

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE
VIRE

Janez MIKLAVČIČ

**RASTNA DINAMIKA PRAGOZDNEGA OSTANKA
RAJHENAVSKI ROG V OBDOBJU
1984-2010**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Janez MIKLAVČIČ

**RASTNA DINAMIKA PRAGOZDNEGA OSTANKA RAJHENAVSKI
ROG V OBDOBJU 1984-2010**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**DYNAMICS IN THE RAJHENAVSKI ROG OLD-GROWTH FOREST:
26 YEARS OF PERMANENT PLOT MEASUREMENTS**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2013

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija gozdarstva in obnovljivih gozdnih virov na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je dne 15. 2. 2013 za mentorja imenovala doc. dr. Thomasa A. Nagela in za recenzenta prof. dr. Jurija Diacija.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Janez Miklavčič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn

DK $GDK\ 228.81+56(497.6\ \text{Rajhenavski Rog})(043.2)=163.6$

KG Rajhenavski Rog/pragozdovi/smrtnost/vrast/bukev/*Fagus Sylvatica* L./jelka/*Abies alba* Mill.

AV MIKLAVČIČ, Janez

SA NAGEL, Thomas Andrew (mentor)

KZ SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

LI 2013

IN RASTNA DINAMIKA PRAGOZDNEGA OSTANKA RAJHENAVSKI ROG V
OBDOBJU 1984-2010

TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)

OP VII, 44 str., 7 pregl., 27 sl., 33 vir.

IJ sl

JI sl/en

AI V pragozdnem ostanku Rajhenavski Rog so bile leta 1984 izločene tri stalne raziskovalne ploskve s skupno površino 1,91 ha, ki so bile izmerjene tudi leta 1994. Leta 2010 smo ponovili meritve na vseh treh ploskvah. Preučevali smo spreminjanje velikosti vrasti in smrtnosti v obdobjih 1984-1994 in 1994-2010. Skupna letna smrtnost se je v obdobju 1994-2010 v primerjavi z obdobjem 1984-1994 iz 1 % povišala na 1,2 %, stopnja smrtnosti jelke (*Abies alba* Mill.) pa je v obeh meritvenih obdobjih močno presegala stopnjo smrtnosti bukve (*Fagus sylvatica* L.). Do največjega povišanja smrtnosti je prišlo, tako pri jelki kot pri bukvi, pri drevesih s premerom večjim od 70 cm. Skupna letna vrast 1,8 % v obdobju 1984-1994 se je povišala na 2,6 % v obdobju 1994-2010. Prišlo je do izrazitega povečanja vrasti novih bukovih dreves v populacijo, vrasti jelke pa že od prvih meritev leta 1984 nismo zaznali. Skupna vrast se je povišala pri drevesih s premerom do 20 cm, pri debelejših drevesih pa se je vrast v obdobju 1994-2010, v primerjavi z obdobjem 1984-1994, znižala. Število bukev na ploskvah se viša in sedaj znaša 84 % vseh dreves, delež jelke pa se je znižal na 16 %. Rezultati nakazujejo na nadaljnje zmanjševanje deleža jelke v populaciji in vse večjo prevlado bukve v Rajhenavskem pragozdu.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn

DC GDK 228.81+56(497.6Rajhenavski Rog)(043.2)=163.6

CX Rajhenavski Rog/old-growth forest/recruitment/mortality/European beech/*Fagus sylvatica* L./silver fir/*Abies alba* Mill.

AU MIKLAVČIČ, Janez

AA NAGEL, Thomas Andrew (supervisor)

PP SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources.

PY 2013

TI DYNAMICS IN THE RAJHENAVSKI ROG OLD-GROWTH FOREST: 26 YEARS OF PERMANENT PLOT MEASUREMENTS

DT Graduation thesis (Universtiy studies)

NO VII, 44 p., 7 tab., 27 fig., 33 ref.

AL sl/en

AB In 1984 three permanent plots totalling 1,91ha were established in the Rajhenavski Rog old-growth forest. These plots were re-measured in 1994 and 2010. We quantified mortality and recruitment rates in two periods: 1984-1994 and 1994-2010. The annual mortality rate increased from 1% in 1984-1994 to 1,2% in 1994-2010. The mortality rate of silver fir (*Abies alba* Mill.) heavily exceeded that of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in both of the analyzed periods. The highest increase in mortality was recorded for trees with dbh greater than 70 cm for both silver fir and European beech. The annual recruitment rate increased from 1,8% in 1984-1994 to 2,6% in 1994-2010. We recorded a large increase in the recruitment of beech trees in the 1994-2010 period, while there was no recruitment of silver fir in the last 26 years. For trees with dbh lower than 20 cm, we recorded an increase in annual recruitment, while a decrease in recruitment was found for trees with dbh greater than 20 cm. The number of beech trees on the plots increased and as a result beech currently represents 84% of all trees. The share of silver fir in the forest decreased and the results suggest this process will also continue in the future, leading to a further increase in beech in the Rajhenavski Rog old-growth forest.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo slik	VI
Kazalo preglednic	VII
1 UVOD.....	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 RAZSKAVE V TUJINI	3
3 MATERIAL IN METODE	7
3.1 OBJEKT RAZISKAVE.....	7
3.1.1 Lega, relief, matična podlaga, tla	7
3.1.2 Podnebne značilnosti	7
3.1.3 Rastlinske združbe	9
3.1.4 Trajne raziskovalne ploskve	9
3.2 METODE DELA	11
3.2.1 Meritve na ploskvah	11
3.2.2 Izračun in obdelava podatkov	12
4 REZULTATI	14
4.3 VSE PLOSKVE.....	14
4.3.1 Število dreves	14
4.3.2 Smrtnost.....	16
4.3.3 Vrast	18
4.3.4 Temeljnica	20
4.1 PLOSKEV	21
4.1.1 Število dreves	21
4.1.2 Smrtnost.....	22
4.1.3 Vrast	24
4.1.4 Temeljnica	26
4.2 PLOSKEV 2	27
4.2.1 Število dreves	27
4.2.2 Smrtnost.....	28
4.2.3 Vrast	30
4.2.4 Temeljnica	31
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	32
5.1 SMRTNOST	32
5.2 VRAST	35
5.3 ŠTEVILO DREVES IN VRSTNA SESTAVA.....	37
6 POVZETEK	38
7 VIRI.....	40

KAZALO SLIK

Slika 1: Povprečna mesečna količina padavin (mm) na meteorološki postaji Kočevje med leti 1981 in 2011.....	8
Slika 2: Povprečne letne količine padavin ter povprečne letne temperature v obdobju 1971 - 2011 (ARSO, 2013)	8
Slika 3: Število bukev na vseh ploskvah	14
Slika 4: Število jelk na vseh ploskvah	15
Slika 5: Skupna smrtnost na vseh ploskvah	17
Slika 6: Smrtnost bukve na vseh ploskvah	17
Slika 7: Smrtnost jelke na vseh ploskvah	18
Slika 8: Vrast bukve na vseh ploskvah.....	18
Slika 10: Vrast jelke na vseh ploskvah.....	19
Slika 8: Skupna vrast na vseh ploskvah	19
Slika 11: Razvoj velikosti temeljnice (m^2/ha) po debelinskih stopnjah na vseh treh ploskvah skupaj	20
Slika 12: Število dreves na 1. ploskvi	21
Slika 13: Skupna smrtnost na 1. ploskvi	22
Slika 14: Smrtnost jelke na 1. ploskvi	23
Slika 15: Smrtnost bukve na 1. ploskvi	23
Slika 16: Skupna vrast na 1. ploskvi	24
Slika 17: Vrast bukve na 1. ploskvi.....	24
Slika 18: Vrast jelke na 1. ploskvi.....	25
Slika 19: Trend spreminjanja temeljnice (m^2) na 1. ploskvi	26
Slika 20: Število dreves na 2. ploskvi	27
Slika 21: Skupna smrtnost na 2. ploskvi	28
Slika 22: Smrtnost bukve na 2. ploskvi	29
Slika 23: Smrtnost jelke na 2. ploskvi	29
Slika 24: Vrast bukve na 2. ploskvi.....	30
Slika 25: Skupna vrast na 2. ploskvi	30
Slika 26: Vrast jelke na 2. ploskvi.....	31
Slika 27: Trend spreminjanja temeljnice(m^2) na 2. ploskvi	31

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: <i>Specifikacije izločenih ploskev</i>	9
Preglednica 2: <i>Delež razvojnih faz na posameznih ploskvah</i>	10
Preglednica 3: <i>Šifrant določitve načina smrti dreves</i>	12
Preglednica 4: <i>Letna stopnja smrtnosti in vrasti v obdobju 1984-1994</i>	16
Preglednica 5: <i>Letna stopnja smrtnosti in vrasti v obdobju 1994-2010</i>	16
Preglednica 6: <i>Razvoj temeljnice na posamezni ploskvah, ter na vseh ploskvah skupno</i> ...	20
Preglednica 7: <i>Rezultati sorodnih raziskav višine smrtnosti in vrasti po svetu</i>	32

1 UVOD

Rastna dinamika gozda je zelo variabilen proces, smrtnost in vrast pa dejavnika, ki pomembno vplivata nanjo. V gospodarjenjih gozdovih se pomembnost naravne smrtnosti zmanjša, saj se drevesa odstranjuje še preden pričnejo propadati, prav tako je zmanjšan vpliv konkurence, saj se ciljem manj primerna, konkurenčna drevesa, načrtno odstranjuje in sprošča prostor drevesom, ki najbolj ustrezajo glede na cilje gospodarjenja. Tako je v gospodarjenjih gozdovih naravni vpliv smrtnosti in vrasti na rast gozda zabrisan, če ne kar izničen.

V gozdnih rezervatih, kjer so gozdovi prepuščeni naravnemu razvoju, je vpliv človeka na razvoj gozda močno zmanjšan, vsi procesi v gozdu pa potekajo po naravni poti. V takšnih gozdovih sta vrast in smrtnost glavna gonilnika rastne dinamike in sprememb v gozdu. Višja stopnja smrtnosti določene drevesne vrste vodi v prevlado drugih drevesnih vrst, povečana smrtnost v določenih debelinskih razredih pa vpliva na spremembo vertikalne strukture gozda, na mehansko stabilnost ter debelinsko strukturo gozda. Zato je raziskovanje dejavnikov, kot sta vrast in smrtnost, pomembno pri razumevanju razvoja gozdov, opazovanju in vrednotenju dogodkov, ki so se dogajali v preteklosti ter napovedovanju razvoja gozda v prihodnosti. Zaradi narave teh dejavnikov pa je njihovo opazovanje mogoče le v naravnih rezervatih, v katerih sečnja ni bila prisotna.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

V Rajhenavskem Rogu so bile leta 1984 postavljene stalne raziskovalne ploskve skupne površine 1,91 ha, na katerih so bila premerjena vsa drevesa. Prvo ponovitev meritev je leta 1994 izvedel Andrej Bončina, drugo ponovitev pa smo izvedli leta 2010. Analizirali smo podatke, pridobljene v obeh popisih.

Namen naloge je ugotoviti spreminjanje rastne dinamike bukve in jelke v pragozdu s pomočjo najpogosteje uporabljenih kazalnikov – smrtnosti in preraščanja dreves med debelinskimi stopnjami ter nakazati razvoj gozda v prihodnosti. Pred izvedbo raziskave smo postavili naslednje delovne hipoteze:

1. Delež dreves bukve v gozdu se povečuje, delež jelke pa upada.
2. Jelka ostaja le še v zgornji plasti sestoja, njena zastopanost v ostalih plasteh pa se zmanjšuje.
3. Pomlajevanje jelke je zaustavljeno, pomlajuje se le bukev.
4. V prihodnosti pričakujemo močan upad deleža jelke.

2 PREGLED OBJAV

2.1 RAZSKAVE V TUJINI

Smrtnost in vrast sta osnovna procesa, ki uravnavata razvojno dinamiko gozdov. Toda spremljanje in razumevanje obeh procesov je precej zahtevno, saj nanju vpliva mnogo dejavnikov. Poleg tega za pridobitev reprezentativnih rezultatov potrebujemo večje število podatkov, zbranih v daljšem časovnem obdobju. Eden glavnih dejavnikov, ki vplivajo na smrtnost, je konkurenca in z njo povezan boj za svetlobo. Slednji velikokrat privede do povečane smrtnosti v najnižjih debelinskih stopnjah, kjer je pomanjkanje svetlobe pogosto glavni vzrok za odmrtnje dreves (Hurst, 2011). V sestoji tako konkurenca pomembno vpliva na smrtnost v populaciji dreves, saj pogosteje umirajo drevesa, ki živijo v bolj konkurenčnem okolju. Kljub temu pa je to le eden izmed dejavnikov, ki določajo raven smrtnosti (Woods, 2000; Das in sod., 2011). Pri dominantnih drevesih je namreč vpliv konkurence na smrtnost praktično izničen, so pa toliko bolj pomembni drugi naravni dejavniki, kot so na primer različne motnje (vetrolomi, snegolomi), ki poglobljujejo vplivajo na smrtnost v populaciji najdebelejših dreves. Vpliv drugih naravnih dejavnikov v primerjavi s konkurenco je lahko precej velik, saj odmrtnje enega dominantnega drevesa lahko povzroči povečanje smrtnosti pri ostalih drevesih v strehi sestoja, ki se jim, zaradi izpada enega izmed sovladajočih dreves, zmanjša mehanska stabilnost in so zato bolj podvržena vplivom naravnih ujm. V kolikor je v sestoji pri mladih drevesih prevladujoč vzrok smrtnosti konkurenca, pri dominantnih pa vpliv naravnih ujm, ima graf smrtnosti v odvisnosti od premera dreves, obliko črke U (Hurst, 2011).

Nekatere naravne motnje (npr. vetrolomi) večinoma vplivajo le na drevesa v strehi sestoja, njihov vpliv pa je različno velik v različnih delih sestoja, saj je običajno odvisen od oblikovanosti terena, ekspozicije in horizontalne strukture gozda. Medtem ko drugi eksogeni dejavniki, kot so npr. suša in požari po navadi vplivajo na celoten sestoj precej bolj enakomerno. Tako se je v tropskem gozdu v Panami v obdobju, ko je območje prizadela suša, smrtnost povečala pri kar 70 % vseh drevesnih vrst. Proti pričakovanjem so bila drevesa, ki se nahajajo v strehi sestoja in imajo globlje korenine, bolj prizadeta kot majhna drevesa in grmovnice (Condit, 1995). V severni Arizoni v ZDA se je v 10-letnem

obdobju zelo močne suše smrtnost v drugi polovici meritvenega obdobja v mešanih iglastih gozdovih povečala za 200 %, v borovih gozdovih pa za 74 %. Oslabljena drevesa so kasneje odmrla zaradi intenzivnih napadov škodljivcev (Ganey in Vojta, 2011).

Najverjetneje pa je suša le ena izmed posledic podnebnih sprememb, ki jih spremljajo tudi vse manjše letne količine padavin, višje temperature in vse večje število naravnih ujm. To posledično povzroča vse pogostejše napade žuželk na prizadeta in oslabljena drevesa. Tako je pregled vseh svetovnih objav v angleškem jeziku prikazal 88 primerov, pri katerih sta suša in visoke temperature povzročili odmiranje dreves na območjih večjih razsežnosti (Allen in sod., 2010; Dale in sod., 2001).

Okoljski dejavniki niso edini, ki vplivajo na stopnjo smrtnosti pri drevesih. Raziskave so pokazale, da imajo podstojna drevesa do trikrat večjo smrtnost od povprečne in skoraj petkrat višjo stopnjo preraščanja med debelinskimi stopnjami, medtem ko je verjetnost za odmrtje drevesa, pri nadstojnih drevesnih vrstah dvakrat manjša od povprečja (Madelaine, 2007). Prav tako svetloljubna in dominantna drevesa rastejo hitreje kot zastrta in sencovzdržna, imajo pa sencovzdržne drevesne vrste praviloma nižjo stopnjo smrtnosti (Felfili 1995; Harcombe 2002).

Ali lega rastišča (južna, severna, sleme) vpliva na rast, smrtnost in vraščanje, so raziskovali Herwitz in Young (1995) ter Bellingham in Tanner (2000). Slednja sta ugotovila, da je smrtnost največja na pobočjih s severno ekspozicijo, in da se obenem smrtnost z večanjem naklona povečuje. Razlik v stopnji vraščanja med različnimi legami nista ugotovila. Ugotovljeni vzorec, da se rast v višino in vrast na slemenih ne razlikujeta od tiste na pobočjih, pa je ravno nasproten od ugotovitev, do katerih sta prišla Herwitz in Young (1995). V podobni raziskavi sta prišla do zaključka, da sta rast in vrast na slemenih večja.

Na smrtnost, vraščanje in prirastek dreves pomembno vpliva tudi oblikovanost terena. Tako so na pobočjih, ki imajo konveksno obliko, smrtnost, vraščanje in prirastek dreves višji kot na konkavno oblikovanih pobočjih (Tsujino s sod. 2006).

2.2 RAZISKAVE V SLOVENIJI

Rajhenavski pragozd je zaradi dejstva, da predstavlja prvi izločeni pragozdni ostanek v Sloveniji, že dolgo obdobje priljubljen raziskovalni objekt slovenskih gozdarjev. Prve obsežnejše raziskave v pragozdu so se pričele s polno premerbo leta 1957. Na podlagi takrat zbranih podatkov je Derbiš istega leta izdelal diplomsko nalogo, v kateri je analiziral takratno stanje v pragozdu. Že on je omenjal težave jelke pri pomlajevanju, saj naj bi bilo od 1 do 3 leta starih mladice veliko, številčnost starejših osebkov pa se je naglo zmanjševala.

V kasnejših raziskavah (Roženberger in sod., 2007) se je izkazalo, da je pomlajevanje v Rajhenavskem pragozdu 5-krat bolj intenzivno kot v primerljivem pragozdnem ostanku Čorkova Uvala na Hrvaškem, kljub temu pa je število jelovih mladice v Rajhenavskem pragozdu kar 2-krat manjše. Eden od vzrokov za to je najverjetneje velika gostota jelenjadi na celotnem območju Rajhenavskega Roga. Povsem mogoče pa je, da je zavrto pomlajevanje jelke tudi posledica naravnega procesa izmenjave drevesnih vrst v pragozdu. Delež jelke v lesni zalogi v Rajhenavskem Rogu je bil najmanjši leta 1893, ko je ta znašal 27 %, vrh je dosegel leta 1967 z 61 %, nato pa se je znižal na 57 % leta 1995. Vse kaže, da se bo ta trend nadaljeval tudi v prihodnosti (Bončina, 1999). Na proces pomlajevanja jelke pa ima zagotovo vpliv tudi število velikih rastlinojedih parkljarjev, onesnaženost ozračja in regionalno podnebje, saj višje temperature negativno vplivajo na rast jelke. Zaradi kompleksnosti sistema pa je nemogoče oceniti stopnjo vpliva posameznega dejavnika (Bončina, 1999; Diaci in sod., 2010).

Z vidika raziskav je bilo prelomno leto 1987, ko je Tomaž Hartman s sodelavci (Hartman, 1987) pripravil monografijo Pragozd Rajhenavski Rog v okviru popisa pragozdnih ostankov v Sloveniji. V njej je podrobno opisal takratno stanje v pragozdu, predstavil razmerje drevesnih vrst, razvojnih stopenj in nadaljnjo tendenco razvoja gozda. V sklopu raziskovalnega projekta pa so bile vzpostavljene tudi tri stalne raziskovalne ploske s skupno površino 1,91 ha, na katerih so bila izmerjena in označena vsa drevesa. Drugi popis na raziskovalnih ploskvah je leta 1995 izvedel Andrej Bončina, ki je zbrane podatke predstavil v svoji doktorski disertaciji leta 1997.

V Rajhenavskem pragozdu je vrhunec odmiranja jelke (do premera 70 cm) potekal v obdobju med leti 1976 in 1985. Poglavitna razloga za pospešeno odmiranje in neuspešno vraščanje jelke sta v pretežni meri antropogenega izvora. Prvi razlog je bila povečana onesnaženost ozračja (npr. velike koncentracije SO₂) kot posledica izgradnje 360 m visokega dimnika v Termoelektrarni Trbovlje leta 1976 in zagon petega bloka šoštanjske termoelektrarne leta 1978. Drugi razlog pa je intenzivno objedanje mladja jelke, ki ga povzročata srnjad in jelenjad, katerih gostota v okolici Rajhenavskega pragozda znaša 0,9 in 6,6 osebkov na km². Posledica objedanja je visoka stopnja smrtnosti mladice in mladja jelke, kar je povzročilo popolno zaustavitev pomlajevanja in predvsem vraščanja jelke. Zato sedaj v celotnem pragozdu ni dreves jelke v 1. in 2. debelinski stopnji, čeprav se jelka intenzivno pomlajuje in delež jelovih enoletnih mladice lahko znaša skoraj 60 % (Diaci in sod., 2010).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OBJEKT RAZISKAVE

3.1.1 Lega, relief, matična podlaga, tla

Pragozd Rajhenavski Rog leži v osrčju obsežnih gozdnih površin Kočevskega Roga, na nadmorski višini 850–920 m, južno od najvišjega vrha (1100 m n.m.v.) Roga (Puncer, 1974, cit. po Hartman, 1987).

Roško višavje spada k dolensko-notranjskim mezozojskim grudam. Roški sinklinorij je povečini sestavljen iz krednih plasti, v osrednjem delu so ohranjene zgornjekredne in eocenske klastične usedline. Celoten Kočevski Rog je ostanek nekoč prostranega pliocenskega ravnika (Bončina, 1997).

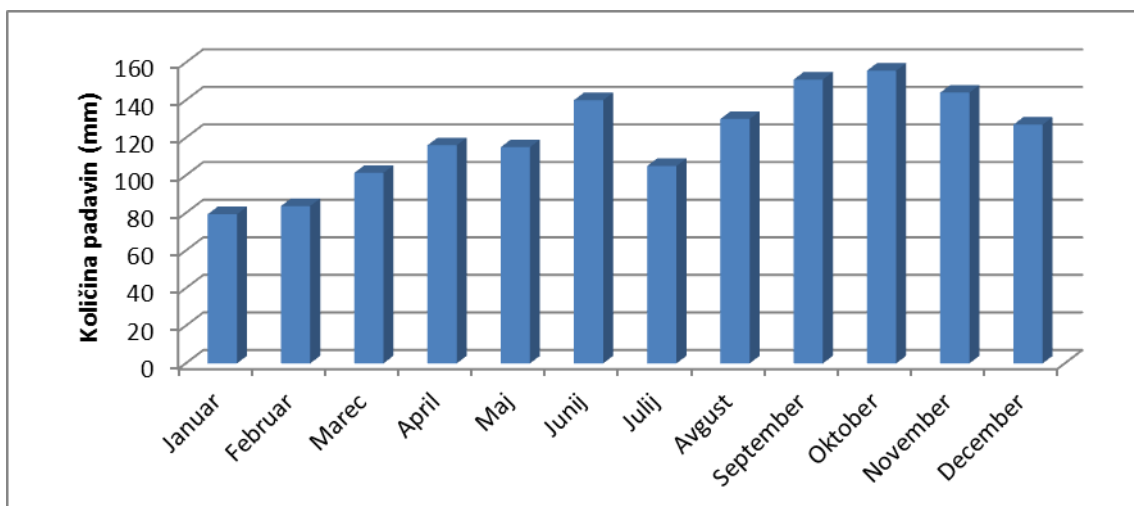
Geološko podlago pragozda Rajhenavski Rog sestavlja temno siv do črn apnenec spodnje krede, ki je plastnat, bituminozen, zelo gost in jedrnate sestave (Hartman, 1987). Relief je izrazito kraški – razgiban in skalovit, zato je tudi lega izrazito raznolika, prevladuje pa južna in zahodna. Najbolj razširjen tip tal so pokarbonatna rjava tla na apnencih različnih globin, mestoma najdemo tudi rendzine (Bončina, 1997).

3.1.2 Podnebne značilnosti

Roško pogorje se razprostira na jugovzhodu Slovenije na širokem območju med Kočevskim poljem, Črmošnjiško in Novomeško kotlino ter Belo in Suho krajino (Hartman, 1987). Najbližja meteorološka postaja se nahaja v Kočevju (465 m n.m.v.). Povzeti so podatki za obdobje 1981–2010.

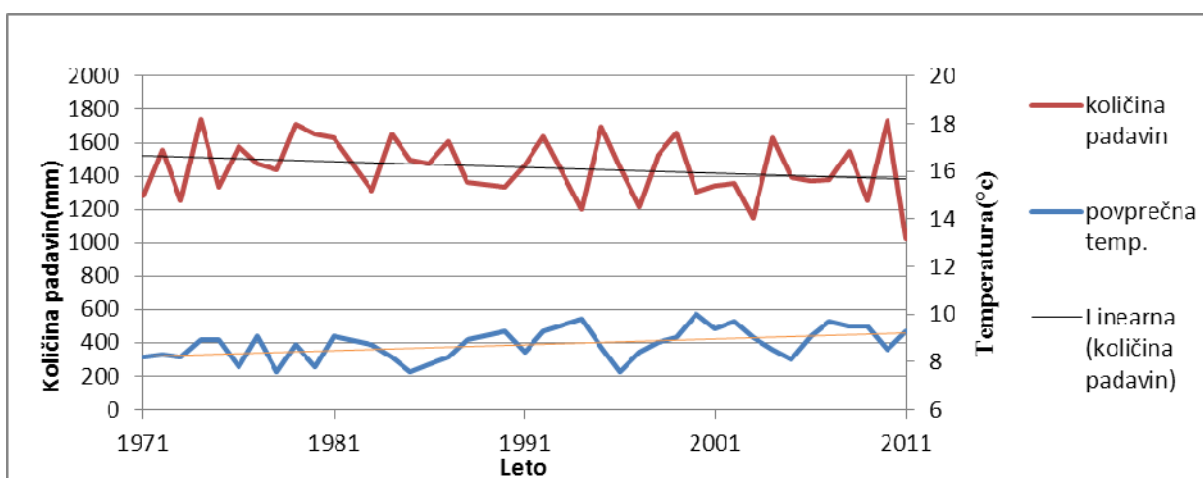
Povprečna letna temperatura je v zadnjih tridesetih letih znašala 8,9°C, povprečna januarska -1,0°C in povprečna julijska 18,7°C (Statistični urad Slovenije, 2012).

Povprečna letna količina padavin v obdobju 1981–2010 je znašala 1447 mm (Statistični urad Slovenije, 2012). Padavine so bile razporejene precej enakomerno čez celotno leto, padavinski viški pa so se običajno pojavljali v jesenskih mesecih (slika 1).



Slika 1: Povprečna mesečna količina padavin (mm) na meteorološki postaji Kočevje med leti 1981 in 2011.

V pragozdu je najpogostejša intenziteta prepuščenih padavin v letih 2003 in 2004 znašala med 0 in 5 mm dan⁻¹. Ta tip padavin je bil prisoten v 60 % padavin. Največja dnevna količina prepuščenih padavin je znašala 44,7 mm dan⁻¹, število dni brez prepuščenih padavin je znašalo 57,6 % (Vilhar, 2006). V zadnjih štiridesetih letih se je povprečna letna temperatura na meteorološki postaji Kočevje dvignila za 1°C, hkrati pa se je leta količina padavin zmanjšala za 150 mm (slika 2).



Slika 2: Povprečne letne količine padavin ter povprečne letne temperature v obdobju 1971 - 2011 (ARSO, 2013)

3.1.3 Rastlinske združbe

Pragozd spada med dinarske jelovo-bukove gozdove, izločene pa so bile naslednje subasociacije (Puncer in sod. 1974):

- *Omphalodo-Fagetum mercuriaetosum perennis*,
- *Omphalodo-Fagetum festucetosum altissimae*,
- *Omphalodo-Fagetum galietosum odorati*,
- *Omphalodo-Fagetum aceretosum*,
- *Omphalodo-Fagetum neckeretosum*.

Najpomembnejši in v lesni zalogi prevladujoči vrsti sta jelka (*Abies alba* Mill.) in bukev (*Fagus sylvatica* L.), kot posamezni osebki pa se v pragozdu pojavljajo tudi drevesa vrst gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.), gorski brest (*Ulmus glabr* Huds.), smreka (*Picea abies* (L.) Karst.) in ostrolistni javor (*Acer platanoides* L.) (Roženberger, 1999).

3.1.4 Trajne raziskovalne ploskve

V Rajhenavskem pragozdu so bile leta 1984 postavljene in prvič premerjene 3 stalne raziskovalne ploskve s skupno površino 1,91 ha in značilnostmi, ki so prikazane v tabeli 1 (Hartman, 1987):

Preglednica 1: *Specifikacije izločenih ploskev*

Ploskev	1	2	3
Dolžina (m)	215	200	50
Širina (m)	40	40	50
Površina (m²)	8600	8000	2500

Vse tri ploskve se nahajajo v severozahodnem delu pragozda. Položaj posameznih ploskev je bil določen tako, da so predstavljale presek skozi značilne razvojne faze pragozda (Hartman, 1987):

- starejša optimalna faza z intenzivno obnovo,
- bukova optimalna faza,
- mlajša optimalna faza.

Zastopanost posameznih razvojnih faz na ploskvah je prikazana v preglednici 2 (Hartman, 1987).

Preglednica 2: *Delež razvojnih faz na posameznih ploskvah*

Razvojna faza	Ploskev					
	1		2		3	
	Površina	%	Površina	%	Površina	%
Optimalna	6035	70	6075	84	2470	99
Terminalna	110	1	70	1		
Inicialna pod zastorom	375	4	625	8	30	1
Inicialna sproščena	2080	25	600	7		

Na ploskvah so premerili in označili vsa drevesa. Na koreničnik debelejših dreves so kovinsko ploščico s številko pritrdili z žebljem, večinoma le v skorjo drevesa. Tako je bil vpliv na drevo minimalen, hkrati pa so na ta način oznake tudi manj vpadljive. Na tanjša, mlajša drevesa ploščic niso pritrdjevali z žebli, temveč so jih z jekleno zanko le obesili okrog najnižjih vej, s čimer so se izognili poškodbam dreves.

Spodnji merski prag, do katerega so še označevali drevesa, je bil 5 cm premera na prsni višini (1,3 m). Kljub temu je iz zbranih podatkov razvidno, da so na ploskvah oštevilčili tudi drevesa, tanjša od 5 cm. Na 1. ploskvi so od skupno 609 dreves popisali kar 99 dreves, tanjših od 5 cm. Podobno so na 2. ploskvi od skupno 504 dreves označili še 29 dreves s premerom pod 5 cm. Najtanjša drevesa so imela zgolj 1 cm premera. Po kakšnih kriterijih so izbirali ta drevesa nam ni znano, najverjetneje pa so izbirali tista drevesa, ki so kljub majhnemu premeru kazala tendenco preživetja.

Prvo ponovitev meritev na ploskvah je leta 1994 v okviru doktorske disertacije opravil Andrej Bončina. Tudi on je uporabil enak sistem označevanja tanjših dreves kot njegovi

predhodniki leta 1984 - s spodnjim merskim pragom 5 cm in z označevanjem na novo vraslih dreves z jekleno žičko oz. z žebljem, odvisno od posameznega drevesa.

3.2 METODE DELA

Leta 2010 smo ponovili meritve na vseh treh raziskovalnih ploskvah. Od prvega popisa je minilo 26 let, od drugega popisa pa 16 let. Izvajanje meritev je potekalo v mesecu juniju. Vse tri ploskve smo popisali v štirih dneh, pri meritvah pa so sodelovali še trije študentje iz tujine.

3.2.1 Meritve na ploskvah

Vsem živim in v proučevanem obdobju (1984–2010) odmrlim osebkom s premerom večjim ali enakim 5,0 cm smo popravili označbe in izmerili oziroma določili naslednje podatke:

- Premer drevesa, merjen na prsni višini (1,3 m od tal).
- Na novo vraslim drevesom smo izmerili premer in jim določili koordinate.
- Koordinate smo določili tudi drevesom, ki jih je leta 1994 dodal Bončina.
- Koordinate smo določili z izmero razdalje med novim in starim (že evidentiranim) drevesom in azimutom (merjeno od starega proti novemu drevesu) med tema dvema drevesoma.
- Ker so bile zadnje meritve na ploskvah opravljene pred šestnajstimi leti, smo morali precejšnje število starih označb nadomestiti z novimi, saj so jih hitro rastoča drevesa s svojim lubjem prerasla in ukleščila.
- Nadomestili smo tudi vse stare označbe iz leta 1994, saj so v tem času zbledele in so bile številke na njih še komaj prepoznavne.
- Za razliko od prejšnjih meritev smo se odločili za označevanje vseh novih dreves z žebli, saj se prejšnji način označevanja (deloma z žebli in deloma z jekleno žičko) ni izkazal kot uspešen. Tako nekaterih dreves zaradi odpadlih spodnjih vej in posledične izgube označb nismo našli.

- Vsem novim drevesom in tudi drevesom, ki so bila dodana leta 1994, smo določili stopnjo zastrtosti po naslednjih kriterijih:
 1. Drevo ne raste pod zastorom.
 2. Delno zasenčeno drevo.
 3. Drevo je popolnoma zastrto.

- odmrlim drevesom smo določili način odmrtnja, ki je prikazan v preglednici 3:

Preglednica 3: Šifrant določitve načina smrti dreves

Koda	Tip smrti
1	Drevo je bilo zlomljeno, ko je bilo še živo
2	Drevo se je zlomilo, ko je bilo že mrtvo
3	Neznan status drevesa ob odlomu
4	Od vetra izruvano drevo
5	Stoječe mrtvo drevo
6	Drevo je bilo izruvano zaradi padca drugega drevesa

3.2.2 Izračun in obdelava podatkov

Stopnjo vrasti (r) in smrtnosti (m) smo izračunali s pomočjo uveljavljene logaritemske enačbe, ki so jo v svojih raziskavah uporabili Condit in sod. (1995). Parameter t predstavlja časovno obdobje med posameznimi meritvami, velikosti populacije na začetku in ob koncu proučevanega obdobja pa predstavljata oznaki n_0 in n_t . Število preživelih osebkov ob koncu proučevanega obdobja je označeno s S_t , število na novo vraslih dreves pa z $n_t - S_t$.

Za izračun smrtnosti smo uporabili enačbo:

$$1) \quad m = (\ln n_0 - \ln S_t) / t,$$

za izračun vrasti pa enačbo:

$$2) \quad r = (\ln n_t - \ln S_t) / t.$$

Pridobljeni rezultati za smrtnost nam povedo, kolikšen delež vseh dreves je v proučevanem obdobju odmrl vsako leto. Rezultati za vrast pa govorijo o tem, kolikšen delež vseh dreves je letno prerasel iz ene debelinske stopnje v naslednjo stopnjo oziroma je prerasel merski prag. Debelinske stopnje si sledijo v intervalih po 5 cm, v tej raziskavi pa smo izmerili vsa drevesa nad 5 cm premera v prsni višini (druga debelinska stopnja). Kasneje smo zaradi reprezentativnosti izračunov združili posamezne debelinske stopnje v razširjene debelinske razrede po naslednjih kriterijih:

- 2. – 4. debelinska stopnja (5 cm–20 cm): 1. debelinski razred,
- 6. – 8. debelinska stopnja (20 cm–40 cm): 2. debelinski razred,
- 9. – 14. debelinska stopnja (40 cm–70 cm): 3. debelinski razred,
- 15. debelinska stopnja in višje (70 cm in več): 4. debelinski razred.

Debelinske razrede smo določili na podlagi socialnega položaja, ki ga drevesa v posameznem razredu običajno zastopajo:

1. debelinski razred – mlajše in drevesa pod zastorom,
2. debelinski razred – drevesa srednjega sloja,
3. debelinski razred – drevesa v strehi sestoja,
4. debelinski razred – vladajoča drevesa.

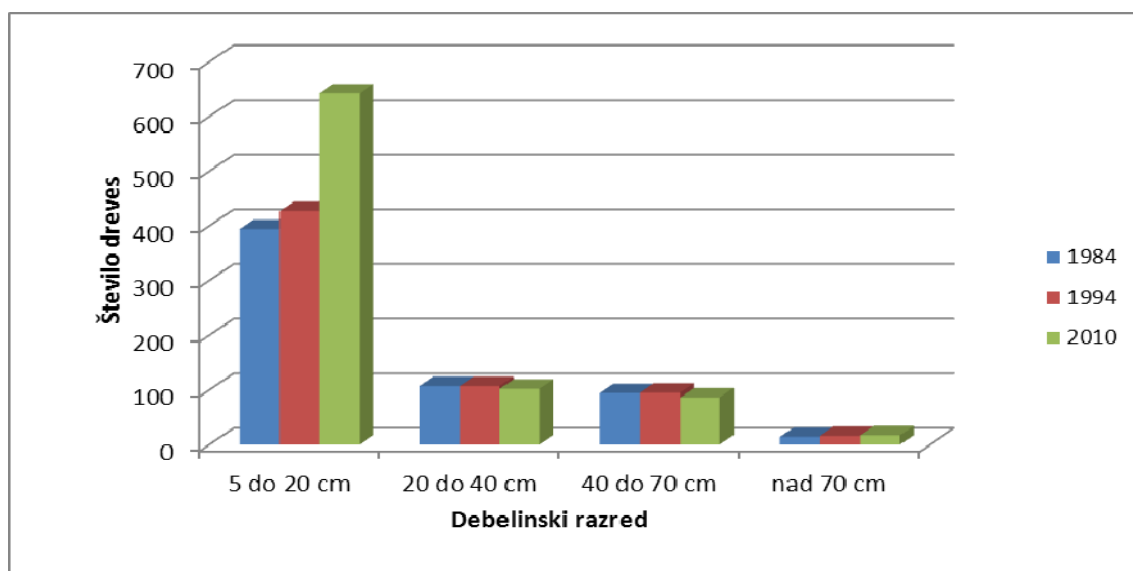
4 REZULTATI

Pri analizi podatkov smo uporabili podatke iz vseh treh ploskev skupaj. Ti rezultati so prikazani kot rezultati vseh ploskev. Kot posamezne ploskve smo analizirali 1. in 2. ploskev, podatkov s tretje ploskve samostojno nismo analizirali, saj je število dreves na tej ploskvi premajhno (96), da bi bili izračuni reprezentativni.

4.3 VSE PLOSKVE

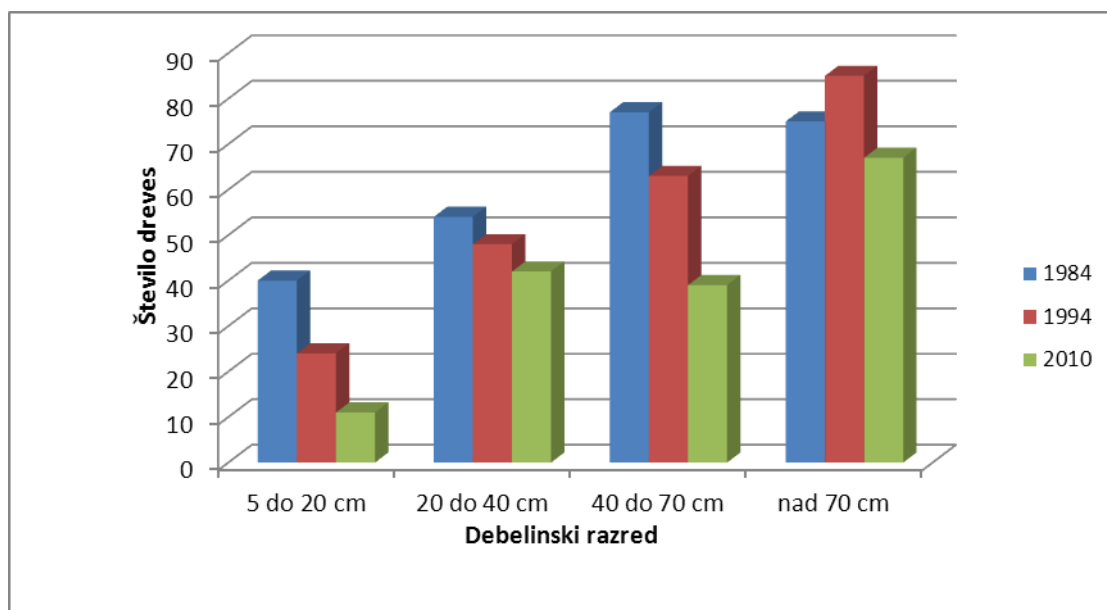
4.3.1 Število dreves

Število bukovih dreves v 1. debelinskem razredu je v času prve meritve znašalo 349 dreves/ha, do leta 2010 pa se je njihovo število skoraj podvojilo in je znašalo 642 dreves/ha. Medtem ko smo v 1. debelinskem razredu priča izrazitemu povišanju števila dreves, se v ostalih debelinskih razredih število skorajda ni spremenilo, kar nakazuje na relativno stabilnost populacije bukve v pragozdu (slika 3).



Slika 3: Število bukev na vseh ploskvah

Za razliko od bukve smo v istem obdobju pri jelki zabeležili trend zmanjševanja števila dreves v vseh debelinskih razredih. Izjema je le populacija dreves v 4. debelinskem razredu, število katerih se je ob popisu leta 1994 povečalo, do leta 2010 pa je že padlo pod raven iz leta 1984. Posebej zaskrbljujoče je dejstvo, da do vključno 4. debelinske stopnje raste le še 11 dreves jelke, od tega štiri v tretji in sedem v četrti debelinski stopnji, medtem ko v 2. debelinski stopnji jelka sploh ni zastopana (slika 4).



Slika 4: Število jelk na vseh ploskvah

4.3.2 Smrtnost

Skupna stopnja smrtnosti na prvi ploskvi se je v zadnjih 16-ih letih (1994–2010) povečala iz 1 %/leto na 2,9 %/leto. Na drugi ploskvi je ravno nasprotno prišlo do znižanja stopnje smrtnosti, saj se je ta iz 2,9 %/leto v obdobju 1984-1994 v 2. meritvenem obdobju znižala na 0,7 %/leto. Stopnja smrtnosti znotraj celotne populacije posameznih drevesnih vrst se je v drugem meritvenem obdobju nekoliko povečala - za jelko je znašala 2 %/leto, za bukev pa 0,8 %/leto. Prav tako se je skupna smrtnost zvišala na 1,2 %/leto (preglednica 5, preglednica 6).

Preglednica 4: *Letna stopnja smrtnosti in vrasti v obdobju 1984-1994*

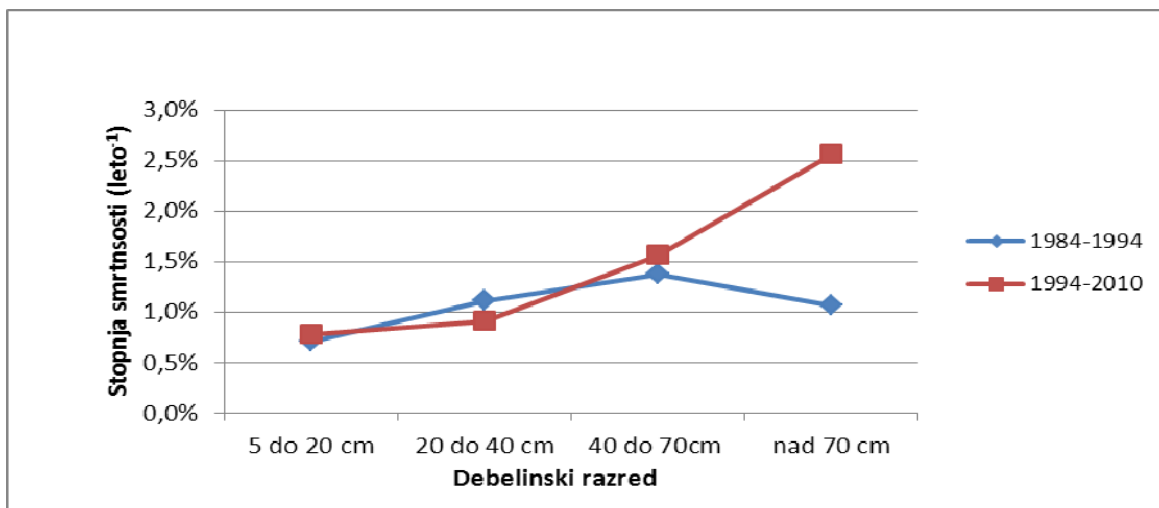
	Smrtnost (%/leto)			Vrast (%/leto)		
	Jelka	Bukev	Skupaj	Jelka	Bukev	Skupaj
Ploskev 1	1,1	0,3	0,5	0	3,5	2,3
Ploskev 2	2,6	0,9	1,5	0	2,3	1,6
Vse ploskve	1,8	0,6	1	0	2,6	1,8

Preglednica 5: *Letna stopnja smrtnosti in vrasti v obdobju 1994-2010*

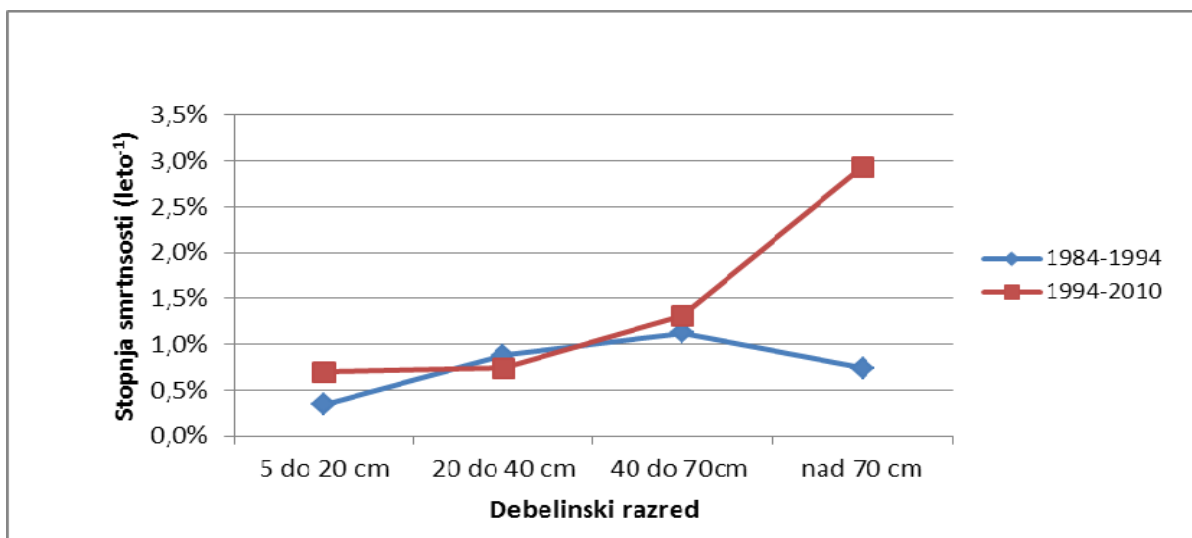
	Smrtnost (%/leto)			Vrast (%/leto)		
	Jelka	Bukev	Skupaj	Jelka	Bukev	Skupaj
Ploskev 1	2,9	0,5	1,1	0	2,9	2,6
Ploskev 2	0,7	1,4	1,2	0	4	3
Vse ploskve	2	0,8	1,2	0	3,2	2,6

Skupna stopnja smrtnosti v populaciji najtanjših dreves jelke (1. debelinski razred) je v prvem meritvenem obdobju znašala 0,7 %/leto in se v naslednjem meritvenem obdobju skorajda ni spremenila (slika 5). Medtem se je stopnja smrtnosti v istem debelinskem razredu bukve podvojila, kljub temu pa je ostala relativno nizka, saj je znašala 0,7 %/leto (slika 6). Pri bukvi ni prišlo do večjih sprememb v stopnji smrtnosti v 2. in 3. debelinskem razredu, kjer se je le-ta v obeh obdobjih gibala okoli 1 %/leto. V populaciji bukovih dreves

s premerom nad 70 cm pa se je stopnja smrtnosti dvignila iz manj kot 1 %/leto v prvem na 3 %/leto v drugem meritvenem obdobju.

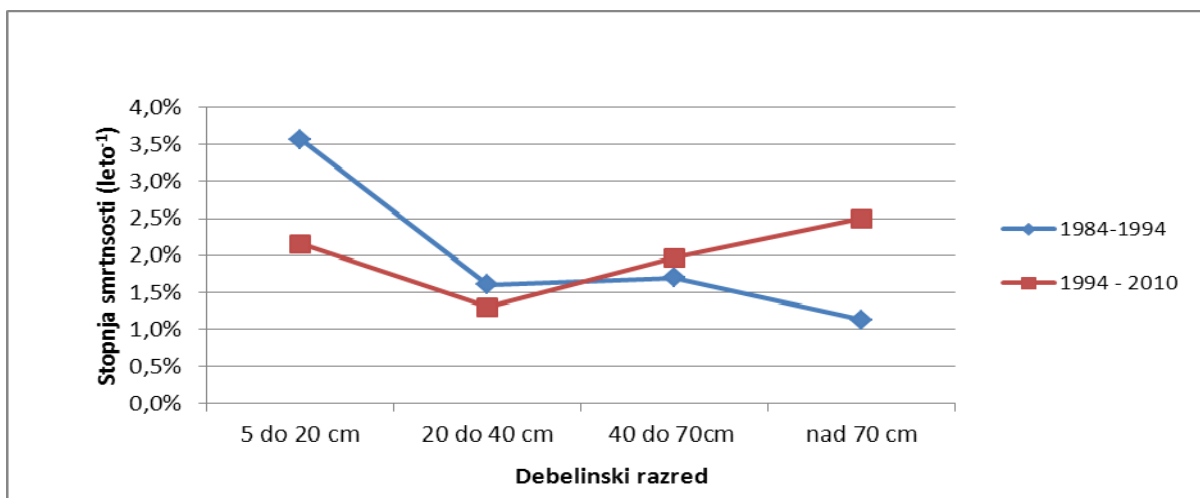


Slika 5: Skupna smrtnost na vseh ploskvah



Slika 6: Smrtnost bukve na vseh ploskvah

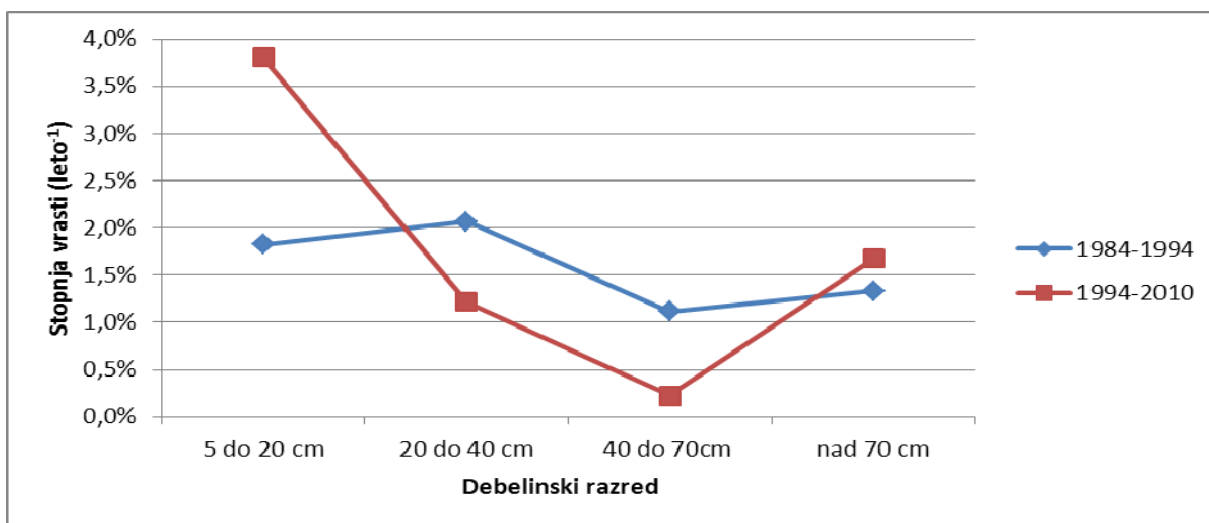
Stopnja smrtnosti jelke v 1. debelinskem razredu se je znižala iz 3,5 % na 2,1 %/leto. V 2. in 3. debelinskem razredu je stopnja smrtnosti v obdobju 1984-1994 znašala 1,6 %/leto v obdobju 1994-2010 pa se je v 2 debelinskem razredu znižala na 1,3 %/leto, v 3. debelinskem razredu pa se je povežala na 2 %/leto. Pri drevesih s premerom nad 70 cm pa se je smrtnost iz 1,1 %/leto dvignila na 2,5 %/leto (slika 7).



Slika 7: Smrtnost jelke na vseh ploskvah

4.3.3 Vrast

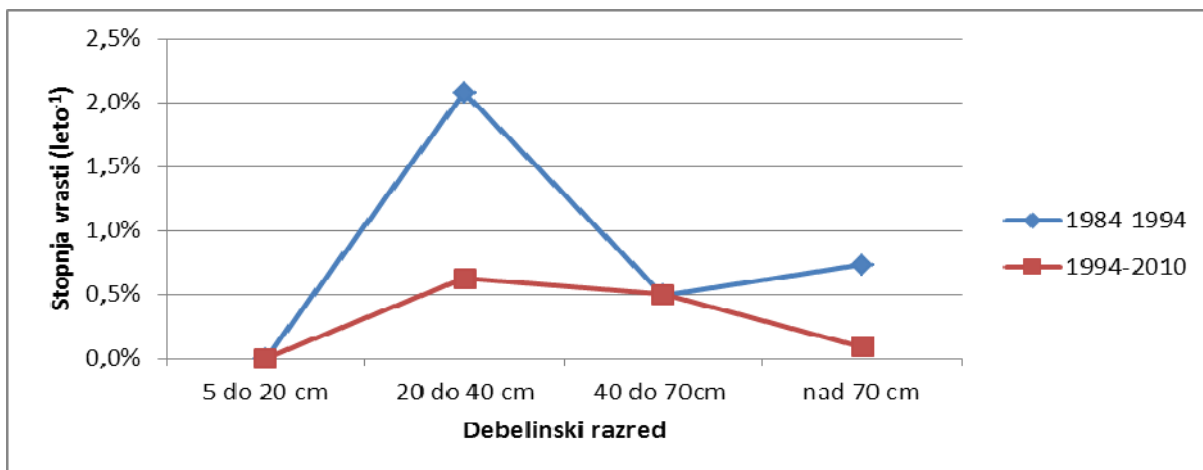
Pri bukvi je v 1. debelinskem razredu prišlo do izrazitega povišanja vrasti, saj se je tu vrast več kot podvojila in znaša 3,8 % letno. Do manjšega povečanja vrasti je prišlo tudi pri najdebelejših drevesih, medtem ko se je vrast v 2. in 3. debelinskem razredu znižala za 1 %, tako da sedaj vraščanja v 3. debelinski razred skorajda ni (slika 8).



Slika 8: Vrast bukve na vseh ploskvah

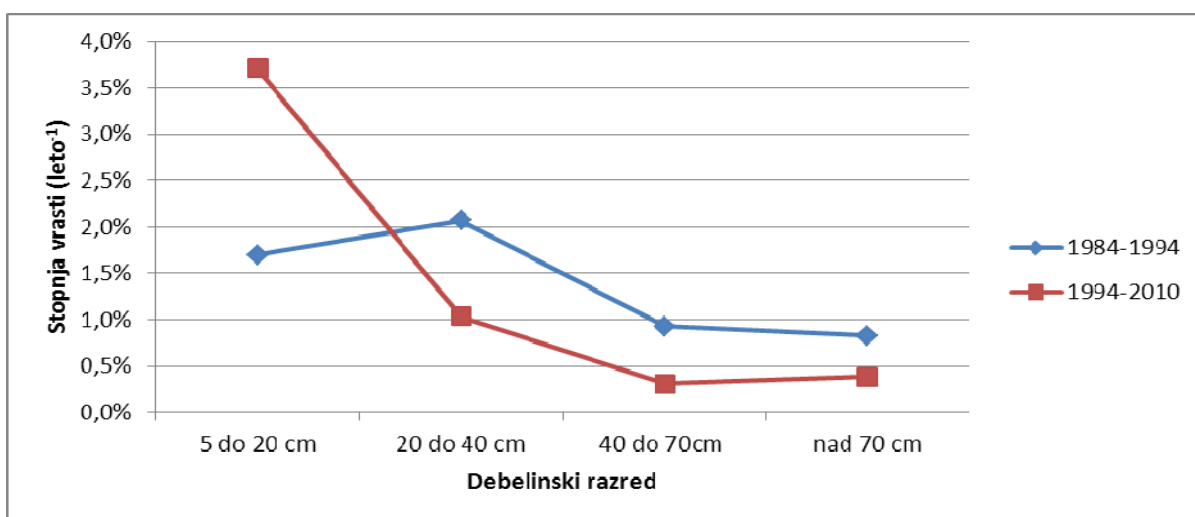
Vrast jelke se je v vseh debelinskih razredih znižala. Medtem ko vrasti novih dreves čez merski prag še vedno ni, pa se je močno znižalo vraščanje jelke v 2. debelinski razred. Pri drevesih, ki tvorijo streho sestoja, se je vrast le nekoliko znižala in ostaja na podobni ravni

kot v obdobju 1984-1994, pri najdebelejših drevesih pa se je vrast spustila na zelo nizko raven, saj je v preteklih 16. letih v ta debelinski razred vraslo le eno drevo (slika 9).



Slika 9: Vrast jelke na vseh ploskvah

Skupna vrast bukve in jelke se je pri najtanjših drevesih spreminjala enako kot pri bukvi, saj nanjo vpliva le vrast bukve, ker vrasti jelke ni. Skupna vrast dreves v ostalih debelinskih razredih se je znižala. V 2. debelinskem razredu skupna vrast znaša 1 %/leto, v 3. in 4. debelinskem razredu pa ni preseгла 0,5 %/leto (slika 10)



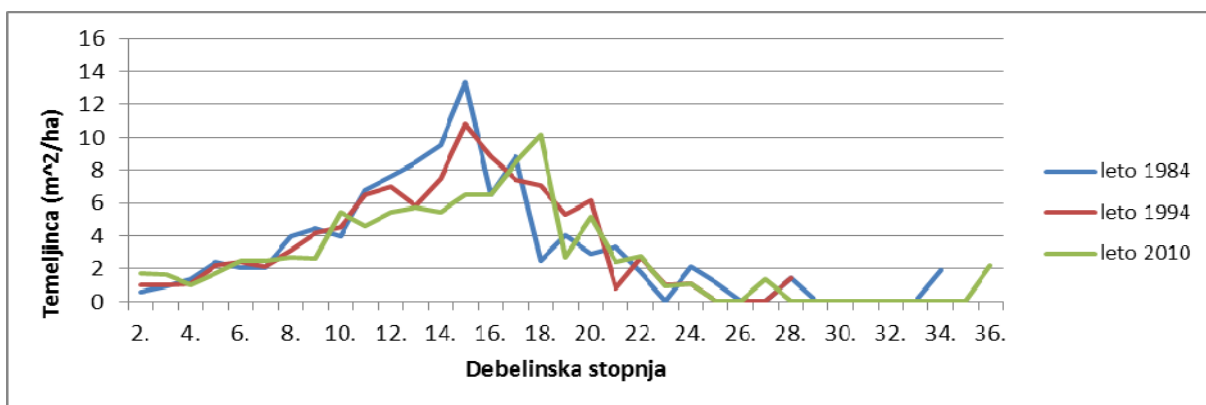
Slika 10: Skupna vrast na vseh ploskvah

Iz preglednic 5 in 6, ki poleg smrtnosti prikazujeta tudi letno vrast za celotno populacijo, in sicer kolikšen odstotek dreves letno preseže spodnji merski prag in se vključi v raziskovani del populacije, pa je razvidno, da se vrast bukve in posledično tudi skupna vrast povečuje.

Ob zadnjem zbiranju podatkov je znašala 3,2 % za bukev, skupno pa 2,6 % letno. Novih dreves jelke, ki bi prerasla spodnji merski prag, že od začetka merjenj nismo zasledili.

4.3.4 Temeljnica

Iz slike 11 je razvidno, da se temeljnica premika k višjim debelinskim stopnjam, hkrati pa se, kot nam prikazuje preglednica 7, višina temeljnice na vseh treh ploskvah postopoma zmanjšuje. Višek temeljnice je bil leta 1984 v 15. debelinski stopnji. Do leta 1994 je višek ostal pri isti debelini, se pa je zmanjšal za več kot 3 m². Hkrati je prišlo tudi do izrazitega povišanja temeljnice do 20. debelinske stopnje. Ob zadnjem merjenju se je višek temeljnice premaknil do 18. debelinske stopnje, prav tako pa se je temeljnica v višjih debelinskih stopnjah še povišala.



Slika 11: Razvoj velikosti temeljnice (m²/ha) po debelinskih stopnjah na vseh treh ploskvah skupaj

Preglednica 6: Razvoj temeljnice na posamezni ploskvah, ter na vseh ploskvah skupno

Leto\Ploskev	1	2	3	Skupaj
1984	53,83	49,83	46,56	54,54
1994	55,52	46,00	47,28	53,91
2010	47,16	45,20	45,31	48,95

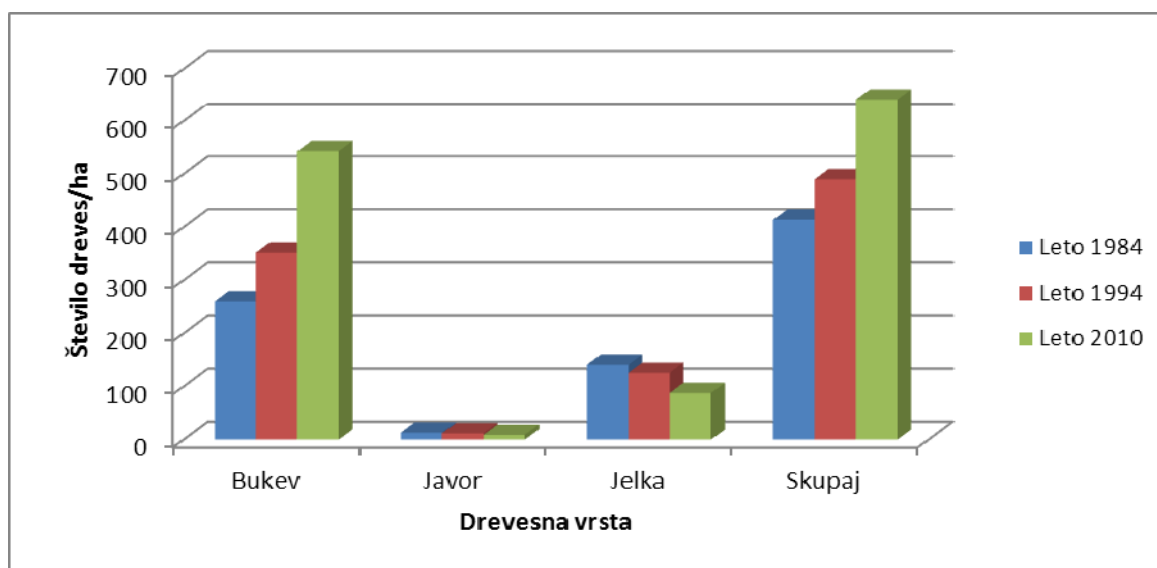
4.1 PLOSKEV

4.1.1 Število dreves

Leta 1984 je število dreves na ploskvi 1 znašalo 529 dreves/ha, do merjenja leta 1994 se je povišalo na 565 dreves/ha, ob zadnjem popisu leta 2010 pa je število dreves znašalo že 656 dreves/ha.

Število bukev na ploskvi se močno povečuje, število jelke pa postopoma upada. Tako se je število jelk v obdobju 1984-1994 zmanjšalo za 11 %, v obdobju 1994 – 2010 pa za 31 %. Na ploskvi je tudi manjše število javorjev, število katerih se z leti prav tako zmanjšuje. Med prvima dvema merjenjema se je število javorjev zmanjšalo za 10 %, v zadnjih 16 letih pa za 20 % (slika 12).

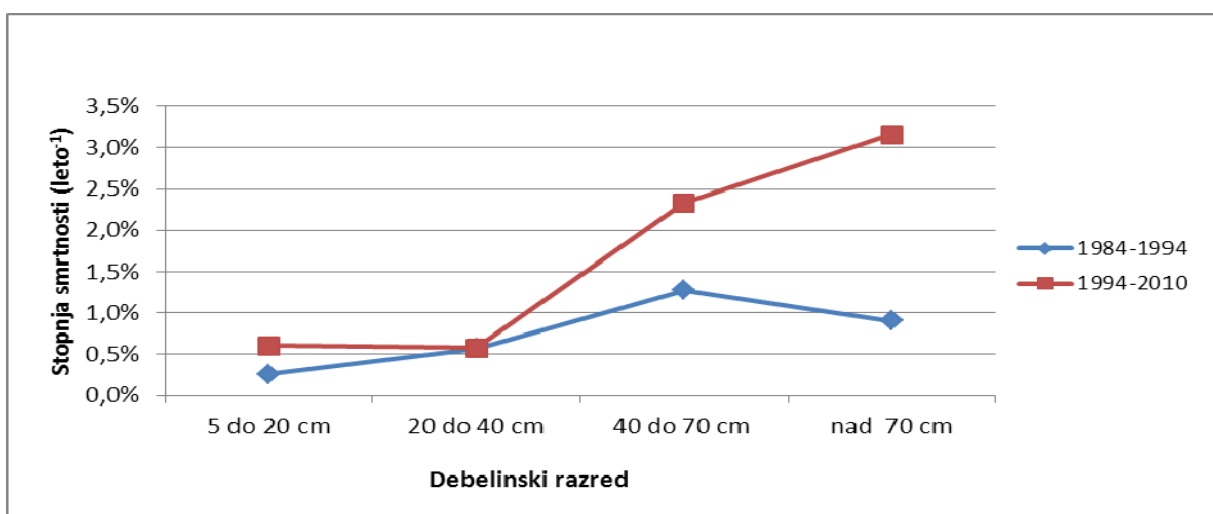
Najizrazitejše je povečanje števila dreves v 2. debelinski stopnji, v kateri se je v obdobju 1984–1994 število dreves povečalo za 47 %, v obdobju 1984–2010 pa kar za 142 %. Tako je bilo leta 2010 v 2. debelinski stopnji 284 izključno bukovih dreves. Število dreves, debelejših od 50 cm, pa se tako pri bukvi kot tudi pri jelki od leta 1984 naprej postopno zmanjšuje (slika 12).



Slika 12: Število dreves na 1. ploskvi

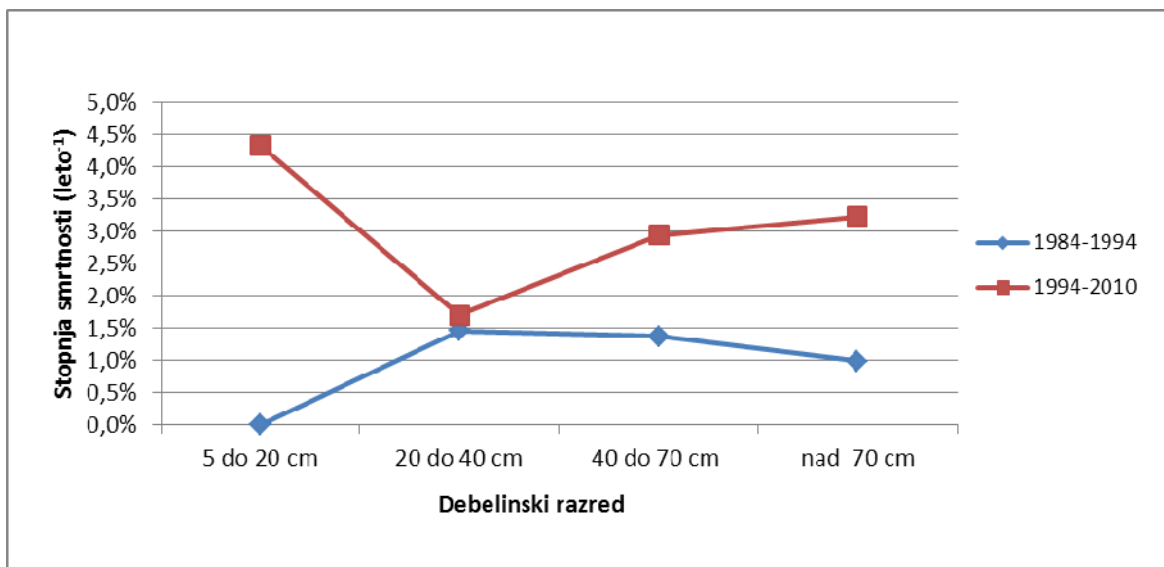
4.1.2 Smrtnost

Smrtnost je bila na 1. ploskvi v obdobju 1984–1994 nizka. V 1. in 2. debelinskem razredu ni presegla 0,5 %/leto, v 3. in 4. debelinskem razredu, pa je znašal 1,25 in 0,9 %/leto. V teh dveh debelinskih razredih se je v obdobju 1994-2010 smrtnost močno povešala na 2,4 %/leto v 3. debelinskem razredu in na 3,2 %/leto v 4. debelinskem razredu. V 1. debelinskem razredu se je smrtnost povešala na 0,6 %/leto medtem ko se v 2. debelinskem razredu ni spreminjala (slika 13).



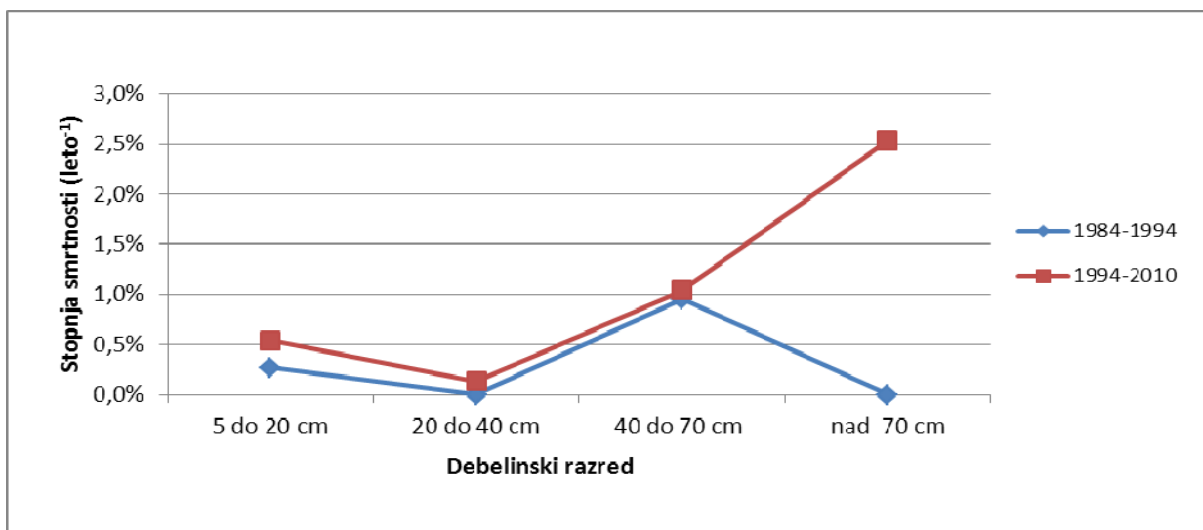
Slika 13: Skupna smrtnost na 1. ploskvi

Najvišjo smrtnost jelke v obdobju 1994-2010 smo zabeležili v 1. debelinskem razredu, v katerem je znašala 4,4 %/leto. v tem debelinskem razredu je v zadnjem obdobju odmrla večina jelovih dreves, tako da sta sedaj na 1. ploskvi le še 2 jelki s premerom do 20 cm. Pri drevesih med 5. in 8. debelinsko stopnjo je smrtnost v obeh meritvenih obdobjih ostala na enaki ravni (1,5 %/leto), medtem ko se je pri drevesih debeline med 40 in 70 cm v zadnjem obdobju podvojila in dosegla 3 % letno raven. V 4. Debelinski stopnji je se je stopnja smrtnosti potrojila in sedaj znaša 3,2 %/leto (slika 14).



Slika 14: Smrtnost jelke na 1. ploskvi

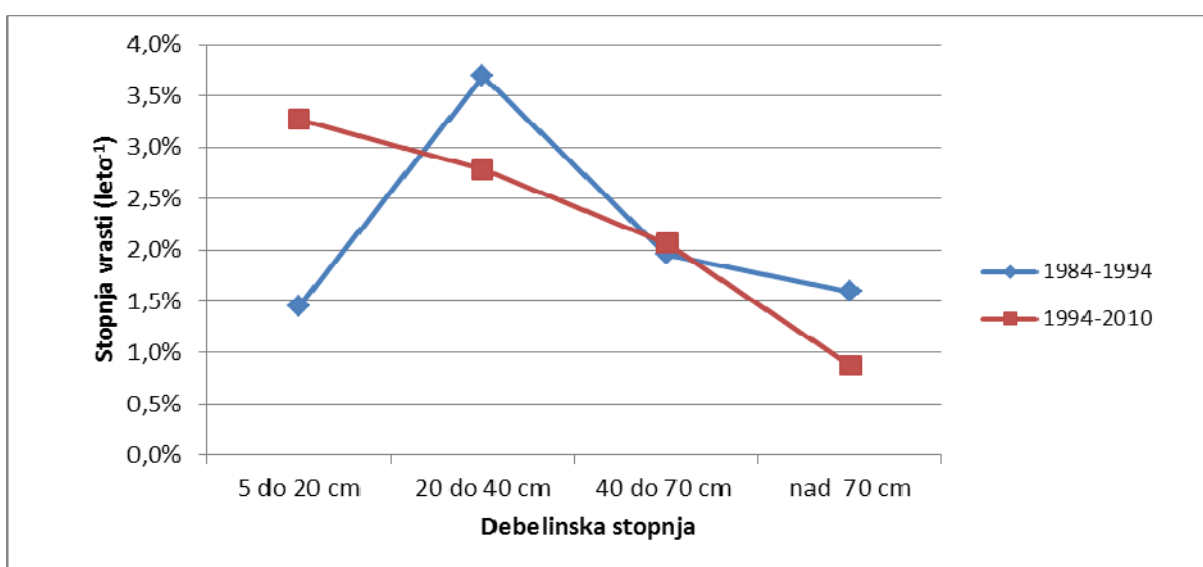
Smrtnost bukve se pri drevesih do 70 cm premera v obeh proučevanih obdobjih skorajda ni spremenila in je ostala na zelo nizki ravni (pod 1 % odmrlih dreves letno). Pri najdebelejših drevesih pa se je smrtnost v zadnjem obdobju znatno povečala - z nične smrtnosti v prvem meritvenem obdobju na 2,5 % letno raven (slika 15).



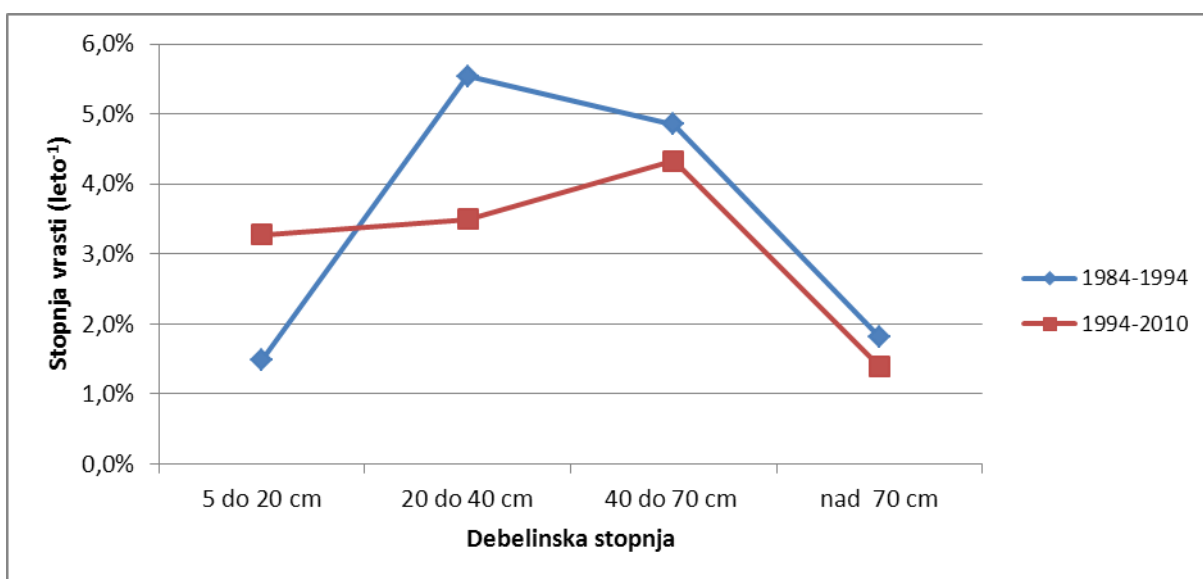
Slika 15: Smrtnost bukve na 1. ploskvi

4.1.3 Vrast

Vrast bukve in tudi skupna vrast sta se v 1. debelinskem razredu v času zadnjih meritev več kot podvojili in sedaj znašata 3,3 % letno (slika 16). Pri bukvi se je vrast znižala v vseh ostalih debelinskih razredih, kljub temu pa ostaja na viski ravni, saj v 2. debelinskem razredu znaša 3,5 %/leto, v 3. debelinskem razredu pa 4,2 %/leto. Stopnja vrasti je najnižja pri drevesih s premerom nad 70 cm, kjer znaša 1,2 %/leto (slika 17).

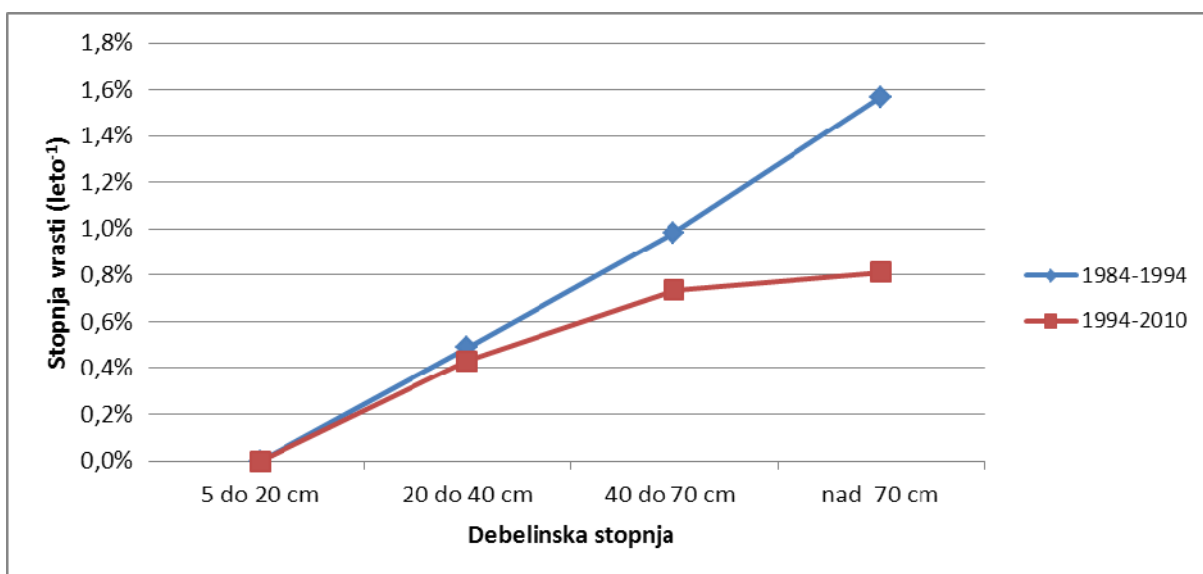


Slika 16: Skupna vrast na 1. ploskvi



Slika 17: Vrast bukve na 1. ploskvi

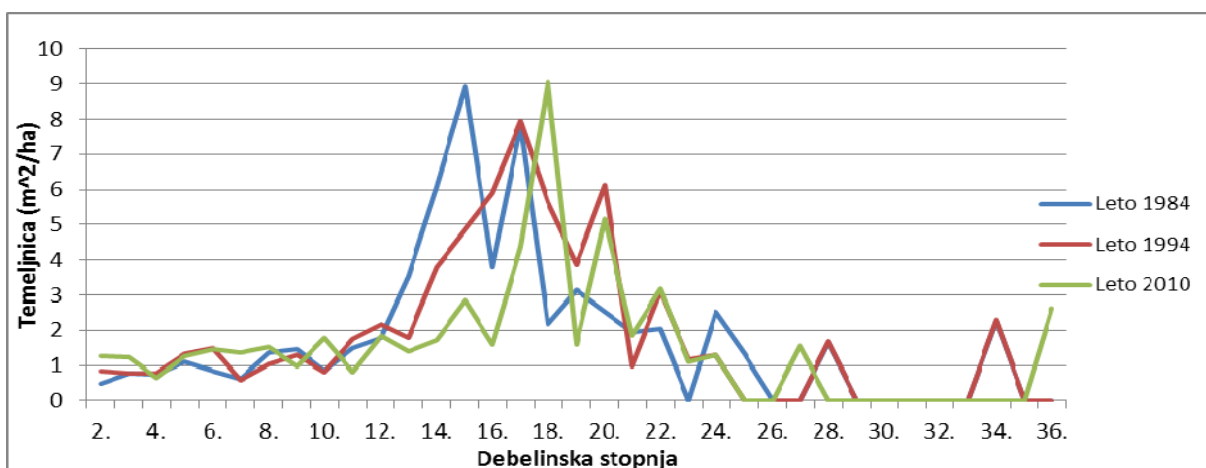
Trend zniževanja vrasti se kaže tudi pri jelki, pri kateri vrasti novih drevesih v 1. debelinski razred ni bilo v nobenem meritvenem obdobju, prav tako pa se je vrast znižala pri vseh ostalih debelinskih razredih, še najbolj izrazito v 4. debelinskem razredu, kjer se je prepopolnila. Stopnja vrasti jelke v vseh debelinskih razredih ne presega 1 % letno, še najvišja je pri najdebelejših drevesih, kjer letna vrast znaša 0,8 % (slika 18).



Slika 18: Vrast jelke na 1. ploskvi

4.1.4 Temeljnica

V nižjih debelinskih stopnjah v obeh proučevanih obdobjih ni prišlo do večjih razlik v višini temeljnice. Ta se je v času zadnje meritve nekoliko povišala do 8. debelinske stopnje. Od 14. debelinske stopnje naprej pa je prišlo do znatnega premika višine temeljnice proti višjim debelinskim stopnjam. Tako je bila leta 1984 temeljnica najvišja v 15. debelinski stopnji, leta 1994 v 17. debelinski stopnji in ob zadnjem merjenju leta 2010 v 18. debelinski stopnji. Skupna temeljnica na 1. ploskvi je leta 1984 znašala 61,2 m²/ha, do leta 1994 se je povečala na 63,2 m²/ha, v obdobju do leta 2010 pa se je zmanjšala na 53,5 m²/ha.

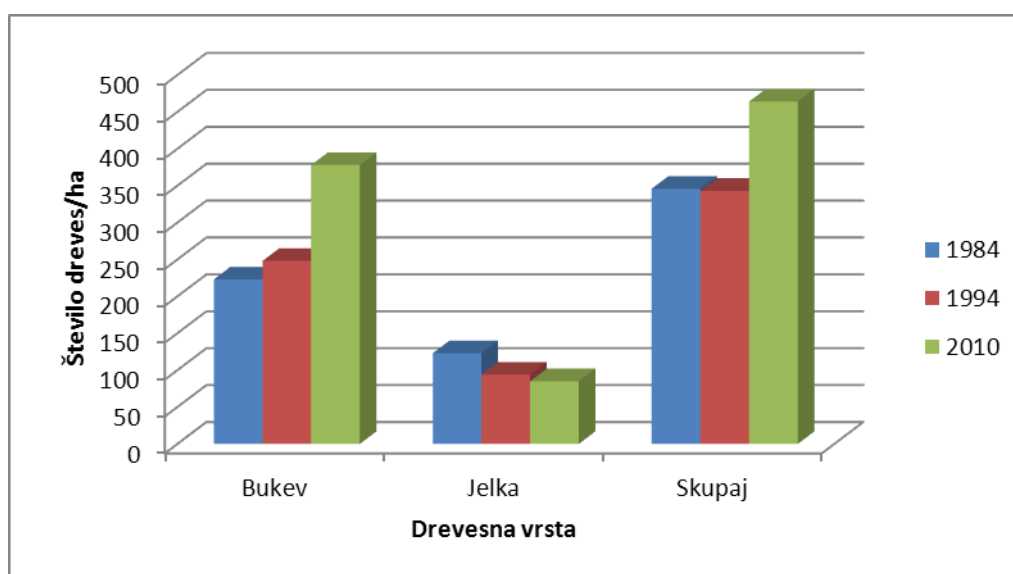


Slika 19: Trend spreminjanja temeljnice (m²) na 1. ploskvi

4.2 PLOSKEV 2

4.2.1 Število dreves

Število dreves na 2. ploskvi se med prvim in drugim merjenjem skorajda ni spremenilo in je znašalo 343 dreves/ha. V zadnjem obdobju (1994–2010) se je število dreves povečalo za 35 % in je leta 2010 znašalo 464 dreves/ha. Prevladuje bukev, katere število se povečuje, število dreves jelke pa se postopoma zmanjšuje (slika 20). Od leta 1984 naprej se število dreves v višjih debelinskih stopnjah (z izjemo 16. in 17. debelinske stopnje) zmanjšuje, medtem ko se je število dreves v 2. debelinski stopnji močno povečalo, in sicer v prvem obdobju za 55 %, v obdobju 1994–2010 pa za kar 141 %. Na 2. ploskvi je v 2. debelinski stopnji trenutno kar 169 izključno bukovih dreves.

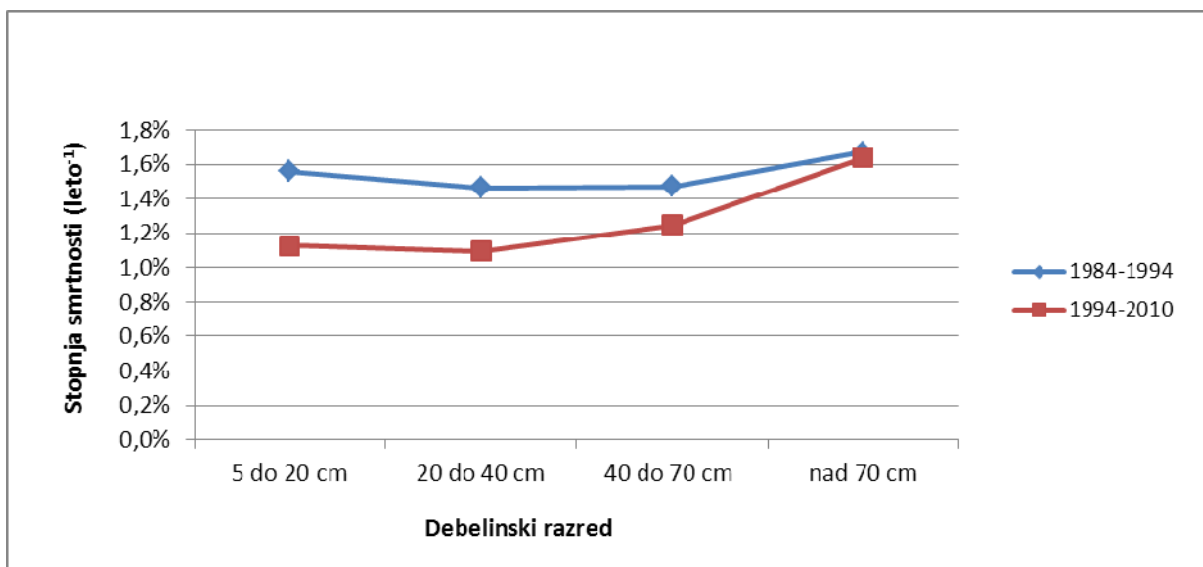


Slika 20: Število dreves na 2. ploskvi

Število dreves jelke se je v obdobju 1984–1994 zmanjšalo za 24 %, v drugem meritvenem obdobju pa se je zmanjšalo še za 10 %. Na 2 ploskvi je gostota jelovih dreves v letu 2010 znašala še 85 dreves/ha. (slika 20). Največji upad je opazen v 2. debelinskem razredu v katerem je na ploskvi le še 7 jelovih dreves.

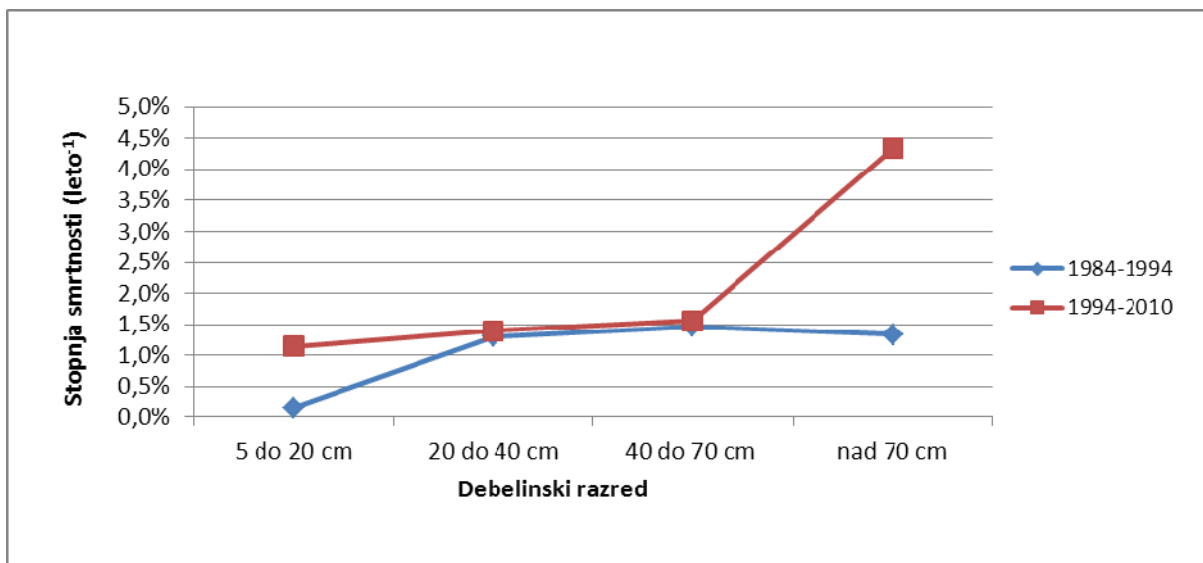
4.2.2 Smrtnost

Smrtnost na drugi ploskvi je bila v obdobju 1984–1994 precej nizka, znašala je približno 1,5 %/leto in je bila razmeroma enakomerna v vseh debelinskih razredih. V drugem meritvenem obdobju se je smrtnost še znižala, z izjemo najvišjega debelinskega razreda, kjer je stopnja smrtnosti ostala nespremenjena (slika 21).



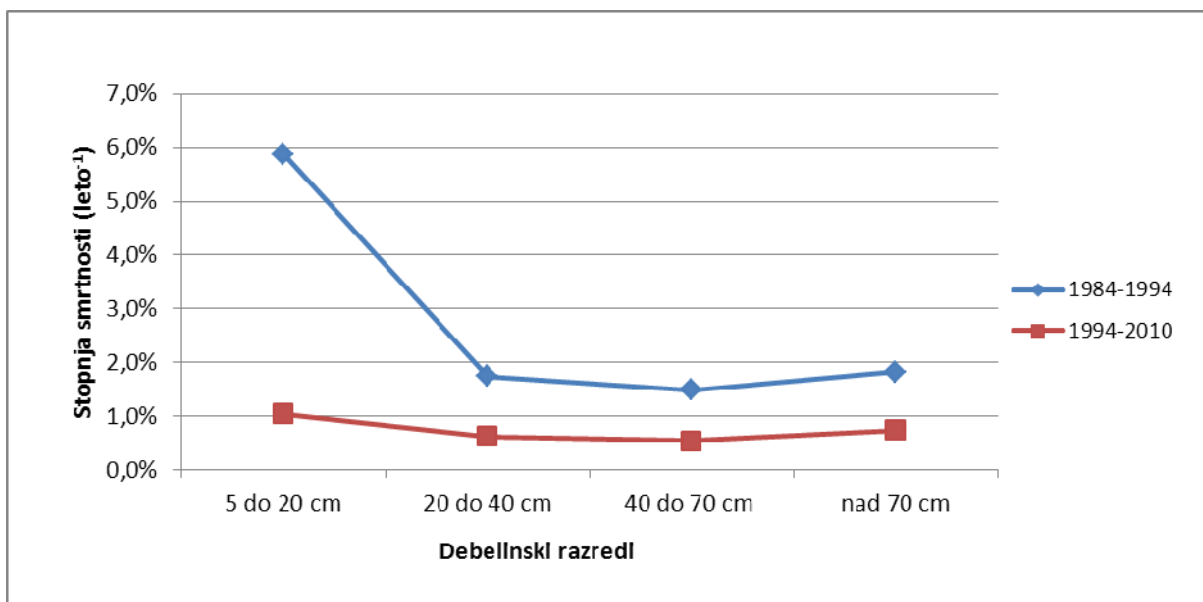
Slika 21: Skupna smrtnost na 2. ploskvi

Pri bukvi smo ugotovili manjše povišanje smrtnosti dreves v populaciji do 4. debelinske stopnje. Tu je stopnja smrtnosti v obdobju 1984-1994 znašala le 0,2 %/leto, do leta 2010 pa se je povišala na 1,1 %/leto.. V naslednjih dveh debelinskih razredih je smrtnost ostala na enaki stopnji (približno 1,5 %/leto). Močno pa se je povečala smrtnost pri drevesih nad 70 cm premera, kjer je smrtnost v zadnjem meritvenem obdobju (1994–2010) narasla na 4,4 %/leto, medtem ko je v obdobju 1984-1994 znašala le 1,3 %/leto (slika 22).



Slika 22: Smrtnost bukve na 2. ploskvi

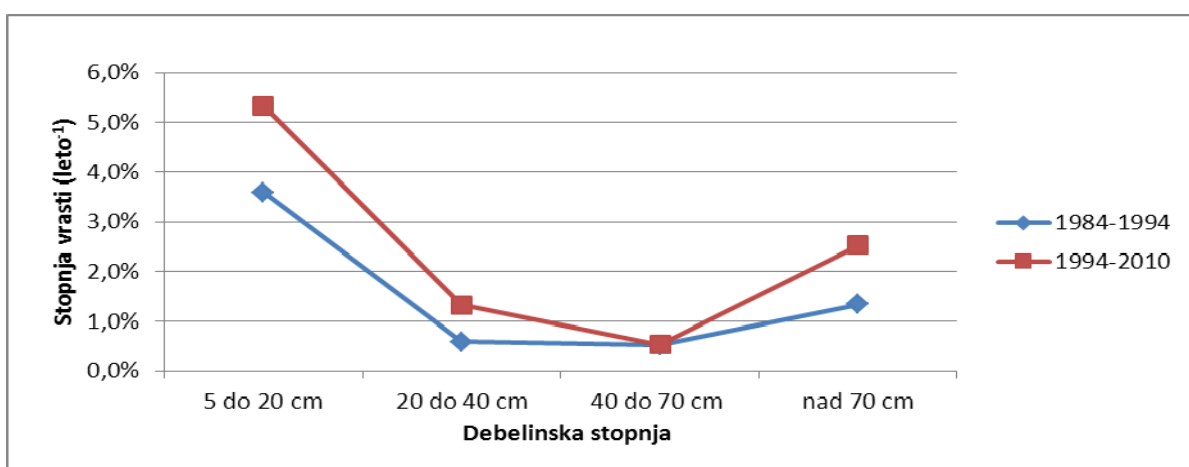
Smrtnost jelke je bila v najnižjem debelinskem razredu v prvem meritvenem obdobju zelo visoka in je na letni ravni znašala 6 %. V obdobju med zadnjima meritvama se je znižala na 1 %, kar je verjetno posledica zelo majhnega števila tankih jelk na ploskvi. Tudi v preostalih debelinskih razredih se je letna stopnja smrtnosti znižala, tako da v nobenem izmed debelinskih razredov leta 2010 ni preseгла 1 %/leto. (slika 23).



Slika 23: Smrtnost jelke na 2. ploskvi

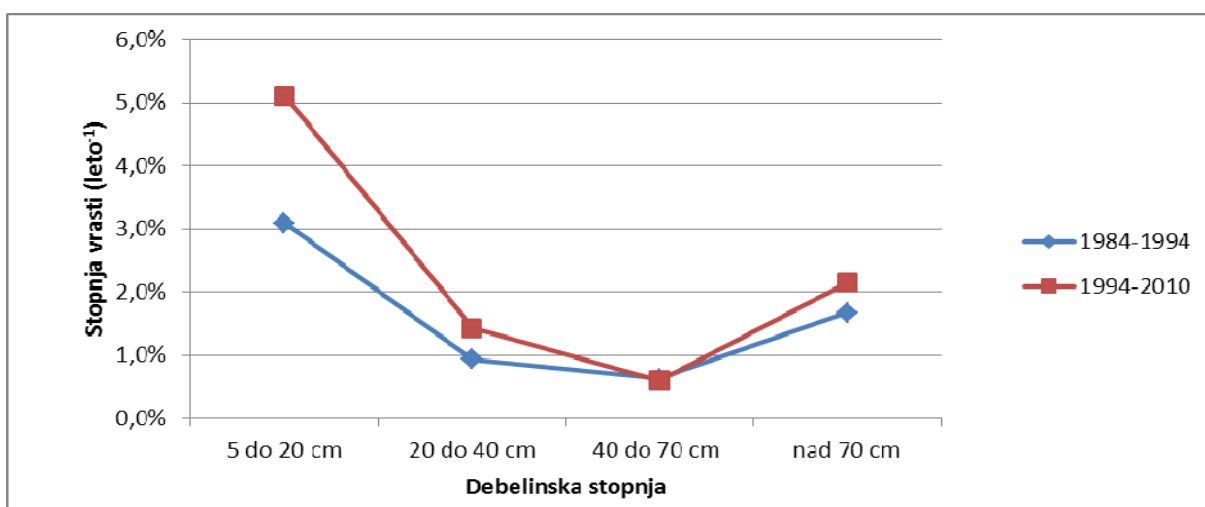
4.2.3 Vrast

Podobno kot na prvi ploskvi je bilo na drugi ploskvi najvišje povečanje vrasti pri bukvi v prvem debelinskem razredu, kjer se je letna vrast povišala za 60 % in sedaj znaša 5,3 %. Stopnja vrasti se je podvojila pri najdebelejših drevesih, kjer sedaj znaša 2,5 %. Manjše povečanje vrasti je opazno tudi v 2. debelinskem razredu, medtem ko se v 3. debelinskem razredu vrast ni spreminjala (slika 24).



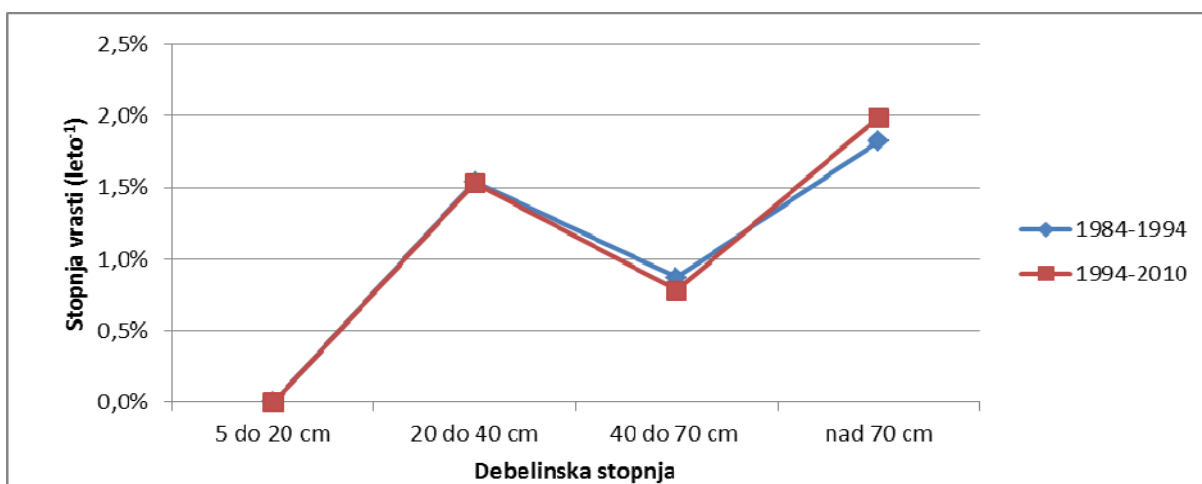
Slika 24: Vrast bukve na 2. ploskvi

Stopnja skupne vrasti se je gibala skorajda identično gibanju vrasti bukve, saj se vrast jelke v celotnem meritvenem obdobju skorajda ni spreminjala in je posledično na trend gibanja skupne vrasti vplivalo le gibanje vrasti bukve (slika 25).



Slika 25: Skupna vrast na 2. ploskvi

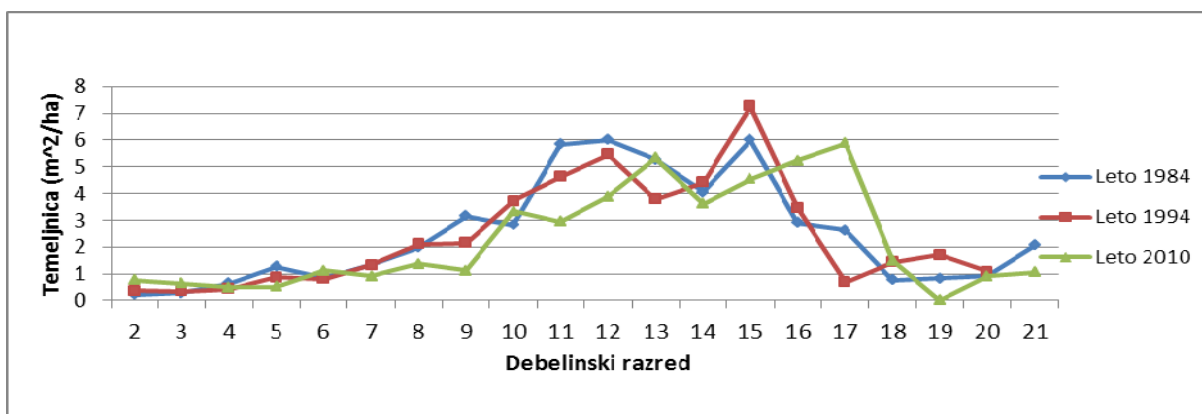
Pri jelki je vrast ostala skorajda nespremenjena v vseh meritvenih obdobjih. Pri najtanjših drevesih vrasti novih dreves v obeh meritvenih obdobjih ni bilo. V 2. debelinskem razredu se stopnja vrasti ni spreminjala in je ostala na 1,5% letno. Do minimalnih sprememb je prišlo v 3. debelinskem razredu, kjer je stopnja vrasti leta 2010 znašala 0,8 %/leto, pri drevesih s premerom nad 70 cm pa se je vrast povišala za 0,2% in je leta 2010 znašala 2 %/leto (slika 26).



Slika 26: Vrast jelke na 2. ploskvi

4.2.4 Temeljnica

Temeljnica je na drugi ploskvi leta 1984 znašala 49,8 m²/ha. Do časa druge meritve se je le-ta zmanjšala za 8 %, do zadnje meritve v letu 2010 pa še za 2 %. Višek temeljnice je bil ob prvem merjenju pri 11. in 12. debelinski stopnji, leta 1994 pri 15. debelinski stopnji, v zadnjem obdobju pa se je višek premaknil v 17. debelinsko stopnjo (slika 27).



Slika 27: Trend spreminjanja temeljnice (m²) na 2. ploskvi

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 SMRTNOST

Letna stopnja smrtnosti v Rajhenavskem pragozdu se dobro ujema z rezultati raziskav, ki so ta dejavnik tudi preiskovale ter ga določale z enako oziroma zelo podobno računsko metodo (preglednica 7). Raziskave so obsegale zelo raznolike gozdove, in sicer gozdove ki rastejo na območjih s tropskim in monsunskim podnebjem kakor tudi gozdove, ki rastejo v zmerno toplim pasu. Iz rezultatov je razvidno, da podnebje nima velikega vpliva na višino smrtnosti, saj le-ta v raziskavah, ki so bile na območjih z enakim oziroma zelo podobnim podnebjem, močno variira. Podobno lahko trdimo tudi za rezultate višine vrasti v istih raziskavah.

Preglednica 7: Rezultati sorodnih raziskav višine smrtnosti in vrasti po svetu

Tip gozda	Letna stopnja smrtnosti	Letna stopnja vrasti	Avtor in leto raziskave
Gorski pas v Kanadi	0,24 % - 0,84 %	/	Thorpe in Daniels, 2012
Subalpinski gozd	3,3 %	1,4 %	Mori in sod., 2007
Tropski gozd	0,98 %	0,81 %	Madelaine in sod., 2005
Vlažni gozd severa ZDA	0,5 % - 1,4 %	/	Busing, 2005
Tropski gozd	2,64 %, 1,46 %	2,87 %, 1,65 %	Condit, 1999
Vlažni gozd severa ZDA	0,66 % - 3,44 %	0,89 % - 1,85 %	Runkle, 2000

Pri raziskavah, ki potekajo v daljšem časovnem obdobju in vključujejo večje število dreves, lahko pričakujemo, da bo graf smrtnosti imel obliko črke U. To je posledica vzajemnega delovanja velike konkurence pri boju za svetlobo pri najtanjših drevesih in vpliva eksogenih dejavnikov, ki povzročajo relativno visoko smrtnost najdebelejših dreves, medtem ko imajo na drevesa srednjih višinskih slojev ti dejavniki običajno manjši vpliv (Hurst, 2011). Boj za svetlobo med sosednjimi drevesi je že dolgo opisan kot glavni dejavnik za smrtnost predvsem pri tanjših drevesih. Če bi to dejstvo držalo za vse debelinske razrede, bi pričakovali, da bi se smrtnost v populaciji zmanjševala z večanjem premera dreves. Toda pri najdebelejših drevesih, kjer konkurenca praktično nima več vpliva na njihovo smrtnost, postanejo eksogeni dejavniki poglavitni razlog za odmrtnje

dreves. Tako so vetrolomi eni glavnih povzročiteljev povišane smrtnosti pri najdebelejših drevesih. Vpliv konkurence na njihovo smrtnost je lahko tako majhen, da smrt sosednjega, konkurenčnega drevesa, povzroči povečanje smrtnosti dreves, ki so rasla v okolici odmrlega drevesa, saj njegovo odmrtnje zmanjša mehansko stabilnost, s tem pa se občutljivost na močan veter še poveča (Hurst, 2011). Poleg tega debelejša drevesa počasi izgubljajo rastno moč, postajajo bolj občutljiva na ekstremne vremenske pojave (suša, poplave, vročinski valovi), prav tako so bolj dovzetna za napade škodljivcev. Vzajemno delovanje teh dejavnikov lahko še dodatno poviša njihovo stopnjo smrtnosti. V naši raziskavi značilno U-oblikovane smrtnosti nismo opazili.

Po obdobju propadanja jelke med leti 1976 in 1985 se je v gozdu odprlo veliko ravnega prostora, ki ga je popolnoma preraslo bukovo mladje. To je poraslo vse odprte površine in pričakovali bi, da se bo smrtnost v najnižjih debelinskih stopnjah v času naših meritev močno povečala, saj večja gostota dreves predstavlja večjo konkurenco med drevesi in posledično tudi večjo smrtnost. Smrtnost bukev v 2. debelinski stopnji se je z leti trikratno povečala, še vedno pa je zelo nizka in znaša manj kot 0,7 % letno. Razlog za tako nizko stopnjo smrtnosti verjetno leži v tem, da lahko bukev zaradi svoje v mladosti izrazite sencozaščitnosti več desetletij raste pod močnim zastorom in skorajda ne prirašča v debelino. Tako je sedaj v spodnji drevesni plasti veliko dreves, ki komaj dosegajo spodnji merski prag in v debelino skorajda ne priraščajo. Odmiranje najdebelejših dreves so izkoristila drevesa 2. in 3. debelinskega razreda, ki so nov rastni prostor takoj zapolnila, s tem pa prestregla večino svetlobe, ki je prodrla v nižje sloje gozda. To je povzročilo da so morala nova drevesa, ki so vzkli še v boljših svetlobnih pogojih, že v zgodnjem obdobju rasti prevzeti status čakalca na boljše rastne pogoje. Zato se bo smrtnost v drugi debelinski stopnji izraziteje povečala šele čez nekaj desetletij, ko bo tem podstojnim drevesom zmanjkalo rastne moči in bodo pričela odmirati.

Najbolj izrazito povečanje smrtnosti smo zabeležili pri drevesih s premerom nad 70 cm. Po razmeroma nizki smrtnosti tako jelke kakor tudi bukve v prvem meritvenem obdobju, ko je smrtnost znašala 1 % za jelko in 0,7 % za bukev, se je le-ta med zadnjima merjenjima močno povečala ravno pri najdebelejših drevesih. Pri bukvi se je smrtnost povečala za štirikrat, pri jelki pa za trikrat. Eden izmed razlogov za to je lahko naravno odmiranje

najdebelejših dreves, saj so vse tri raziskovalne ploskve v starejših razvojnih fazah in gre torej za povsem običajen dogodek pomlajevanja gozda. Drugi razlog pa je lahko spreminjanje globalne klime. Iz javno dostopnih meteoroloških podatkov za obdobje med letoma 1971 in 2011 je razvidno, da se je povprečna letna temperatura dvignila za 0,9°C, letna količina padavin pa se je zmanjšala za 150 mm oziroma za 9 % (ARSO, 2013). Jelka je drevo, ki dobro prenaša nizke temperature, ne ustrezajo pa ji dolga sušna obdobja, visoke temperature in majhna količina padavin. Klimatske razmere v zadnjih letih pa povzročajo prav takšne, za jelko manj ustrezne rastne pogoje. Ker so drevesa, ki sedaj rastejo v zgornji plasti, oslABLJENA preživela intenzivno odmiranje v sedemdesetih letih, je povsem možno, da so jih zdajšnje klimatske razmere še dodatno obremenile in tako pospešile njihovo odmiranje.

Pričakovati je, da se bo smrtnost v prihodnosti višala predvsem v najnižjem debelinskem razredu, v katerem bo zaradi izjemno velikega števila novo vrastlih dreves konkurenca med temi drevesi vse večja, s tem pa tudi smrtnost. V 2. in 3. debelinskem razredu sprememb v višini smrtnosti ni pričakovati, medtem ko se bo smrtnost pri najdebelejših drevesih v prihodnosti verjetno še nekoliko povečala oziroma ostala na isti ravni. Vzrok za to je proces nadaljnjega pomlajevanja gozda, ki ga spremlja tudi odmiranje dreves v strehi sestoja. V prihodnosti torej pričakujemo, da bo graf smrtnosti dobil oblike črke U, ki je značilna za negospodarjene sestoje. V takih gozdovih pri drevesih, ki že presegajo merski prag, kot glavni vzrok smrtnosti prevladuje konkurenca med sosednjimi drevesi, v strehi sestoja pa eksogeni dejavniki (Hurst, 2011). Pri drevesih, ki merskega pragu ne dosegajo, na stopnjo smrtnosti v Rajhenavskem pragozdu poleg konkurence pomembno vpliva tudi divjad, ki intenzivno objeda mlade jelke. Rezultat tega je praktično 100 % smrtnost mladice jelke v prvih letih razvoja in odsotnost jelke v drugi debelinski stopnji. Vpliv objedanja na smrtnost je pri drevesih s premerom nad 5 cm v našem primeru izničen, saj to debelinsko stopnjo zastopa le bukovo mladje, ki pa ni podvrženo tako močnemu objedanju, da bi le-to bilo razlog za smrt dreves v drugi debelinski stopnji.

5.2 VRAST

V naši raziskavi smo prikazali dve različni vrasti, izračunani z enako metodologijo, in sicer vrast novih dreves v populacijo ter preraščanje dreves med debelinskimi razredi. Pri tem prvi izračun kaže na uspešnost drevesnih vrst pri pomlajevanju, drugi pa na vitalnost rastočih dreves v populaciji.

Rezultati so pokazali, da se jelka še naprej sooča s problemom pomlajevanja, kot ga v svoji diplomski nalogi opisuje že Derbiš (1957). Že tistega leta ob izvedeni polni premerbi v gozdu ni bilo novih jelk, ki bi bila višja od enega metra. Do enakih ugotovitev je v svoji raziskavi prišel tudi Diaci (2010), ki je ob popisu mladice prišel do rezultatov, da med enoletnimi mladnicami delež jelke znaša 60 %, vendar pa se ta že do višine 50 cm zniža na manj kot 10 %; mladja jelke, višjega od 50 cm pa ni. Naša raziskava potrjuje njune ugotovitve o popolni zaustavitvi pomlajevanja jelke v Rajhenavskem pragozdu, ki se je verjetno pričelo že precej pred prvo polno premerbo pragozda v letu 1957. Razlog za to je povišan stalež parkljarjev, ki z objedanjem preprečujejo rast mladih jelk. Ker je Rajhenavski pragozd zaščiten gozdni rezervat, je v njem gospodarjenje prepovedano, prav tako pa skozi gozd ne potekajo gozdne vlake, zato ti gozdovi praktično niso obiskani in so idealno zatočišče za gozdne živali. Kljub dejstvu, da se je gostota divjadi v zadnjih dveh desetletjih več kot prepolovila (Diaci, 2010), pa to ni zmanjšalo problemov pomlajevanja jelke v pragozdu. Ti gozdovi namreč še vedno ostajajo zatočišče živali v isti meri kot v preteklosti, zato v njih zmanjšanje gostote divjadi ni tako izrazito kot v gospodarjenjih gozdovih.

Nezmožnost pomlajevanja jelke je dodobra izkoristila bukev, ki sedaj popolnoma prevladuje v nižjih debelinskih stopnjah, njen delež v lesni zalogi pa se je iz 40 % leta 1957 povišal na 57 % v letu 2007 (Diaci, 2010). Njena prevlada se dobro kaže tudi v višini vrasti bukve, ki se je v zadnjih 26-ih letih močno povišala. Neprestanega višanja vrasti pa ne gre pričakovati tudi v prihodnje, saj večja gostota dreves v podrasti povzroči večjo konkurenco med temi drevesi, zato velik delež dreves odmre še preden doseže merski prag. Tako se bo višina vrasti ustalila pri določeni vrednosti, saj bo vpliv konkurence in boja za svetlobo preprečeval nadaljnje povečevanje vrasti. Le-to bo v prihodnosti zagotovo

najvišje na 2. ploskvi. Na njej je v preteklosti odmrlo drevo ob padcu pod sabo pokopalo večje število dreves in povzročilo večjo vrzel. V tej vrzeli je ob zadnjem popisu raslo izjemno veliko število novih dreves, ki so bila še pod spodnjim merskim pragom (od 2 cm do 4 cm), do naslednjega popisa pa ga bodo verjetno že prerasla. Na prvi ploskvi se bo vrast najverjetneje nadaljevala z enako intenziteto, saj je na njej le nekaj manjših vrzeli, ki se postopoma zaraščajo z mladjem. Na tretji, najmanjši ploskvi, vrasti novih dreves v tej raziskavi nismo zabeležili, prav tako je ne pričakujemo v prihodnosti, saj je ploskev v optimalni razvojni fazi in zato obnova še ne poteka. Do sprememb v vrasti novih dreves bo prišlo le v primeru nepričakovanih eksogenih motenj (na primer vetrolomi).

Ob rezultatih vrasti, ki govorijo o preraščanju dreves med debelinskimi razredi, je potrebno poudariti, da tu govorimo le o odstotku dreves, ki letno preraste med debelinskimi razredi, ki smo jih predhodno določili sami in ne tudi o stopnji preraščanja dreves med debelinskimi stopnjami znotraj debelinskih razredov. Če bi upoštevali tudi to preraščanje, bi bila stopnja vrasti mnogo višja in bi se gibala med 8 % in 10 % letno. Da bi prikazali stopnjo preraščanja po posameznih debelinskih stopnjah nimamo zadostne količine podatkov. Pri tolikšnem obsegu podatkov je zastopanost dreves v posameznih debelinskih stopnjah premajhna, da bi dobljeni rezultati preraščanja med debelinskimi stopnjami bili reprezentativni. Za bolj natančne rezultate bi morali uporabiti rezultate polne premerbe pragozda, kjer je število dreves mnogo večje in bi bilo zato veliko bolj primerno za prikazovanje vrasti med posameznimi debelinskimi stopnjami. Ti podatki pa ne bi bili primerni za prikazovanje vrasti novih dreves v populacijo, saj spodnji merski prag pri polni premerbi pragozda znaša 10 cm, v naši raziskavi pa je le-ta znašal 5 cm.

V prihodnjih popisih bi se morali držati merskega pragu, saj se je v preteklosti kljub temu, da je bil merski prag določen, popisalo izjemno veliko število dreves, ki tega kriterija niso dosegala. Potrebno pa bi bilo tudi uveljaviti konstanten časovni razmik med popisi, saj je Lewis s sodelavci leta 2004 dokazal, da razlika med intervali merjenj pomembno vpliva na izračunane rezultate. Čim daljše kot je obdobje med posameznimi meritvami, tem bolj se niža ocena smrtnosti in vrasti pri združbah, ki so vrstno heterogene.

5.3 ŠTEVILO DREVES IN VRSTNA SESTAVA

V zadnjih desetletjih smo v Rajhenavskem pragozdu priča intenzivnim spremembam. Po obdobju vladavine jelke v začetku 20. stoletja sedaj prihaja obdobje vladavine bukve. Proces menjave bukve in jelke v tem pragozdu poteka že več stoletij (Bončina, 1999), ta proces pa sta pospešila še propadanje jelke v 70-ih letih kot posledica onesnaževanja ter obsežno objedanje, ki preprečuje kakršnokoli pomlajevanje jelke (Diaci in sod., 2010). Posledica tega je le še hitrejša in intenzivnejša izmenjava vrst. Skupno število dreves pri prvih dveh meritvah je ostalo skorajda nespremenjeno, ob zadnji meritvi pa se je povišalo za 20 %. Z večanjem števila dreves se povečuje tudi gostota dreves v sestojih. Tako je gostota dreves na vseh treh ploskvah v letu 1984 znašala 448 dreves/ha in se je do zadnje meritve povišala za približno 20 % ter sedaj znaša 526 dreves/ha. Ti rezultati pa so v nasprotju z ugotovitvami Diacija in sodelavcev (2010), ki so pokazali, da se gostota dreves v pragozdu postopoma zmanjšuje. Potrebno pa je poudariti, da so le-ti uporabljali podatke iz polnih premerb gozda, ki vključujejo le drevesa nad 10 cm premera, zato so izračunane gostote precej nižje. Zaradi intenzivnega pomlajevanja bukve pa se bodo v prihodnosti tudi te hitro povečevale.

Od vseh rezultatov se kot najbolj problematično kaže stanje jelke v gozdu. Število dreves jelke na ploskvah se postopno zmanjšuje in sedaj znaša le še 16 %. Zmanjševanje deleža jelke se še ne bo zaustavilo, saj je na vseh treh ploskvah le še 11 dreves v 1. debelinskem razredu, jelovega mladja pa zaradi intenzivnega objedanja divjadi ni. V prihodnjih desetletjih se bo delež jelke na ploskvah zagotovo spustil pod 10 %, še vedno pa je v tretjem debelinskem razredu precej jelk, ki še zdaleč niso zaključile z rastjo in so, tako kažejo rezultati, še zelo vitalne. Tako da bodo v sestoji lahko vztrajale še nadaljnjih nekaj stoletij, če ne bodo postale žrtve naravnih ujm. Zato ni strahu, da bi jelka popolnoma izginila iz roških gozdov, verjetno pa se bo njen delež vztrajno nižal vse dokler se ne bo stalež divjadi v teh gozdovih znižal do te mere, da bo pomlajevanje jelke spet omogočeno. In mogoče bodo čez 100 let lahko gledali te gozdove poraščene z jelovim mladjem ravno tako, kot jih sedaj prerašča bukev.

6 POVZETEK

V Rajhenavskem pragozdu smo ponovili meritve na treh, leta 1984 vzpostavljenih, raziskovalnih ploskvah. Na podlagi dobljenih rezultatov smo določali rastno dinamiko gozda. Zbirali smo podatke o premeru dreves, njihovem socialnem položaju, novim drevesom pa smo določili tudi zastrtost. Spodnji merski prag za nova drevesa je znašal 5 cm. Na treh ploskvah dimenzij 215 m x 40 m, 200 m x 40 m in 50 m x 50 m smo popisali 1010 dreves. Leta 1994 je v okviru svoje doktorske disertacije meritve ponovil tudi Andrej Bončina, čigar zbrane podatke sem tudi uporabil v raziskavi.

Iz analize zbranih podatkov je razvidno, da se smrtnost dreves na letni ravni giblje med 0,5 % in 2,9 %, kar sovпада s podobnimi raziskavami, v katerih je bila uporabljena ista oziroma podobna metodologija izračuna. Smrtnost bukve se giblje v intervalu med 0,3 % in 1,4 % in je nižja od smrtnosti jelke, ki se giblje med 0,7 % in 2,9 % na letni ravni. Smrtnost je praviloma dosegala najvišje vrednosti pri najdebelejših drevesih s premerom nad 70 cm, ne glede na drevesno vrsto. Smrtnost se je v obdobju med meritvama v obdobju 1984-1994 v primerjavi z obdobjem 1994-2010 povišala z 1 % na 1,2 % letno.

Vrast novih dreves se je v obdobju med leti 1994–2010 (v primerjavi z obdobjem 1984–1994) povečala na obeh obravnavanih ploskvah. Skupna vrast se je z 1,8 %/leto v prvem meritvenem obdobju povišala na 2,6 %/leto v drugem. Višanje vrasti je povzročilo intenzivno pomlajevanje bukve, medtem ko vrasti novih dreves jelke v populacijo od prve meritve naprej nismo zabeležili. Preraščanje med debelinskimi razredi se je v obdobju 1994–2010 povišalo le v prvem debelinskem razredu, kjer sedaj znaša 3,8 %/leto, v vseh ostalih debelinskih razredih pa se je v primerjavi z obdobjem 1984–1994 znižalo. Sedaj znaša 1 %/leto v drugem debelinskem razredu, v 3. in 4. pa ne presega 0,5 %/leto.

Skupno število dreves na ploskvah se povečuje. Vse nastale vrzeli v gozdu z mladjem zapolnjuje bukev, jelovega mladja pa zaradi visokega staleža divjadi ni. Medtem ko se število bukev zaradi procesov pomlajevanja v gozdu močno povečuje, pa delež jelke na ploskvah enakomerno upada in sedaj znaša le še 16 %. Velikost temeljnice na hektar se je zmanjšala za 10 %, višek temeljnice pa se premika k debelejšim debelinskim stopnjam, kar

nakazuje na staranje populacij na ploskvah. Število dreves bukve v 2. debelinski stopnji je leta 2010 znašalo kar 53 % vseh dreves na ploskvah. Vse dokler se stalež divjadi ne bo zmanjšal na raven, ki bo spet omogočala preživetje jelovim mladim, lahko pričakujemo nadaljnje zmanjševanje deleža jelke v teh gozdovih.

7 VIRI

Arhiv podatkov meteoroloških postaj. Agencija Republike Slovenije za okolje. 2013. <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/> (11.1.2013)

Allen C. D., Macalady A.K., Chenchouni H., Bachelet D., McDowell N., Vennetier M., Kitzberger Rigling A., Breshears D. D., Hogg E. H., Gonzalez P., Fensham R., Zhang Z., Castro J., Demidova N., Lim J.-H., Allard G., Running S.W., Semerci A., Cobb N. 2010. A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 660–684.

Bellinghamz P. J., Tanner E. V. J. 2000. The influence of topography on tree growth, mortality, and recruitment in a tropical montane forest. *Biotropica*, 32, 3: 378-384.

Bončina A. 1997. Naravne strukture gozda in njihove funkcije v sonaravnem gospodarjenju z gozdom: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 210 str.

Bončina A. 1999. Stand dynamics of the virgin forest Rajhenavski Rog (Slovenia) during the past century. V: *Virgin forests and forest reserves in Central and East European countries: history, present status and future development*. Diaci J. (ur). Ljubljana, BF, Department of Forestry: 95-110.

Busing R.T., 2005. Tree mortality, canopy turnover and woody detritus in old cove forests of the Southern Appalachians. *Ecology*, 86: 73–84.

Condit R., Hubbell S. P., Foster R. B. 1995. Mortality rates of 205 neotropical tree and shrub species and the impact of severe drought. *Ecological monographs*, 65, 4: 419-439.

Miklavčič J. Rastna dinamika pragozdnega ostanka Rajhenavski Rog v obdobju 1984-2010

Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, BF, Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 2013

Condit R., Ashton P. S., Manokaran N., LaFrankie J. V., Hubbell S. P., Foster R. B. 1999. Dynamics of the forest communities at Pasoh and Barro Colorado: comparing two 50-ha plots. *Philosophical Transactions of Royal Society London*, 354: 1739–1748.

Das A. Battles J., Stephenson N. L., Van Mantgem P. J. 2011 The contribution of competition to tree mortality in old-growth coniferous forests. *Forest Ecology and Management*, 261: 1203–1213.

Dale V. H., Joyce L.A., McNulty S., Neilson R. P., Ayres M. P., Flannigan M. D., Hanson P.J., Irland L. C., Lugo A. E., Peterson C. J., Simberloff D., Swanson F. J., Stocks B. J., Wotton B.M. 2001. Climate change and forest disturbances. *BioScience* 51: 723–734.

Diaci J., Roženberger D., Bončina, A. 2010. Stand dynamics of Dinaric old-growth forest in Slovenia: are indirect human influences relevant? *Plant Biosystems*, 144: 194–201.

Diaci J., Roženberger D., Nagel A. T. 2010. Sobivanje jelke in bukve v Dinaridih: usmeritve za ohranitveno gospodarjenje z jelko. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 91: 3-12.

Derbiš M. 1957. Pragozd v Kočevskem Rogu: diplomsko delo. (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozal.: 46 str.

Felfili J. M. 1995. Growth, recruitment and mortality in the Gama gallery forest in central Brazil over a six-year period (1985-1991). *Journal of tropical ecology*, 11: 67-83.

Ganey J. L., Vojta S. C.. 2011. Tree mortality in drought-stressed mixed-conifer and ponderosa pine forests, Arizona, USA. *Forest Ecology and Management*, 261: 162-168.

Harcombe P. A., Bill C. J., Fulton M. , Glitzenstein J. S., Marks P. L., Elisk I. S. 2002. Stand dynamics over 18 years in a southern mixed hardwood forest, Texas, USA. *The Journal of ecology*, 60: 947-957.

Hartman T. 1987. Gozdni rezervati Slovenije: pragozd Rajhenavski Rog. (Strokovna in znanstvena dela, 89). Ljubljana, VTOZD za gozdarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani: 80 str.

Herwitz S. R., Young S. S. 1994. Mortality, recruitment, and growth rates of montane tropical rain forest canopy trees on Mount Bellenden-Ker, Northeast Queensland, Australia. *Biotropica*, 26, 4: 350-361.

Hurst J.M., Allen R.B., Coomes D.A., Duncan R.P. 2011. Size-specific tree mortality varies with neighbourhood crowding and disturbance in a montane nothofagus Forest. *PLoS One*, 6.

[http://www.plosone.org/article/info %3Adoi %2F10.1371 %2Fjournal.pone.0026670](http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0026670) (21. 2. 2013)

Lewis S. L., Phillips O. L., Sheil D., Vinceti B., Baker T. R., Brown S., Graham, A. W., Higuchi N., Hilbert D. W., Laurance W. F., Lejoly J., Malhi Y., Monteagudo A., Vargas P. N., Sonke B., Terborgh J. W., Martinez R.V. 2004. Tropical forest tree mortality, recruitment and turnover rates: calculation, interpretation and comparison when census intervals vary. *Journal of Ecology*. 92: 929–944.

Madelaine C., Pélissier R., Vincent G., Molino J.-F., Sabatier D., Prévost M.-F., Namur C. 2007. Mortality and recruitment in a lowland tropical rain forest of French Guiana: effects of soil type and species guild. *Journal of tropical ecology*, 23, 3: 277-287.

Mori A. S., Mizumachi E., Komiyama A. 2007. Roles of disturbance and demographic non equilibrium in species coexistence, inferred from 25-year dynamics of a late-successional old-growth subalpine forest. *Forest ecology and management*, 241:74–83.

Prior L. D., Murphy B. P., Russell-Smith J. 2008. Environmental and demographic correlates of tree recruitment and mortality in north Australian savannas. *Forest ecology and management*, 257: 66–74.

Miklavčič J. Rastna dinamika pragozdnega ostanka Rajhenavski Rog v obdobju 1984-2010

Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, BF, Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 2013

Puncer I., Wojterski T., Zupančič M. 1974. Der Urwald Kočevski Rog in Slowenien. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, 20, 1: 41-87.

Razpotnik Marinčič K. 2008. Značilnosti sestojnih vrzeli v izbranih bukovih in jelovo-bukovih pragozdnih ostankih Slovenije: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 66 str.

Roženberger D. 1999. Razvojne značilnosti sestojev v pragozdovih Pečka in Rajhenavski Rog: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 77 str.

Roženberger D., Mikac S., Anič I., Diaci J. 2007. Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech – fir forest reserves in South East Europe. *Forestry*, 80, 4: 431-443.

Runkle J. R. 2000. Canopy tree turnover in old-growth mesic forests of eastern North America. *Ecology*, 81: 554–567.

Skupne letne in mesečne padavine po meteoroloških postajah, Slovenija, Statistični urad republike Slovenije, 2012.

http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Okolje/01_ozemlje_podnebje/10_01561_podnebni_kazalniki/10_01561_podnebni_kazalniki.asp (06. 02. 2012).

Thorpe H. C., Daniels L. D. 2012 Long-term trends in tree mortality rates in the Alberta foothills are driven by stand development. *Canadian journal of forest research*, 42, 9: 1687-1696.

Tsujino R., Takafumi H., Agetsuma N., Yumoto T. 2006. Variation in tree growth, mortality and recruitment among topographic positions in a warm temperate forest. *Journal of Vegetation Science*, 17: 281-290.

Miklavčič J. Rastna dinamika pragozdnega ostanka Rajhenavski Rog v obdobju 1984-2010

Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, BF, Odd. za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 2013

Vilhar U. 2006. Vodna bilanca dinarskega jelovo-bukovega gozda v Kočevskem Rogu: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 250 str.

Woods K. D. 2000 – Dynamics in late successional hemlock-hardwood forests over three decades. *Ecology*, 81, 1: 110–126