) je lesna zaloga rdečega hrasta v Sloveniji 110.768 m³ ali 0,03 % skupne lesne zaloge, delež gozdnih odsekov, v katerih se rdeči hrast pojavlja, pa je 1,2 %. Uspeva skoraj povsod po Sloveniji, za zdaj ga ni le v alpskem, dinarskem območju in v priobalnih predelih naše države (slika 2). V naravnem okolju uspeva na območjih z letnimi padavinami med 760 in 2030 mm in temperaturami med 4 in 16 °C (Sander, 1990; Tirmenstein, 1991; Dey in Parker, 1996). V evropskem prostoru lahko raste tudi, če je padavin manj (okoli 500 mm) in so temperature višje (7–17 °C) od tistih v območju naravne razširjenosti. Rdeči hrast prenese zimske temperature

do - 40 °C, prizadenejo ga jesenske pozebe (Nicolescu in sod., 2020).

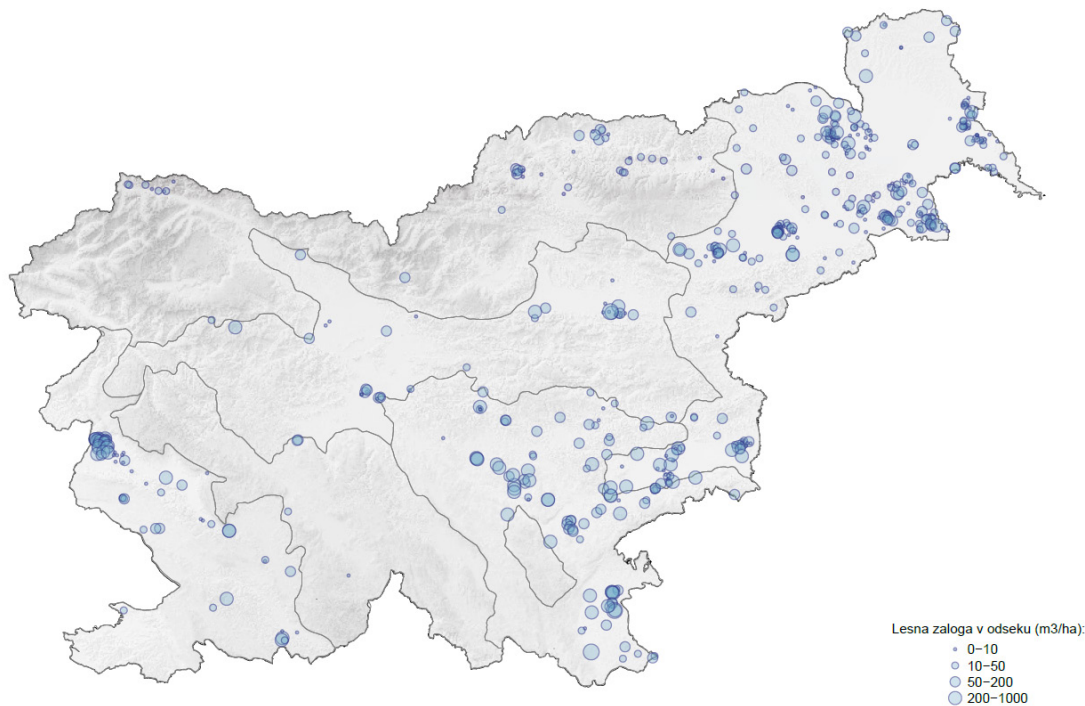
V primerjavi z avtohtonim gradnom (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) je rdeči hrast odpornejši proti suši in manj zahteven glede tal, ki so lahko tudi peščena ali degradirana (Morrissey in sod., 2010). Manj je konkurenčen na produktivnih rastiščih zaradi hitreje rastočih visokih zelišč in drevesnih vrst. Za rdeči hrast je značilna velika sposobnost shranjevanja hranil in rezervnih snovi v koreninah. To lastnost izkoriščajo v ZDA tako, da z nadzorovanim požiganjem zmanjšujejo konkurenco zelišč in neželenih vrst (Dey in Parker, 1996; Morrissey in sod., 2010). Bolj mu ustrezajo kisle kot izrazito bazične talne podlage, ne uspeva v tleh z zastajajočo vodo. Rdeči hrast po 25. letu starosti obilno semeni (Sander, 1990) v krajših intervalih (2–3 leta). V ZDA je seme pomemben del prehrane živali. V Evropi imajo ptice, glodavci in sesalci raje seme avtohtonih hrastov (Nicolescu in sod., 2020). Raziskave zahodnega dela Poljske kažejo, da je šoja pomemben vektor razširjanja hrastovih semen. V poskusu so šoje dvakrat pogosteje izbrale dobrova (*Quercus robur* L.) semena kot semena rdečega hrasta, preživetje rdečega hrasta po klitju pa je bilo značilno večje od doba (Myczko in sod., 2014). Objedanje s strani velikih rastlinojedih parkljarjev lahko negativno vpliva na razvoj mladja rdečega hrasta (Dey in Parker, 1996; Buckley in sod., 1998).

Rdeči hrast spada v območju avtohtonega pojavljanja med vrste, ki so zmerno sencozdržne, saj lahko mladje preživi že pri 2–5 % osvetlitve na prostem. V ZDA sta konkurenčnejša sladkorni javor (*Acer saccharum* Marsh.) in ameriška bukev (*Fagus grandifolia* Ehrh.), ki sta sposobna preživeti še več zastiranja in v



Slika 1: Trenutna razširjenost rdečega hrasta v svetovnem merilu (GBIF, 2021)

Fig. 1: Current global distribution of red oak (adapted according to GBIF – Global Biodiversity Information Facility)



Slika 2: Lesna zaloga rdečega hrasta po gozdnih odsekih v Sloveniji (Vir: ZGS, 2017)

Fig. 2: Red oak standing volume on the forest compartment level in Slovenia (Source: ZGS, 2017)

prvi fazi rasti pod zastorom izrinjata rdeči hrast iz sestojev (Dey in Parker, 1996). V primerjavi z gradnom in dobom potrebuje rdeči hrast za dobro uspevanje v mlajših razvojnih fazah manj svetlobe (Savill, 2019). Dobro se pomlajuje pod zastorom, pri terenskem pregledu sestojev rdečega hrasta v Sloveniji pa smo povsod opazili tudi nekaj metrov visoke osebke v spodnjih sestojnih položajih, kar nakazuje sposobnost preživetja v slabših svetlobnih razmerah tudi v kasnejših razvojnih fazah. Pri prehajanju v zgornje sestojne položaje rdeči hrast raste v smeri boljših svetlobnih razmer, kar lahko povzroči krivo rast in manjšo kakovost bodoče hlodovine (Nicolescu in sod., 2020).

1.2 Potencialna invazivnost rdečega hrasta

1.2 Invasive potential of northern red oak

Raziskave v Evropi nakazujejo potencialno invazivnost rdečega hrasta na srednje dobrih peščenih in suhih tleh, revnih s hranili (Van Loo in sod., 2017). Na bogatejših tleh se sicer dobro pomlajuje, vendar so tam tudi avtohtone vrste konkurenčnejše. Razširjanje rdečega hrasta je odvisno od semenskih dreves, saj mu težko seme omejuje invazivnost (Major in sod., 2013). Raziskava, narejena v Litvi, je pokazala, da je bilo v primerjavi s sestoji doba v sestojih rdečega hrasta značilno manjše zastiranje podstojnih dreves in pritalne vegetacije, značilno manj pa je bilo tudi vrst pritalne vegetacije (Marozas in sod., 2009). Poleg manjšega števila vrst pritalne vegetacije, so glede na sestoji doba potrdili tudi dru-

gačne talne lastnosti v sestojih rdečega hrasta in manjše število (od 5 do 34 %) različnih talnih mikroorganizmov (Riepšas in Straigyte, 2008; Stanek in sod., 2020). Manjšo vrstno pestrost v sestojih rdečega hrasta so potrdili tudi na Poljskem, kjer so potrdili močno konkurenčno sposobnost rdečega hrasta v zgornji drevesni plasti in v plasti mladja. V isti raziskavi so potrdili naravno pomlajevanje rdečega hrasta v 50 % vseh analiziranih sestojev in ugotovili, da vrsta kaže znake invazivnosti (Chmura, 2013; Woziwoda in sod., 2014a). Na Poljskem ima rdeči hrast trenutno majhen delež v skupni površini gozdov (0,16 %), vendar strokovnjaki napovedujejo povečevanje deleža v prihodnje zaradi hitre rasti in uspešnega pomlajevanja (Woziwoda in sod., 2014b). Manjša raziskava v urbanih gozdovih Ljubljane nakazuje dobro pomlajevanje rdečega hrasta in njegovo vztrajanje tudi v sestojnih razmerah pri večjih temeljnicah, kar kaže na potencialno invazivnost, ki pa je trenutno še ne moremo potrditi (Cholkova, 2021). Kljub temu ga zaradi omejenega širjenja semen in ker ne odganja iz korenin v večini evropskih držav ne obravnavajo kot močno invazivno vrsto (Nicolescu in sod., 2020).

1.3 Rastne značilnosti in gospodarske lastnosti rdečega hrasta

1.3 Growth and economic characteristics of northern red oak

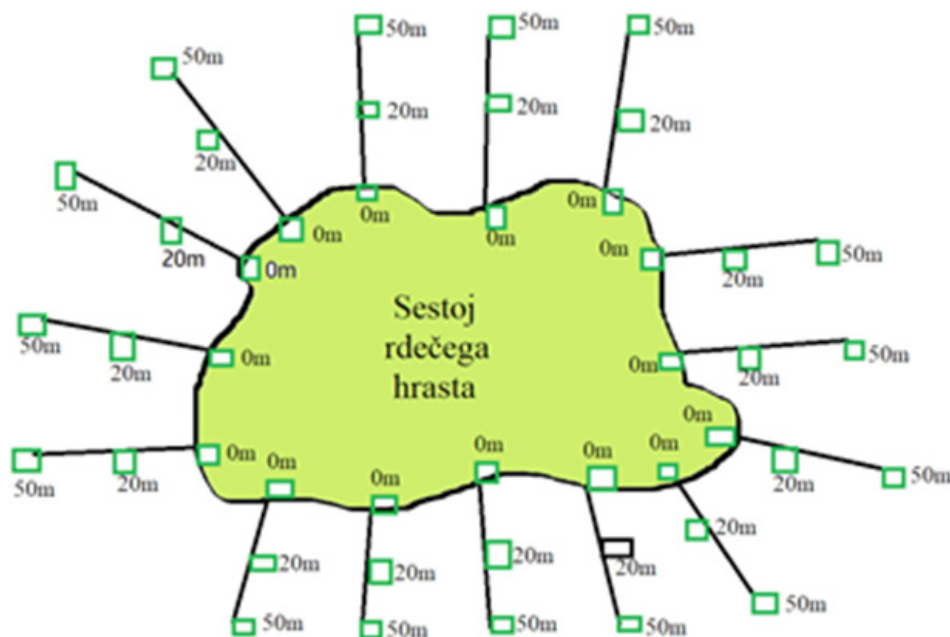
V primerjavi z domačimi vrstami hrastov prirašča rdeči hrast v višino hitreje in lahko doseže višino okoli

16 m v 20 letih. V debelino priraste povprečno 0,5 cm letno, v ugodnih razmerah in z načrtnim gojenjem pa tudi do 1 cm na leto. Posledica intenzivne rasti je dobra volumska rast, ki doseže letne prirastke med 8 in 10 m³/ha pri starosti 80 let (Nicolescu in sod., 2020). Glede na raziskave v Nemčiji dosega skupna proizvodnja lesa rdečega hrasta produkcijo bukve in za 20 % presega donos domačih hrastov na istem rastišču (Joachim, 2016). Tudi v Sloveniji kažejo raziskave na rastiščih hrasta in belega gabra na dobro priraščanje rdečega hrasta v nasadih na pretežno kisljih tleh. Povprečni letni volumenski prirastek v Ravnah na Koroškem je bil okoli 8,5 m³/ha pri starosti sestoja 50 let, na Ravnem polju (Kidričevo) okoli 9 m³/ha (starost sestoja 50 let) in v Krakovskem gozdu okoli 10 m³/ha pri starosti 68 let (Erker, 1972).

Rdeči hrast je venčasto porozna drevesna vrsta z velikimi porami v ranem lesu, po zgradbi lesa ga uvrščamo med t.i. »rdeče hraste«, naši domači vrsti dob in graden pa pod »bele hraste«. Les najlaže ločimo od domačih belih hrastov po razporeditvi trahej v kasnem lesu, ki so debelostene, ovalne in dobro vidne. Pri gradni in dobi so traheje bolj oglate in včasih razporejene v skupinah. Jedro je svetlo do temno rjavo, v primerjavi z domačimi belimi hrasti je jedrovina bolj rdečkasta in slabše kakovosti (Čufar, 2006). Les je v primerjavi z avtohtonimi hrasti gostejši, v povprečju med 680 in 720 kg/m³, srednje trd in elastičen, vendar manj odporen kot les doba ali gradna (Nicolescu in sod., 2020). Les rdečega hrasta je težak in trd ter se dobro obdeluje s strojnimi in ročnim orodjem. Je slabo odporen na napa-

de žuželk in razgradnjo zaradi mikroorganizmov, zato je primeren za notranjo uporabo. Za uporabo na prostem mora biti ustrezno zaščiten z različnimi premazi (Vansteenkiste in sod., 2005). Rdeči hrast je ena izmed vrst lesa, ki jih najlaže impregniramo s kreozotom. Na ameriški lestvici impregnabilnosti spada rdeči hrast v skupino 1, kar pomeni, da ima zelo dobro sposobnost penetracije impregnacijskega sredstva v les (Webb in sod., 1998). Zaradi zgoraj naštetih lastnosti je uporaba lesa zelo razširjena. Uporablja se v pohištveni industriji za izdelavo vidnih in skritih delov (stoli, mize, omar, itd.). Furnir se uporablja kot dekorativni element in pri izdelavi furnirskih plošč. Les je primeren tudi za stavbno pohištvo, talne in stenske obloge (parket in industrijske talne obloge). Pogosto se uporablja za notranje površine, ki so izpostavljene velikim obremenitvam (talne obloge, kjer se gibljejo težki stroji; dna tovornih površin). Les je prav tako primeren za uporabo v konstrukcijah, kot so leseni mostovi, ograje, stebri, zabojniki, palete, škatle, krste in podobno. V Združenih državah Amerike ga vse bolj uporabljajo kot alternativo belim hrastom (*Quercus alba*, *Q. macrocarpa*, *Q. muhlenbergii*, *Q. bicolor*, *Q. stellata*), saj je dobava slednjih omejena (Golob, 2022).

Cene v Evropi za najboljšo kakovost dosegajo do 150 EUR/m³ (Vansteenkiste in sod., 2005; Nicolescu in sod., 2020), na razvitejšem trgu v Nemčiji pa tudi 250 EUR/m³ in več (Burkardt, 2018). V SV delu ZDA so cene lesa rdečega hrasta na panju v prvem četrtletju leta 2021 dosegle med 80 in 220 EUR/m³. Cene lesa rdečega hrasta na tradicionalni licitaciji v Slovenj Grad-



Slika 3: Prikaz vzorčenja na ploskvah dimenzije 4 × 4 m v obeh obravnavanih sestojih rdečega hrasta

Fig. 3: Sampling design of 4 × 4 m plots used in both analyzed red oak stands

cu so se zadnjih pet let gibale med 111 in 280 EUR/m³. V Sloveniji je trg lesa za rdeči hrast relativno slabo razvit in so dosežene cene hlodovine zaradi nepoznavanja kakovosti lesa manjše, vendar pa verjetno ob povečani ponudbi in primernem informiranju potencialnih kupcev v prihodnosti lahko pričakujemo boljše odkupne cene.

2 METODE 2 METHODS

Raziskavo smo opravili na območju mestnega gozda Panovec, ki leži na obrobju mesta Nova Gorica in obsega okoli 380 ha površin. Geološka podlaga je oceanski fliš, ki ga gradijo plasti laporja, skrilaste glin in peščenjaki. Globina tal je odvisna od ekspozicije, nagiba in načina razgradnje osnovne kamnine. V Panovcu so različna tla: rjava karbonatna, rjava, rjava opodzoljena, podzol, psevdoglej in koluvialna tla. Relief območja je razgiban. Najnižja nadmorska višina je 80 m, najvišji vrh pa je na nadmorski višini 193 m (Papež in sod., 2001).

Podrobne analize smo napravili v oddelku 13D in 23, kjer prevladujeta gozdni združbi *Carici umbrosae-Quercetum petraeae* in *Ornithogallo pyrenaici-Carpinetum*, v katerih je delež rdečega hrasta v lesni zalogi 66 % oz. 45 %. V obeh oddelkih je rdeči hrast v zadnjih desetletjih stalnica in se uspešno pomlajuje. Analiza je potekala v dveh sestojih s prevladujočim deležem rdečega hrasta, kjer smo vzdolž 19 transektov (razdalja med transekti je bila 50 m) postavili raziskovalne ploskve velikosti 4 × 4 m, in sicer (i) ploskev na robu sestoja, (ii) ploskev, oddaljena 20 metrov od roba sestoja, in (iii) ploskev, oddaljena 50 m od roba sestoja (slika 3). Skupno smo analizirali 56 ploskev, pri katerih smo ocenili zastiranje in številčnost posameznih drevesnih vrst, ter zastiranje zeliščne plasti, skalovitost, za vsako drevesno vrsto posebej pa smo z Bitterlichovo metodo določili tudi temeljnico (m²/ha), ki smo jo po potrebi sešteli in dobili oceno skupne sestojne temeljnice. Ocena temeljnice je točkovni podatek, ki je v našem primeru rabil kot grob kazalnik sestojnih in svetlobnih razmer, ki močno vplivajo na razvoj vegetacije spodnjih plasti sestoja.

Pri ugotavljanju povezav med skupno temeljnico in zastiranjem mladja posameznih drevesnih vrst smo uporabili Spearmanovo korelacijo rangov. Za preučevanju vpliva oddaljenosti od roba sestoja na zastiranje mladja posameznih drevesnih vrst na ploskvi smo uporabili analizo variance. Vse statistične izračune smo opravili s pomočjo programske opreme Excel in IBM SPSS Statistics 25.

3 REZULTATI

3 RESULTS

Največjo gostoto mladja smo zabeležili za rdeči hrast in graden. Prvi je dosegel gostoto 197.500, drugi pa 191.250 osebkov na hektar. Drevesne vrste z maksimalno gostoto nad 10.000 osebki na hektar so bile še mali jesen, veliki jesen, gorski javor, brek, maklen in beli gaber (preglednica 1).

V povprečju je na vseh ploskvah dosegel največjo gostoto rdeči hrast s 40.112 osebki na hektar, dvakrat manjšo gostoto mladja smo zabeležili za graden (19.565 osebkov na hektar). Z več kot 1000 osebki mladja na hektar so mu sledili še veliki jesen, mali jesen in beli gaber (preglednica 1).

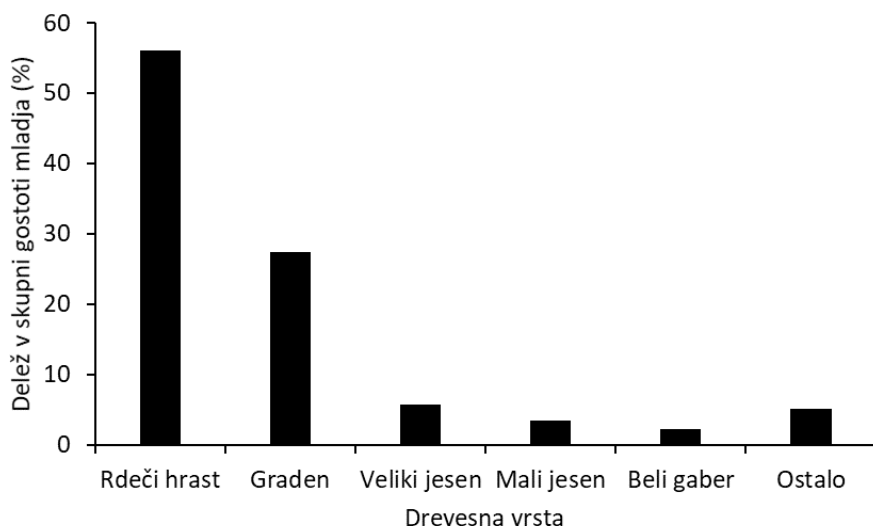
V deležu glede na skupno število osebkov mladja na vseh raziskovalnih ploskvah sta prevladovala rdeči hrast (56 %) in graden (27 %). Drevesne vrste z deležem nad 1 % so bile še veliki (6 %) in mali jesen (3 %), ter beli gaber (2 %). Druge drevesne vrste so imele delež pod 1 % (slika 4).

S Spearmanovo korelacijo rangov smo potrdili značilno pozitivno povezavo med skupno temeljnico in zastiranjem mladja rdečega hrasta ($r = 0,28$; $p = 0,03$) in značilno negativno povezavo med zastiranjem mladja rdečega hrasta in zastiranjem mladja gradna ($r = -0,67$; $p < 0,001$). Povezave med temeljnico in zastiranjem mladja gradna nismo potrdili ($r = -0,07$; $p = 0,6$) (preglednica 2).

Preglednica 1: Maksimalne in povprečne gostote mladja (N/ha) glede na drevesno vrsto (velikost vzorca N = 56)

Table 1: Maximum and average regeneration densities (N/ha) according to tree species (sample size N = 56)

	Maksimalna gostota (N/ha)	Povprečna gostota (N/ha)
Rdeči hrast	197.500	40.112
Graden	191.250	19.565
Veliki jesen	23.125	4.063
Mali jesen	32.500	2.500
Beli gaber	10.625	1.641
Bodika	8.750	804
Maklen	16.250	759
Gorski javor	22.500	569
Robinija	5.625	435
Brek	16.250	368
Poljski brest	9.375	279
Pravi kostanj	1.875	112
Bukev	2.500	112
Grška jelka	1.250	101
Divja češnja	3.125	56
Rdeči bor	1.250	34
Črnika	1.250	23
Lawsonova pacipresa	1.250	23
Skupaj / Total		71.553

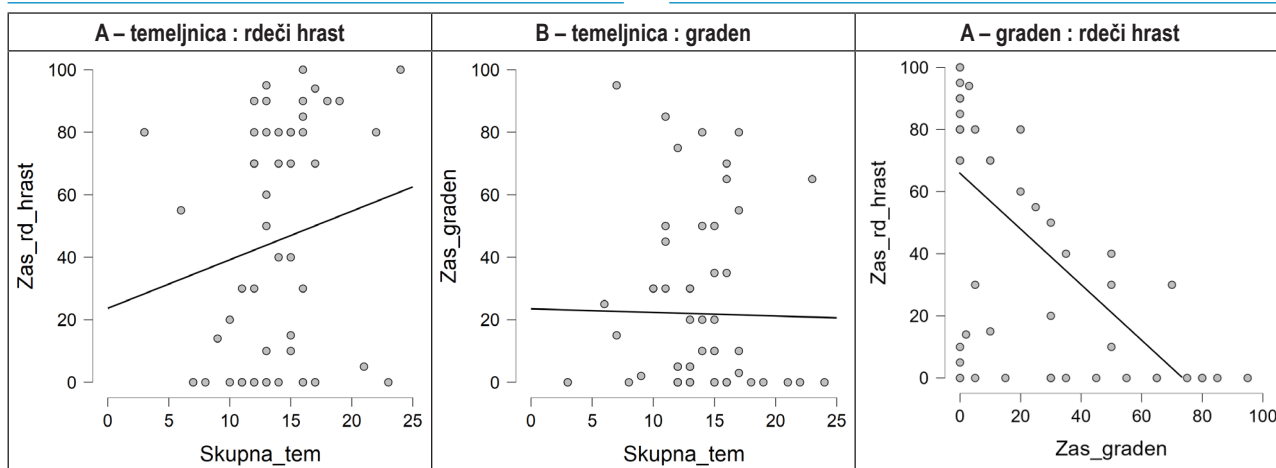


Slika 4: Drevesna sestava mladja naravne obnove

Fig. 4: Tree species composition of natural regeneration

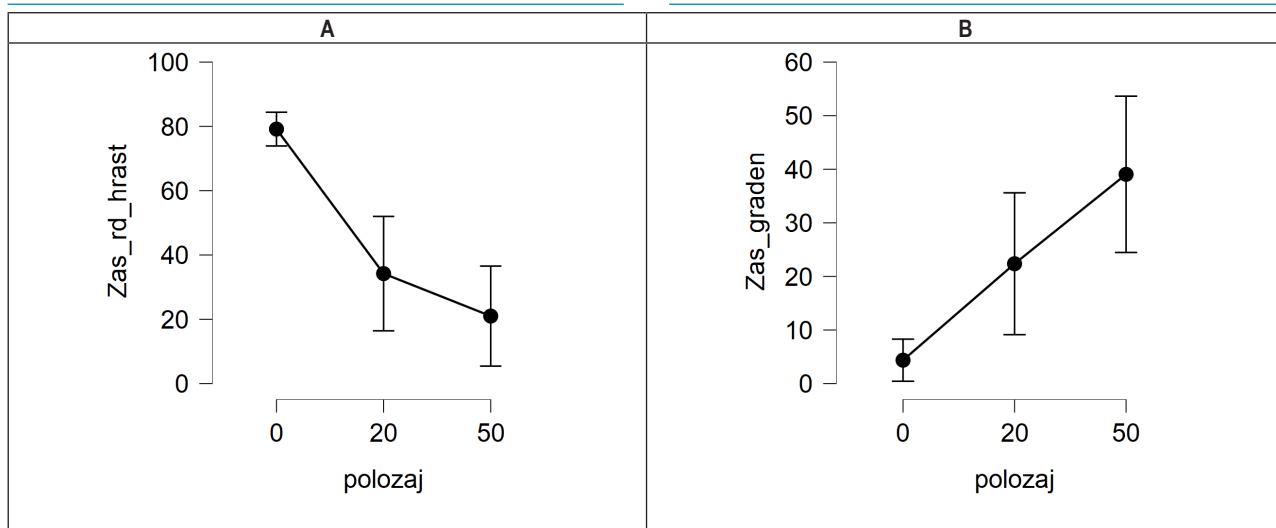
Preglednica 2: Povezave med skupno temeljnico (Skupna_tem), zastiranjem mladja rdečega hrasta (Zas_rd_hrast; A), zastiranjem mladja gradna (Zas_graden; B) in med zastiranjem obeh drevesnih vrst (C)

Table 2: Relationships between total basal area (Skupna_tem), red oak regeneration coverage (Zas_rd_hrast; A), sessile oak regeneration coverage (Zas_graden; B), and between the coverage of both tree species (C)



Preglednica 3: Deleži (%) zastiranja tal mladja rdečega hrasta (Zas_rd_hrast; A) in gradna (Zas_graden; B) glede na oddaljenost od osnovnega odraslega sestoja rdečega hrasta (položaj; 0 m, 20 m, 50 m)

Table 3: Proportion (%) of ground coverage of red oak regeneration (Zas_rd_hrast; A) and sessile oak regeneration (Zas_graden; B) based on distance from the parent mature red oak stand (location; 0 m, 20 m, 50 m)



Z analizo variance smo potrdili značilne razlike v zastiranju rdečega hrasta ($F = 21,01$; $p < 0,001$) in gradna ($F = 9,88$; $p < 0,001$) glede na oddaljenost od matičnega sestoja.

Zastiranje mladja rdečega hrasta je bilo na robu matičnega sestoja 79 % in se je v oddaljenosti 50 m zmanjšalo na 21 %, medtem ko se je delež zadržati z mladjem gradna povečal s 4 % na robu sestoja na 39 % v oddaljenosti 50 m (preglednica 3).

4 RAZPRAVA

4 DISCUSSION

4.1 Pomlajevanje in razvoj mladja rdečega hrasta

4.1 Regeneration dynamics of northern red oak

Območje raziskave je obsegalo čiste sestoje rdečega hrasta in 50-metrski pas okoli njih, v katerem so bile primešane še druge drevesne vrste, predvsem graden. Na celotnem območju je v mladju prevladoval rdeči hrast s povprečno gostoto 40.000 osebkov na hektar in 56 % deležem. Kjerkoli je rdeči hrast uveljavljen v drevesni plasti, raziskovalci poročajo o njegovem uspešnem pomlajevanju, ki lahko leto ali dve po klitju doseže gostote med 250.000 in 350.000 osebkov na ha (Major in sod., 2013), v nekaterih primerih celo 800.000 osebkov na hektar (Delkov, 2004; Vor, 2005). Gostote, ki smo jih izmerili v naši raziskavi, so manjše, saj gre za nekaj let stare osebkve mladja, naravna selekcija pa je zaradi neugodnih svetlobnih razmer pod zastorom velika (Ionescu in Lăzărescu, 1966; Delkov, 2004).

Rezultati kažejo dominanco rdečega hrasta v mladju, ki dobro uspeva tudi v slabših svetlobnih razmerah (slika

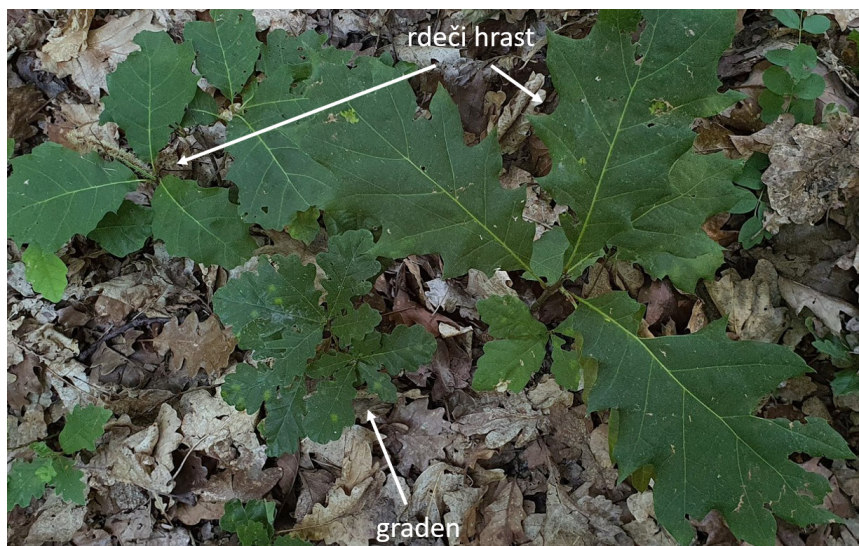
5), kar je potrdila tudi analiza odvisnosti zastiranja mladja rdečega hrasta od skupne temeljnice. S povečevanjem skupne temeljnice se je zastiranje mladja rdečega hrasta povečevalo, kar potrjuje močno konkurenčno sposobnost rdečega hrasta v spodnjih plasteh sklenjenih sestojev (Dey in Parker, 1996; Vor, 2005; Major in sod., 2013).

Slednjega nismo ugotovili za graden, kjer nismo potrdili statistično značilne povezave med temeljnico in zastiranjem. Močno negativno povezanost smo potrdili za zastiranje obeh vrst, kar nakazuje, da obe vrsti v mladju ne moreta sobivati, kar je verjetneje na lokacijah v svetlobnih razmerah manjše intenzitete in pod zastorom. Podobne razmere so bile tudi na naših raziskovalnih ploskvah. Uspešno pomlajevanje pod zastorom in sposobnost preživetja v skromnih svetlobnih razmerah dajejo rdečemu hrastu prednost pred domačimi svetloljubnimi vrstami. Domači vrsti, ki sta v teh razmerah sposobni rdečemu hrastu konkurirati, sta domnevno gorski javor in pa zagotovo bukev, ki je glede na literaturo bolj sencoždržna in se je v vsakem trenutku sposobna hitreje odzvati na izboljšane svetlobne razmere (Dey in Parker, 1996; Nicolescu in sod., 2020; Bindewald in sod., 2021). Na naših raziskovalnih objektih in v njihovi neposredni okolici je bila bukev slabo zastopana in konkurence z bukvijo v pomladku nismo zaznali. Smo pa, podobno kot v bukovih sestojih, opazili posamične več metrov visoke osebkve rdečega hrasta pod povsem sklenjenim sestojem. Čeprav v raziskavi empiričnih podatkov o tem nismo beležili, menimo, da to nakazuje morebitno prednost rdečega hrasta pred gorskim javorjem in velikim jesenom, ki si



Slika 5: Bujno pomlajevanje v sklenjenem sestoju rdečega hrasta v Panovcu

Fig. 5: Abundant regeneration in the understory of a northern red oak stand in Panovec



Slika 6: Primerjava dimenzij enako starih (2–5 let) osebkov mladja gradna in rdečega hrasta

Fig. 6: Comparison of dimensions of sessile oak and northern red oak of the same age (2–5 years)

cer nekaj let po fazi pomladka potrebujeta več svetlobe za preživetje, kot je na razpolago v srednjih plasteh sklenjenih sestojev. V plasti mladja smo zabeležili tudi rast belega gabra, ki je bolj sencozdržen od gorskega javorja in velikega jesena, vendar bistveno manj gospodarsko zanimiv. V sestojih, kjer se rdeči hrast pomlajuje in nimamo domačih sencozdržnih vrst, je invazivni potencial rdečega hrasta večji, kar smo opazili tudi na naših objektih, kjer je bil v mlajših razvojnih fazah primešan predvsem graden (slika 6).

Kljub temu pa že manjši odmik od semenskih dreves pomeni veliko zmanjšanje potencialov širjenja rdečega hrasta (Bindewald in sod., 2021). To potrjujejo tudi naši rezultati, saj se je zastiranje rdečega hrasta v mladju zmanjšalo z okoli 80 % v sestoji na okoli 20 % v oddaljenosti 50 m od matičnega sestoja. Robni deli sestojev rdečega hrasta so pomembni za njegovo širjenje, zato je tu potrebno gozdarjevo opazovanje in primerno ukrepanje. Ne glede na tu in tam dominantno vlogo rdečega hrasta v pomladku, se avtohtone vrste pojavljajo v deležih, ki z dovolj zgodnjimi negovalnimi ukrepi omogočajo njihovo pospeševanje in povečevanje drevesne pestrosti bodočih sestojev.

4.2 Gojitveni napotki za vzgojo rdečega hrasta

4.2 Silvicultural guidelines for northern red oak

Odrasla drevesa rdečega hrasta začnejo obilno seminiti po 25 letu starosti, kar velja tako za sestoje na naravnih rastiščih kakor tudi za evropski prostor (Nicolescu in sod., 2020). Za uspešno klitje želodov morajo biti semena rdečega hrasta v stiku s tlemi. Dobro semenenje in razmeroma majhna predacija želoda (Myczko in sod., 2014; Nicolescu in sod., 2020) omogočata njegovo uspešno pomlajevanje, zaradi česar so lahko pomladitvene dobe krat-

ke. Gostote mladja rdečega hrasta v okolici Freiburga v Nemčiji so bile v povprečju okoli 240.000 osebkov na ha, kar je vključevalo tudi mladje v sestojih pod zastorom. Največje gostote so ugotovili neposredno pod semenski mi drevesi, z oddaljevanjem od semenskega drevesa pa značilno manj, kar kaže na omejenost rdečega hrasta pri širjenju (Major in sod., 2013). Naravna obnova je najuspešnejša pri uporabi zastornega načina gospodarjenja, dobre rezultate so zabeležili tudi pri uporabi kombinacije pomladitvenih sečenj vrzeli in robnih sečenj (Dey in Parker, 1996; Nagel, 2015).

Rdeči hrast lahko pospešujemo tudi s pomočjo saditve, pri čemer je pomembno, da poskrbimo za nepoškodovane korenine, ki vsebujejo hranila in rezervne snovi za razvoj mlade rastline (Dey in Parker, 1996; Morrissey in sod., 2010). V Evropi so gostote saditve odvisne od države, v Franciji uporabljajo gostote od 1000–2000 osebkov na hektar, v Romuniji pa od 5000–7000 osebkov na hektar. Mladje rdečega hrasta dobro uspeva v kombinaciji z avtohtonimi drevesnimi vrstami, ki jim moramo zaradi hitre rasti rdečega hrasta pri negovalnih ukrepih dajati prednost (Nicolescu in sod., 2020).

Mladje rdečega hrasta lahko pod zastorom preživi več let, vendar propade, če ni ustrezne presvetlitve sestojev. V začetku razvoja osebkov mladja rdečega hrasta je za preživetje dovolj okoli 30 % relativnega difuznega sevanja (Phares, 1971), kasneje pa je potrebno postopno odpiranje sestoja z različnimi jakostmi zastornih sečenj. V ZDA sestoj povsem odprejo in nadaljujejo z direktno nego, ko je v sestoji vsaj 1000 dreves višine 1 m (Dey in Parker, 1996). V Evropi po popolni sprostivni mladja na površinah opravljajo klasično nego mladja in gošče, ki vključuje negativno selekcijo (čiščenje), rahljanje za zmanjševanje gostot, pa tudi obžetev. Jakost in pogostost ukrepov mo-



Slika 7: Mešanje rdečega hrasta z drugimi drevesnimi vrstami v mlajših razvojnih fazah, ko je potrebno uravnavanje zmesi v korist avtohtonih drevesnih vrst

rata biti velika, ker je višinska rast rdečega hrasta intenzivna. Ko večina dominantnih dreves doseže premer 10 cm, zmanjšujejo gostoto, ki naj ne presega 1600 osebkov na hektar. Hitra rast pogojuje tudi zgođen začetek izbiralnih redčenj, ki imajo jakost od 15 do 30 % temeljnice in jih opravljajo vsakih 4 do 6 let. Glavni cilj tovrstnega ukrepanja je letni prirastek premera vsaj 1 cm (Nicolescu in sod., 2020). Tako kot pri domačih vrstah hrastov je pri velikih jakostih ukrepanja potrebna previdnost, saj rdeči hrast ob presvetlitvi močno odžene debelne epikormske poganjke (Ward, 2002). Rdeči hrast je primerna vrsta za uporabo situacijske nege in redčenja, ko v sestoji pospešujemo manjše število izbranih dreves (od 60 do 140 na hektar), ki jim zagotovimo dovolj ravnega prostora za razvoj velikih krošenj in hitro debelinsko priraščanje (Diaci in sod., 2021). Situacijska nega je primerna v kombinaciji z obvejevanjem (odstranjevanje vej premera maksimalno 3 cm do višine 6 m), ki ga sicer opravljajo tudi pri klasični negi, saj se rdeči hrast slabše čisti vej. Proizvodne dobe za rdeči hrast so krajše od tistih za avtohtone vrste hrastov in so nekje med 70 in 100 leti (Nicolescu in sod., 2020).

Raziskovalci poročajo o velikem vplivu gospodarjenja na uspešnost naravnega pomlajevanja in potencialno invazivnost v evropskih gozdovih (Chmura, 2020). Nekaj desetletne izkušnje gozdarskih strokovnjakov v Sloveniji z gospodarjenjem v sestojih rdečega hrasta kažejo, da je hitrost prodiranja rdečega hrasta v okoliške sestojke relativno majhna. Širjenje rdečega hrasta preprečijo z ustvarjanjem ostre meje med sestoji rdečega hrasta in okoliškimi sestoji z drugimi drevesnimi vrstami. Istočasno v mladju

Fig. 7: Mixture of northern red oak and other tree species in younger stages of stand development when the promotion of native tree species is needed

rdeči hrast odstranjujejo oziroma dajejo prednost domačim vrstam s primernimi ukrepi v mladju in gošči (slika 7). Na tak način širjenje nadzorujejo in ustvarjajo ugodne razmere za bodoče mešane sestojke, ki bodo nadomestili čiste sestojke rdečega hrasta. V sestojih, kjer bi rdeči hrast potencialno uvajali na novo, pa je priporočljivo njegov delež v temeljnici ohranjati pod 20 %.

5 ZAKLJUČKI

5 CONCLUSIONS

Občutljivost drevesnih vrst na podnebne spremembe je večja v območjih blizu roba njihove ekološke niše. Ko spremembe podnebja povzročijo ekološke razmere, ki so zunaj skrajnih meja za določeno drevesno vrsto (npr. maksimalna temperatura ali število dni suše, ki jih je vrsta še sposobna preživeti), začne vrsta iz ekosistema izginjati. V večini primerov je posledica izginjanja drevesnih vrst v gozdnih ekosistemih zmanjšana odpornost in sposobnost okrevanja gozda. Proces lahko gozdarji omilimo s pomočjo drevesnih vrst z boljšo toleranco na spremenjene podnebne razmere. V večini naših gozdnih ekosistemov to pomeni drevesne vrste, odpornejše na daljša obdobja povečanih temperatur in suš. Pri uvajanju novih vrst v gozdove imajo vedno prednost avtohtone drevesne vrste. Žal je seznam avtohtonih drevesnih vrst z dobro odpornostjo, hkrati pa tudi kapaciteto za proizvodnjo kakovostnega lesa, relativno omejen, zato je v določenih primerih smiselno tudi v novo zasnovanih sestojih uporabiti tudi tuje-roodne drevesne vrste (Kölling, 2013). Pred uvajanjem

tujerodne vrste je potrebna analiza klimatskih razmer, v katerih raste v svojem avtohtonem okolju, in primerjava teh razmer s tistimi, v katero bomo vrsto vnašali, pri čemer moramo za potencialno lokacijo vnašanja upoštevati še napovedane klimatske spremembe. Primerjava je razmeroma enostavna, če uporabimo lahko dostopne podatke, kot sta povprečna ali maksimalna temperatura in letna količina padavin, tveganje pri uvajanju pa se že pri taki enostavni analizi precej zmanjša (Kölling, 2013). Kljub temu tveganja nikoli ne moremo povsem izničiti, predvsem v smislu potencialne invazivnosti vrste ali pa vnosa novih škodljivcev v naše gozdove. Kakšen je torej potencial rdečega hrasta pri nas, če upoštevamo prej omenjene pomisleke? Vrsta se uspešno in obilno naravno pomlajuje, uspeva na zelo različnih rastiščih, njen les pa je kakovosten in podobno uporaben kot les naših vrst hrastov. Če izvajamo dovolj intenzivne in pravilne gozdnogojitvene ukrepe je mogoče vzgojiti osebke najboljše kakovosti, pri čemer je proizvodna doba v primerjavi z domačimi vrstami za nekaj desetletij krajša. V Sloveniji je kar nekaj sestojev rdečega hrasta, ki jih je smotrno vzgajati za najboljšo kakovost, njegovo točkovno uvajanje pa je smiselno na rastiščih, ki jih avtohtone vrste slabše izkoriščajo, med katere spadajo degradirana pobočja na suhih in kislih podlagah (Dey in Parker, 1996; Nicolescu in sod., 2020; Bindewald in sod., 2021). Seveda je pri tem treba upoštevati pravne okvirje in usmeritve za ohranitev ugodnega stanja gozdnih habitatnih tipov, predvsem na zavarovanih območjih, kot je Natura 2000. Vse pogostejše naravne in antropogene motnje v kombinaciji s podnebnimi spremembami, katerih posledice čutimo tudi v Sloveniji, spreminjajo rastne razmere v gozdnih ekosistemih. Spremembe negativno vplivajo na konkurenčnost nekaterih avtohtonih drevesnih vrst, hkrati pa spremenjeno stanje ustreza nekaterim tujerodnim vrstam in povečuje njihovo potencialno invazivnost v gospodarskih, še bolj pa v urbanih gozdovih. Mednje vsaj deloma spada tudi gozd v Panovcu, ki je hkrati tudi znotraj območja Natura 2000. Tveganje za invazivno širjenje tujerodnih in izrinjanje avtohtonih vrst se povečuje, zato moramo tudi v primeru rdečega hrasta ažurno spremljati razvoj sestojev, še posebej pomlajevanje, ki je pri rdečem hrastu bujno in ga je treba s primernimi gozdnogojitvenimi ukrepi uravnavati in nadzirati njegovo širjenje.

6 POVZETEK

6 SUMMARY

Northern red oak (*Quercus rubra* L.) is a non-native tree species known for its high-quality wood, rapid growth, and minimal site requirements. These charac-

teristics make it advisable to investigate its potential use in Slovenian forests. This paper combines a literature review, field measurements, and interviews with forestry experts to determine the status of northern red oak in Slovenian forests and forestry. The paper aims to present the basic ecological characteristics, silvicultural status, and silvicultural guidelines for growing this species in Slovenia.

Because of its favorable properties, northern red oak has been artificially introduced outside its range, especially in Europe, where it occupies about 350,000 ha, mainly in Ukraine, France, Germany, and Poland. According to Slovenia Forest Service (ZGS) data from 2017, the volume of northern red oak in Slovenia is 110,768 m³, or 0.03% of the total wood volume, and the proportion of forest area where northern red oak occurs is 1.2%. While it can thrive across Slovenia, it has not yet become established in the Alpine, Dinaric, and coastal regions of the country.

Compared to native oaks, northern red oak is more drought tolerant and less demanding with respect to soils, which can be sandy and degraded. Compared to sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), northern red oak requires less light to survive in its early stages of development (Savill, 2019). It regenerates well under cover, and in a field survey of northern red oak stands in Slovenia, we observed specimens several meters tall in the understory, indicating some ability to survive in lower light conditions even in later developmental stages. When partially shaded, northern red oak grows toward better light conditions, which can lead to skewed growth and subsequently poorer stem quality (Nicolescu et al., 2018). Research in Europe indicates the potential invasiveness of northern red oak on moderately sandy and dry soils (Van Loo et al., 2017). While it still regenerates well on richer soils, native species tend to be more competitive. The spread of northern red oak is highly dependent on the presence of seed trees, as it has a heavy seed coat that limits invasiveness (Major et al., 2013). Compared to native oak species, northern red oak grows faster in height and can reach a height of about 16 m in 20 years. On average, it grows 0.5 cm per year in diameter, but under favorable conditions and appropriate silvicultural treatment, annual growth of about 1 cm per year in diameter can be achieved. At age 80, this species exhibits impressive volume growth, increasing by 8 to 10 m³/ha annually.

In a pure northern red oak stand in the Panovec area on Slovenia's western border, we analyzed tree composition and regeneration coverage using plot transects leading from the parent stand into neighboring,

predominantly sessile oak stands. The highest regeneration densities were found for northern red oak and sessile oak, with maximum densities of 197,500 and 191,250 individuals per hectare, respectively. Other tree species exceeding 10,000 individuals per hectare included *Fraxinus ornus* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Sorbus torminalis* L., *Acer campestre* L., and *Carpinus betulus* L. Spearman rank correlation analysis revealed a significant positive relationship between total basal area and regeneration coverage for northern red oak ($r = 0.28$; $p = 0.03$) and a significant negative relationship for the regeneration coverage of both species ($r = -0.67$; $p < 0.001$). No relationship was found between total basal area and regeneration coverage for sessile oak ($r = -0.07$; $p = 0.6$). Northern red oak regeneration coverage was 79% at the edge of the parent stand, decreasing to 21% at 50 m, while sessile oak regeneration coverage increased from 4% at the edge to 39% at 50 m.

The results show the dominance of northern red oak in the regeneration, which performed well even under low light conditions, as confirmed by the correlation between total basal area and northern red oak regeneration coverage. As total basal area increased, northern red oak regeneration coverage increased, confirming its strong competitive ability in the regeneration layers of closed stands (Dey and Parker, 1996; Vor, 2005; Major et al., 2013). This was not observed for sessile oak, as the relationship between total basal area and sessile oak regeneration coverage was not statistically significant. We found a strong negative correlation between regeneration coverage of both species, suggesting that the two species cannot coexist in the regeneration layer. This is probably more likely to be the case at sites with poorer light conditions and under canopy. Similar conditions prevailed in our study sites. Successful regeneration under canopy and the ability to survive in low light conditions give northern red oak an advantage over native, more light-demanding species.

However, even small distances from seed trees strongly reduce the dispersal potential of northern red oak (Bindewald et al., 2021). This was confirmed by our results, as northern red oak regeneration coverage decreased from about 80% in the parent stand to about 20% at a distance of 50 m from the parent stand. The border areas of northern red oak stands are important for the spread of this tree species and should be monitored and appropriately managed to prevent invasion into neighboring stands. Despite northern red oak's dominance in the understory, native species occur at densities that, with sufficiently early silvicultural treat-

ments, allow for their promotion and the development of mixed and diverse future forest stands.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Raziskava je bila financirana v okviru ARIS Programske skupine P4-0430 - Gozdno lesna veriga in podnebne spremembe: prehod v krožno biogospodarstvo, s pomočjo Pahernikove ustanove in v okviru CRP-projekta (ARIS) V4-1818 Uporabnost ameriške duglazije in drugih tujerodnih drevesnih vrst pri obnovi gozdov s saditvijo in setvijo v Sloveniji.

VIRI

REFERENCES

- Adamič P.C., Brus R., Jarni K. 2022. Zakonodaja in pravni okviri gojenja tujerodnih drevesnih vrst v gozdovih Slovenije. *Acta Silvae et Ligni*, 128: 7–18. <https://doi.org/10.20315/ASetL.128.1>
- Bindewald A., Miocic S., Wedler A., Bauhus J. 2021. Forest inventory-based assessments of the invasion risk of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco and *Quercus rubra* L. in Germany. *European Journal of Forest Research*, 140: 883–899. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01373-0>
- Buckley D.S., Sharik T.L., Isebrands J.G. 1998. Regeneration of northern red oak: positive and negative effects of competitor removal. *Ecology*, 79: 65–78. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[0065:RONROP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[0065:RONROP]2.0.CO;2)
- Burkardt K. 2018. Portrait fremdländischer Baumarten – *Quercus rubra*. <http://www.waldwissen.net> (26.8.2024).
- Chmura D. 2013. Impact of alien tree species *Quercus rubra* L. on understorey environment and flora: a study of the Silesian Upland (Southern Poland). *Polish Journal of Ecology*, 61: 431–442.
- Chmura D. 2020. The Spread and Role of the Invasive Alien Tree *Quercus rubra* (L.) in Novel Forest Ecosystems in Central Europe. *Forests*, 11, 5: 586. <https://doi.org/10.3390/f11050586>
- Cholkova M. 2021. Tujerodne drevesne vrste v urbanem gozdu Krajskega parka Tivoli, Rožnik in Šišenski hrib: diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta Čufar K. 2006. Anatomija lesa. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Delkov A. 2004. Results of introduction of tree species in park territories of Sofia. Sofia, Forest Research Institute, Bulgarian Academy of Sciences.
- Dey D.C., Parker W.C. 1996. Regeneration of red oak (*Quercus rubra* L.) using shelterwood systems: ecophysiology, silviculture and management recommendations. Forest research information paper, 126. <https://research.fs.usda.gov/treesearch/12423> (7. 11. 2024).
- Diaci J., Roženberger D., Fidej G., Arnič D. 2021. Sodobna izhodišča redčenja: povezovanje načel izbiralnega redčenja, situacijskega redčenja, redčenja šopov in skupin ter redčenja spremenljive gostote. *Gozdarski vestnik*, 79, 9: 299–311. <https://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?id=14497> (7. 11. 2024).
- Erker R. 1972. Eksote gozdnega drevja v Sloveniji : rdeči hrast (*Quercus borealis* Michx.). Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Biotehniške fakultete. <http://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?id=6819> (7. 11. 2024).
- GBIF. 2021. GBIF - Global Biodiversity Information Facility, occurrence download accessed via GBIF.org. <https://www.gbif.org/occurrence/map?q=quercus%20rubra> (26.8.2024).

- Golob Ž. 2022. Odpornost lesa rdečega hrasta iz Slovenije proti navlaževanju in glivam razkrojevalkam: magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=142325> (7. 11. 2024).
- Ionescu A., Lăzărescu C. 1966. Northern red oak. V: Douglas-fir, eastern white pine and northern red oak in the cultures of Socialist Republic of Romania. București, Centrul de Documentare Tehnică pentru Economia Forestieră: 107–128.
- Joachim K. 2016. Growth performance of introduced tree species in Baden-Württemberg. FVA Annual Report: 30–32.
- Kölling C. 2013. Nichtheimische Baumarten - Alternativen im klimarechten Waldbau. LWF Aktuell, 96: 4–11.
- Major K.C., Nosko P., Kuehne C., Campbell D., Bauhus J. 2013. Regeneration dynamics of non-native northern red oak (*Quercus rubra* L.) populations as influenced by environmental factors: a case study in managed hardwood forests of southwestern Germany. *Forest Ecology Management*, 291: 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.006>
- Marozas V., Straigyte L., Sepetiene J. 2009. Comparative analysis of alien red oak (*Quercus rubra* L.) and native common oak (*Quercus robur* L.) vegetation in Lithuania. *Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis*, 9: 19–24.
- Morrissey R.C., Jacobs D.F., Davis A.S., Rathfon R.A. 2010. Survival and competitiveness of *Quercus rubra* regeneration associated with planting stocktype and harvest opening intensity. *New Forests*, 40: 273–287. <https://doi.org/10.1007/s11056-010-9199-7>
- Myczko Ł., Dylewski Ł., Zduniak P., Sparks T.H., Tryjanowski P. 2014. Predation and dispersal of acorns by European Jay (*Garrulus glandarius*) differs between a native (pedunculate oak *Quercus robur*) and an introduced oak species (northern red oak *Quercus rubra*) in Europe. *Forest Ecology Management*, 331: 35–39. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.07.027>
- Nagel R.V. 2015. Roteiche (*Quercus rubra* L.). V: Potentiale und Risiken Eingeführter Baumarten. Baumartenportraits mit Naturschutzfachlicher Bewertung Northern red oak. Vor T., Spellmann H., Bolte A. and Ammer C. (ur). (Göttinger Forstwissenschaften, 7): 219–267.
- Nicolescu V.-N., Vor T., Mason W.L., Bastien J.-C., Brus R., Henin J.-M., Kupka I., Lavnyy V., Porta N.L., Mohren F., Petkova K., Rédei K. 2020. Ecology and management of northern red oak (*Quercus rubra* L. syn. *Q. borealis* F. Michx.) in Europe: a review. *Forestry*, 93, 4: 481–494. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy032>.
- Papež J., Kržan A., Vončina M. 2001. Panovec: včeraj, danes, jutri. Nova Gorica, Mestna občina Nova Gorica.
- Phares R.E. 1971. Growth of red oak (*Quercus rubra* L.) seedlings in relation to light and nutrients. *Ecology*, 52: 669–672. <https://doi.org/10.2307/1934157>
- Pravilnik o določitvi provenienčnih območij. 2003. Uradni list RS, št. 72/03, 58/12 in 69/17.
- Riepšas E., Straigyte L. 2008. Invasiveness and ecological effects of red oak (*Quercus rubra* L.) in Lithuanian Forests. *Baltic forestry*, 14: 122–130.
- Sander I.L. 1990. *Quercus rubra* L. Northern red oak. *Silvics of North America*, 2: 727–733.
- Savill P.S. 2019. The silviculture of trees used in British forestry. CABI.
- Stanek M., Piechnik Ł., Stefanowicz A.M. 2020. Invasive red oak (*Quercus rubra* L.) modifies soil physicochemical properties and forest understory vegetation. *Forest Ecology and Management*, 472, 118253. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118253>
- Tirmenstein D.A. 1991. *Quercus rubra*. V: Fire effects information system (FEIS). U.S. Department of Agriculture. <https://www.fs.usda.gov/database/feis/plants/tree/querub/all.html> (7. 11. 2024).
- Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000). 2004. Uradni list RS, št. 49/04, 110/04, 59/07, 43/08, 8/12, 33/13, 35/13.
- Uredba o zavarovanih prosto živečih rastlinskih vrstah. 2004. Uradni list RS, št. 46/04, 110/04, 115/07, 36/09 in 15/14.
- Van Loo M., Pötzelsberger E., Hasenauer H., Schüller S. 2017. Austria. V: Non-native tree species for european forests: experiences, risks and opportunities: FP 1403 NNEXT Country Reports, Institute of Silviculture, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna: 10–17.
- Vansteenkiste D., De Boever L., Van Acker J. 2005. Alternative processing solutions for red oak (*Quercus rubra*) from converted forests in Flanders, Belgium V: Proceedings of the COST Action E44 Conference on Broad Spectrum Utilization of Wood at BOKU Vienna, Austria, June 14–15, 2005. Universität für Bodenkultur Wien: 13–26.
- Vor T. 2005. Natural regeneration of *Quercus rubra* L. (red oak) in Germany. V: Biological invasions - from ecology to control. *Neobiota*, 6: 111–123.
- Ward J.S. 2002. Crop tree release increases growth of mature Red Oak Sawtimber. *Northern Journal of Applied Forestry*, 19: 149–154. <https://doi.org/10.1093/njaf/19.4.149>
- Webb G., Webb A.D. 1998. The tie guide: handbook for commercial timbers used by the crosstie industry. <https://www.rta.org/assets/docs/TieGuide/tieguide%20revised%20905.pdf> (30. 4. 2022).
- Woziwoda B., Kopec D., Witkowski J. 2014a. The negative impact of intentionally introduced *Quercus rubra* L. on a forest community. *Acta societatis botanicorum Poloniae*, 83.
- Woziwoda B., Potocki M., Sagan J., Zasada M., Tomusiak R., Wilczyński S. 2014b. Commercial forestry as a vector of alien tree species-the case of *Quercus rubra* L. introduction in Poland. *Baltic Forestry*, 20: 131–141.
- Zakon o gozdnem reprodukcijskem materialu. 2002. Uradni list RS, št. 58/02, 85/02.
- Zakon o gozdovih. 1993. Uradni list RS, št. 30/93, 56/99.
- Zakon o ohranjanju narave. 1999. Uradni list. RS, št. 96/04.
- ZGS- baza podatkov. 2017. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije (neobjavljeno).