

Sestojna dinamika jelovo-bukovih gozdov v zadnjem stoletju

Dynamics of Silver Fir-European Beech Forest Stands in the Past Century

Matija KLOPČIČ,¹ Andrej BONČINA²

Izvleček:

KLOPČIČ, M., BONČINA, A.: Sestojna dinamika jelovo-bukovih gozdov v zadnjem stoletju. *Gozdarski vestnik*, 70/2012, št. 3. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 60. Prevod avtorja, jezikovni pregled angleškega besedila Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Dolgoročno dinamiko jelovo-bukovih gozdov v Sloveniji v treh prostorsko ločenih objektih (Leskova dolina, Trnovo in Jelovica) smo proučevali s podatki, ki smo jih pridobili iz gozdnogospodarskih načrtov in gozdarskih kart. Podatkovna zbirka GIS je obsegala podatke iz obdobja po letu 1897 za Trnovo, po letu 1899 za Jelovico in po letu 1912 za Leskovo dolino. Za analizirano obdobje smo ugotovili znatne spremembe proučevanih sestojnih znakov (debelinske strukture, lesne zaloge, raznolikosti debelinske strukture in drevesne sestave). Med objekti je različna velikost in usmerjenost sprememb sestojnih znakov. Nanje vplivajo mnogi dejavniki; med pomembnejšimi so prejšnja raba gozdov, vpliv velikih rastlinojedov in rastiščne razmere.

Ključne besede: arhivski viri podatkov, jelka, bukev, smreka, gospodarjenje z gozdovi, vplivni dejavniki

Abstract:

KLOPČIČ, M., BONČINA, A.: Dynamics of Silver Fir-European Beech Forest Stands in the Past Century. *Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry)*, 70/2012, vol. 3. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 60. Translated by the author, proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

The long-term dynamics of silver fir-European beech forest stands in Slovenia were studied in three geographically dislocated study areas, Leskova dolina, Trnovo and Jelovica. In the study archival forest management plans and maps for the past century were used to create the GIS database. It included the data for the period after 1897 for Trnovo study area, after 1899 for Jelovica study area, and after 1912 for Leskova dolina study area. Substantial changes in diameter structure, stand volume, tree size diversity and tree species composition were documented, significantly differing between the study areas. Found stand dynamics were underpinned by a complex array of influential factors, among which past forest use, the impact of large ungulates and site conditions stood out.

Key words: archival data sources, *Abies alba*, *Fagus sylvatica*, *Picea abies*, forest management, influential factors

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Znanje o prejšnji sestojni dinamiki je bistveno za razumevanje trenutne zgradbe in drevesne sestave gozdnih sestojev in ključno za ustrezno ekosistemsko upravljanje gozdnih sestojev v prihodnosti (Swetnam in sod., 1999). Sestojno dinamiko opisujemo s spremembami zgradbe in drevesne sestave gozdnih sestojev, ki so rezultat vzajemnega delovanja rastiščnih razmer, znotraj- in medvrstnih razmerij ter motenj (Oliver in Larsen, 1996). Motnja je lahko enkratna (npr. vetrolom) ali trajna, neprekinjen dogodek (npr. objedanje mladja). Razlikujemo naravne in antropogene motnje, najpogostejše pa so motnje kombiniranih vzrokov (Pickett in White, 1985; Anko, 1993). V zadnjih stoletjih se v primerjavi z naravnimi motnjami povečuje

pomen antropogenih motenj (Linder in Östlund, 1998). Med njimi velja izpostaviti gospodarjenje z gozdovi. Vpliv gospodarjenja na zgradbo in drevesno sestavo gozdnih sestojev se spreminja v času in prostoru, odvisen je predvsem od izbire gozdnogojitvenega sistema (Sendak in sod., 2003). V 18. in 19. stoletju je gospodarjenje z gozdovi po načelih klasične »nemške« šole uniformiralo gozdne sestaje, nasprotno pa so sonaravniji načini gospodarjenja ohranjali bogato strukturirane, mešane in raznovrstne sestaje (Johann, 2007).

¹Dr. M. K., Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, BF, Večna pot 83, 1000, Ljubljana, matija.klopccic@bf.uni-lj.si

²Prof. dr. A. B., Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, BF, Večna pot 83, 1000, Ljubljana, andrej.boncina@bf.uni-lj.si

Jelovo-bukovi gozdovi poraščajo približno 13 % celotne gozdne površine v Sloveniji (ZGS, 2010), njihov ekološki in ekonomski pomen sta znatna. Ekstenzivna raba jelovo-bukovih gozdov je bila znana v obdobju srednjega veka in je trajala do 16. stoletja v Alpah in začetka 17. stoletja v Dinaridih. V gozdovih so pasli, smolarili, nekatera gozdna območja požigali za začasno kmetijsko rabo, sečnje so bile praviloma nenačrtovane (občasne) in manjših jakosti (npr. Kordiš, 1993; Papež in Černigoj, 2007). Sledila je intenzivnejša raba gozdov; nekatere jelovo-bukove gozdove so začeli intenzivno, včasih tudi čezmerno izkoriščati za pridobivanje oglja in pepelike za potrebe železarstva in glažutarstva (npr. Veber, 1986; Perko, 2002). V Sloveniji so začetki načrtnega gospodarjenja z jelovo-bukovimi gozdovi tudi v evropskem merilu relativno zgodnji (Gašperšič, 1995). Prvi načrti za idrijske rudniške gozdove so bili izdelani v letih 1724 in 1759 (Perko, 2002), nekoliko pozneje za gozdove Trnovskega gozda (Flamek, 1771), za večino preostalih pa v drugi polovici 19. in začetku 20. stoletja – npr. snežniško območje leta 1864, Jelovica in Notranji Bohinj leta 1880 (Veber, 1986; Kordiš, 1993; Gašperšič, 1995; Perko, 2002). Koncepti gospodarjenja z jelovo-bukovimi gozdovi so bili različni, načrtovalci so bili pod vplivom različnih struj, kar je privedlo do značilnih razlik v sestojnih zgradbah in drevesni sestavi jelovo-bukovih gozdov na Slovenskem.

Ohranjenih je mnogo starih gozdnogospodarskih načrtov, ki vsebujejo podatke o gozdnih sestojih, za nekatera gozdna območja tudi za relativno dolgo časovno obdobje, kar je temelj za proučevanje njihove sestojne dinamike. Čeprav so bili arhivski viri (npr. gozdnogospodarski načrti, gozdnogospodarske karte, podatki iz gozdnih inventur, zemljiški kataster) dolgo zapostavljeni vir za raziskovalne namene (Swetnam in sod., 1999), so bili v zadnjem desetletju pogosteje uporabljeni za raziskave sestojne dinamike v različnih gozdnih tipih: borealnih iglastih gozdovih (Linder, 1998; Linder in Östlund, 1998; Axelsson in sod., 2002), borovjih (Cain in Shelton, 2001; Montes in sod., 2005), hrastovjih (Chapman in sod., 2006), mešanih listnatih (Bernadski in sod., 1998) in listnato-iglastih gozdovih (Bončina in

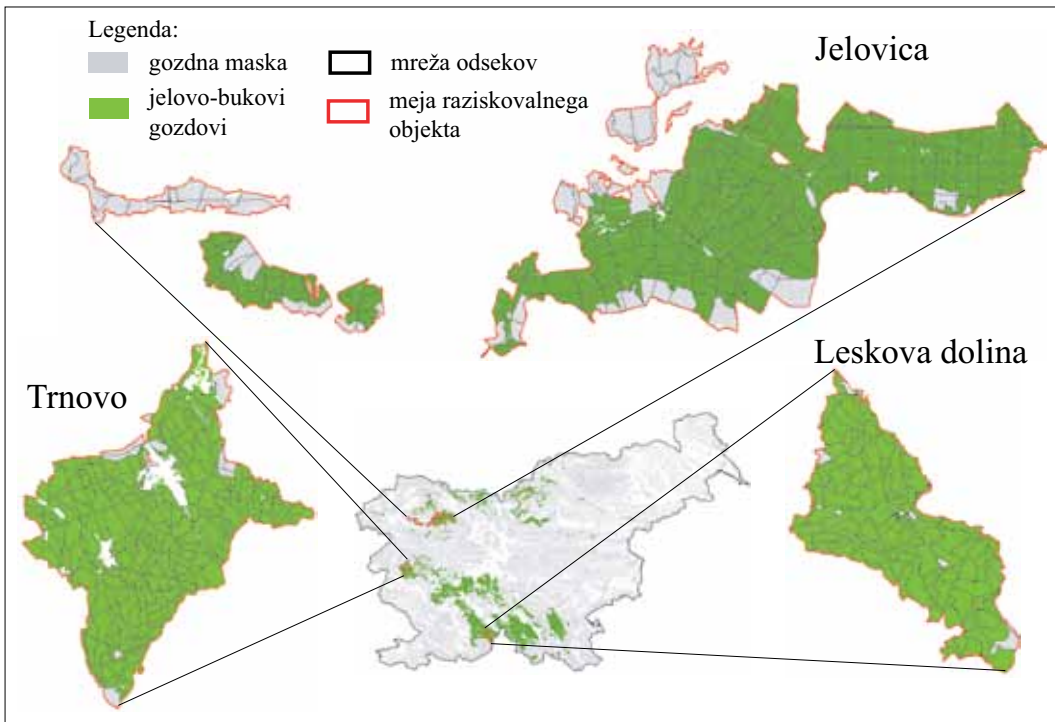
sod., 2003; Yoshida in sod., 2006; O'Hara in sod. 2007; Schuster in sod., 2008; Poljanec in sod., 2010; Ficko in sod., 2011).

V Sloveniji ni dovolj raziskan razvoj gozdnih sestojev v zadnjih stoletjih. To velja tudi za dinamiko jelovo-bukovih gozdov. S temo so se sicer ukvarjali nekateri raziskovalci (npr. Gašperšič, 1967; Šercelj, 1996; Firm in sod., 2009; Diaci in sod., 2010), vendar razvoj teh gozdov ni bil celovito in primerjalno obdelan na regionalni prostorski ravni (npr. Bončina in sod., 2003), prav tako niso bili pojasnjeni (glavni) vplivni dejavniki razvojnih sprememb gozdnih sestojev. V prispevku opisana raziskava je bila del doktorske disertacije vodilnega avtorja prispevka (Klopčič, 2011). Glavni cilj raziskave je bil analizirati dinamiko zgradbe in drevesne sestave jelovo-bukovih gozdnih sestojev v daljšem časovnem obdobju v prostorsko dislociranih raziskovalnih objektih. V razpravi prispevka smo dodatno poskušali ovrednotiti vlogo različnih vplivnih dejavnikov v dinamiki proučevanih gozdnih sestojev.

2 OBJEKT IN METODE DELA

2 STUDY AREA AND METHODS

Raziskavo smo opravili v treh raziskovalnih objektih s prevladujočimi jelovo-bukovimi gozdovi: Leskova dolina (večji del istoimenske gozdno-gospodarske enote (GGE)) na območju Notranjskega Snežnika, Trnovo (večji del istoimenske GGE) na planoti Trnovskega gozda in Jelovica v Julijskih Alpah), ki je obsegal večji del GGE Jelovica, in GGE Notranji Bohinj (slika 1). Do 70. let prejšnjega stoletja sta bila GGE Jelovica in Notranji Bohinj združena v enoti Bohinjska Bistrica. Po tem obdobju v analizah prikazujemo skupno letnico začetka načrtovalnega obdobja, in sicer za GGE Jelovica, ki v objektu prevladuje po površini. Raziskovalni objekti se med seboj razlikujejo v rastiščnih značilnostih, prejšnji rabi gozdov in njihovi trenutni podobi (preglednica 1). Gozdovi Leskove doline so značilni predstavnik dinarskih jelovo-bukovih gozdov s prevladujočo gozdno združbo *Omphalodo-Fagetum* (Tregubov, 1957, corr. Puncer, 1980), Marinček et al., 1993. Surina (2002) je gozdove v raziskovalnem objektu Trnovo opisal kot jelovo-bukove gozdove s florističnimi elementi ilirske, dinarske, alpske in



Slika 1: Lokacija raziskovalnih objektov s prikazom razširjenosti jelovo-bukovih gozdov v Sloveniji in v objektih (vir podatkov: ZGS, 2010)

Figure 1: The locations of the study areas with the distribution range of silver fir-European beech forests in Slovenia and in the study areas (green) (data source: ZGS, 2010)

submediteranske flore in jih klasificiral v asociaciji *Omphalodo-Fagetum* (Tregubov, 1957, corr. Puncer, 1980), Marinček et al., 1993, var. geogr. *Saxifraga cuneifolia*, Surina, 2002, in var. geogr. *Calamintha grandiflora*, Surina, 2002. Jelovo-bukovi gozdovi na Jelovici so večinsko zasmrečeni, uvrščeni pa so v asociacijo *Homogyno sylvestris-Fagetum*, Marinček et al., 1993.

Gozdove v Leskovi dolini so ekstenzivno izkoriščali za gozdno pašo že v 15. stoletju. Iz tistega obdobja so tudi omembe požiganja gozdov za pridobitev pašnih površin. Za 18. in predvsem 19. stoletje so značilne nekontrolirane sečnje in čezmerno izkoriščanje gozdov. V začetku 20. stoletja so vpeljali načrtno prebiralno gospodarjenje, s katerim so pospeševali iglavce, predvsem jelko (Schollmayer, 1906; Gašperšič, 1967; Kordiš, 1993). Od 70. let 20. stoletja naprej pa so v okviru sproščene tehnike gojenja gozdov prevladovala sestavine malopovršinskega skupinsko-postopnega gozdnogojitvenega sistema.

V gozdovih na Trnovski planoti so že pred 17. stoletjem ekstenzivno izrabljali sestoje za gozdno pašo, pridobivanje oglja, smolarjenje in manjše, nekontrolirane sečnje za pridobivanje lesnih sortimentov (Kordiš, 1993; Papež in Černigoj, 2007). Za te gozdove je bil izdelan prvi gozdno-gospodarski načrt leta 1771 (Flamek, 1771), ki je predpisal uporabo zastornega gospodarjenja z jelovo-bukovimi gozdovi, v nekaterih odsekih pa tudi prebiralnega. V 60. letih 20. stoletja se je način gospodarjenja z jelovo-bukovimi gozdovi spremenil, uveljavilo se je skupinsko-postopno gospodarjenje, na manjšem delu pa se je ohranilo prebiranje.

Raziskovalni objekt Jelovica leži v alpskem delu Slovenije, kjer je bil vpliv klasične »nemške« šole gozdarstva znatno večji kot v Leskovi dolini in v Trnovskem gozdu. S sečnjami za pridobivanje oglja in pepelike za potrebe železarstva in glažutarstva so začeli že v 16. stoletju, največje sečnje pa so bile v 18. in 19. stoletju (Veber, 1986). Na

Preglednica 1: Nekateri rastiščne in sestojne značilnosti raziskovalnih objektov (vir podatkov: ARSO, 2004a, 2004b; CPVO, 2009; ZGS, 2010)

Table 1: Some site and forest stand characteristics of the study areas (data source: ARSO, 2004a, 2004b; CPVO, 2009; ZGS, 2010)

	Merska enota	Raziskovalni objekt		
		Leskova dolina	Trnovo	Jelovica
Leto zajema podatkov		2004	2003	2002
Površina	ha	2.456	3.562	6.784
Gozdnatost	%	98,7	93,5	97,3
Povprečna površina odseka	ha	18,75	12,67	20,07
Nadmorska višina	m	740–1350	500–1440	480–1760
Povprečen naklon terena	°	18,9	18,2	20,9
Matična podlaga		karbonati	karbonati	karbonati
Prevladujoči tip tal		rjava pokarbo- natna tla	rendzine	rendzine
Povprečne letne temperature	°C	6,2	7,7	5,5
Povprečne letne padavine	mm	2008	2359	2338
Lesna zaloga (LZ)	m ³ ha ⁻¹			
povprečje	m ³ ha ⁻¹	468	328	340
razpon (10%-90%)	m ³ ha ⁻¹	403–537	164–491	200–484
Volumenski prirastek	m ³ ha ⁻¹ y ⁻¹	9,4	6,6	7,5
Drevesna sestava				
jelka	% LZ	52,8	18,3	8,6
smreka	% LZ	18,4	15,3	73,4
drugi iglavci	% LZ	0,1	1,7	0,1
bukev	% LZ	25,5	61,8	15,9
plemeniti listavci	% LZ	3,1	2,7	1,4
drugi listavci	% LZ	0,1	0,2	0,6

večini posekanih površin so sadili in pospeševali smreko. Gozdna paša je bila intenzivna že v obdobjih pred prvimi sečnjami, tudi pozneje je bila ena od rab teh gozdov (Smolej, 1984), kontrolirana paša pa je živa še dandanes. Do polovice 20. stoletja so z gozdovi gospodarili po načelih klasične gozdarske šole in teoriji najvišje zemljiške rente. V 60. letih prejšnjega stoletja pa so vpeljali sonaravnejše gospodarjenje z gozdovi, ki je bilo zasnovano predvsem na skupinsko-postopnem gospodarjenju.

V raziskavi smo uporabili arhivske vire podatkov o gozdnih fondih (podrobneje o tem v Klopčič, 2011 in Klopčič in Bončina, 2011), in sicer stare gozdnogospodarske načrte, gozdnogospodarske karte, Jožefinski kataster, uporabili pa smo tudi neobdelane podatke z gozdnih inventur, ki smo jih našli v arhivih Zavoda za gozdove Slovenije (razen Jožefinskega katastra), in osnovne podatke

s stalnih vzorčnih ploskev (ZGS, 2010). Uporabili smo devet načrtov za raziskovalni objekt Leskova dolina, devet za objekt Trnovo in deset za objekt Jelovica. V različnih obdobjih so uporabljali različne inventurne metode: do 90. let prejšnjega stoletja večinoma polno premerbo ali vzorčno polno premerbo sestojev, po tem obdobju pa kontrolno vzorčno metodo, zasnovano na stalnih vzorčnih ploskvah (SVP; vzorčna mreža 250 × 500 m: $n_{\text{Leskova dolina}} = 488$, $n_{\text{Trnovo}} = 543$; vzorčna mreža 200 × 200 m: $n_{\text{Jelovica}} = 1654$) v kombinaciji z opisi sestojev.

Arhivske gozdnogospodarske karte raziskovalnih objektov za posamezna načrtovalna obdobja smo skenirali, georeferencirali in digitalizirali. S pomočjo prekrivanja digitaliziranih kart iz posameznih načrtovalnih obdobj in aktualne gozdnogospodarske karte smo pridobili grafično povezavo med nekdanjimi in zdajšnjimi odseki. To

je bila podlaga za preračun podatkov o posameznih sestojnih parametrih na zdajšnje odseke, ki so osnovna prostorska enota podatkovne zbirke. Izdelana podatkovna zbirka GIS je za raziskovalni objekt Leskova dolina obsegala podatke za obdobje 1912–2004, za Trnovo za obdobje 1897–2003, za objekt Jelovica pa za obdobje 1899–2002. V objektu Trnovo nismo uspeli pridobiti gozdnogospodarske karte iz leta 1963, zato podatkovne zbirke GIS za to načrtovalno obdobje nismo izdelali, uporabili pa smo podatke o številu drevja po debelinskih razredih iz vzorčne polne premerbe.

Število dreves po debelinskih stopnjah ali razredih v odseku ali na SVP (t. j. debelinska struktura) je bilo osnovni podatek za izračune sestojnih parametrov. Merski prag, opredeljen s prsnim premerom drevja, je v večini gozdnih inventur znašal 10 cm, v Leskovi dolini je v letih 1912 in 1936 znašal 8 cm, na Jelovici v obdobju 1899–1932 pa 16 cm. Te podatke smo ustrezno popravili in dopolnili (Klopčič, 2011). Zaradi uporabe različnih debelinskih razredov v skupno 28 analiziranih načrtih smo debelinsko strukturo sestojev prikazali po 10 cm širokih razredih. Lesno zalogo smo izračunali z Biolleyevimi tarifami iz podatkov o številu drevja in njihovi debelini. Površine odsekov so različne, zato smo jih pri izračunu povprečnih vrednosti parametrov v objektu upoštevali kot ponder. Drevesno sestavo smo prikazali v deležih glede na skupno lesno zalogo. V večini načrtov so podatki o številu in debelini dreves podani za posamezne drevesne vrste, izjemi sta načrta za Jelovico iz leta 1955 in Leskovo dolino iz leta 1912, ki prikazujeta le zbirne podatke za iglavce in listavce. Za slednjega je iz besedila načrta mogoče razbrati, da je iglavce večinsko predstavljala jelka, listavce pa bukev, kar smo pri analizi podatkov smiselno upoštevali. Za odseke, za katere nismo imeli podatkov o številu drevja po debelinskih stopnjah ali razredih, smo sestojne parametre iz načrtov popravili po metodi razmerij. Za vsak objekt in obdobje smo za odseke, za katere je bila navedena debelinska struktura sestojev, z enotnimi tarifami izračunali vrednosti sestojnih parametrov (npr. lesne zaloge). Za take odseke smo izračunali koeficient med izračunano vrednostjo sestojnega parametra in vrednostjo, zapisano v načrtu. Potem smo za vsak

sestojni parameter izračunali povprečni koeficient v objektu, s katerim smo popravili zapisane vrednosti tega parametra v tistih odsekih, kjer ni bilo podatka o debelinski strukturi sestojev.

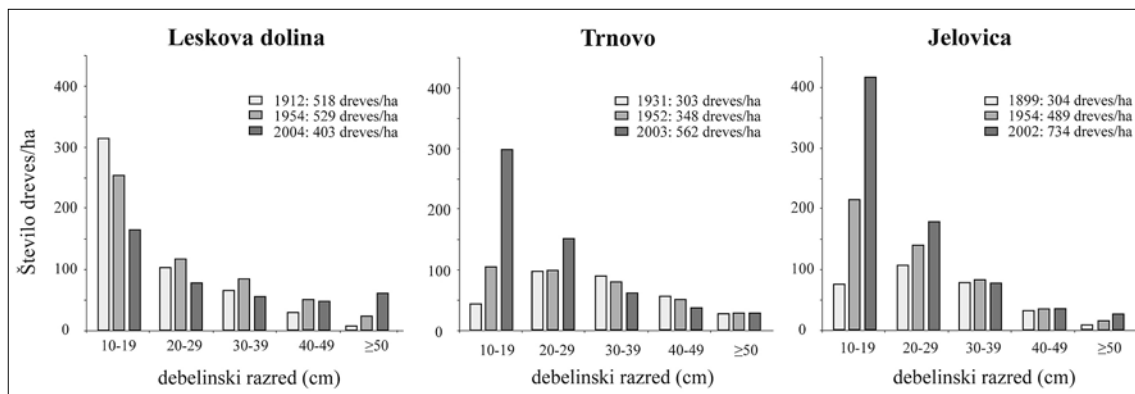
Dinamiko gozdnih sestojev smo opisali s spremembami štirih sestojnih znakov: debelinsko strukturo, lesno zalogo, raznolikostjo debelinske strukture in drevesno sestavo. Debelinsko strukturo gozdnih sestojev smo prikazali po 10 cm debelinskih razredih. Dinamiko lesne zaloge smo opisali z razvojem lesne zaloge in z indeksom spremembe lesne zaloge SVI («stand volume index»; prirejeno po Klopčič in Bončina, 2011), ki meri relativno spremembo lesne zaloge glede na lesno zalogo v začetnem inventurnem obdobju (enačba 1):

$$SVI_{i,leto} = \left(\frac{LZ_{i,leto} - LZ_{i,leto_star}}{LZ_{i,leto_star}} \right) \quad [1],$$

kjer so LZ povprečna lesna zaloga v odseku, i drevesna vrsta, $leto$ leto gozdne inventure in $leto_star$ leto prve gozdne inventure v objektu. Raznolikost debelinske strukture smo ovrednotili z ginijevim koeficientom GC (Weiner in Solbrig, 1984). GC ima zalogo vrednosti na intervalu 0–1; višji GC nakazuje raznomerno sestojno zgradbo, vrednosti GC bližje 0 nakazujejo enomerno zgradbo sestaja (O'Hara in sod., 2007). GC smo izračunali za posamezni odsek, če so bili podatki pridobljeni s polno premerbo oziroma za posamezno SVP (ploskev z manjšim radijem), na katerih je bilo izmerjenih vsaj deset dreves (enačba 2; prirejeno po O'Hara in sod., 2007):

$$GC_{leto} = \frac{\sum_{j=1}^n (2j - n - 1) \cdot g_j}{\sum_{j=1}^n g_j \cdot (n - 1)} \quad [2],$$

kjer so $leto$ leto gozdne inventure, j rang drevesa v naraščajočem vrstnem redu glede na debelino, n skupno število dreves v odseku ali na SVP in g temeljnica drevesa. Če je bilo v vzorcu za izračun GC manj kot 50 dreves, smo izračunani GC popravili s kvocientom $n/(n-1)$ (Weiner in Solbrig, 1984) in tako zmanjšali bias zaradi majhnosti vzorca. Spremembe drevesne sestave smo analizirali glede na spremembe deležev posameznih drevesnih vrst v analiziranem obdobju.



Slika 2: Dinamika debelinske strukture sestojev v raziskovalnih objektih; vrednost zraven letnice v legendi izkazuje povprečno število dreves v sestojih

Figure 2: Dynamics of stand diameter distributions in the study areas; the values behind the year of forest inventory in the legend show the mean number of trees in a stand

Statistične razlike v porazdelitvah debelinske strukture med posameznimi obdobji in objekti smo testirali s testom χ^2 , medtem ko smo razlike v srednjih vrednostih deležev drevesnih vrst, lesne zaloge, SVI in GC testirali z neparametričnim Kruskal-Wallisovim testom (Zar, 2010).

3 REZULTATI

3 RESULTS

V zadnjem stoletju se je značilno spreminjala debelinska struktura raziskovanih gozdnih sestojev (slika 2), zaznati pa je bilo tudi statistično značilne razlike med raziskovanimi objekti ($p < 0,001$). Na začetku obravnanega obdobja je bilo povprečna gostota sestojev, merjena s številom dreves, v objektih Trnovo (leta 1931: 303/ha) in Jelovica

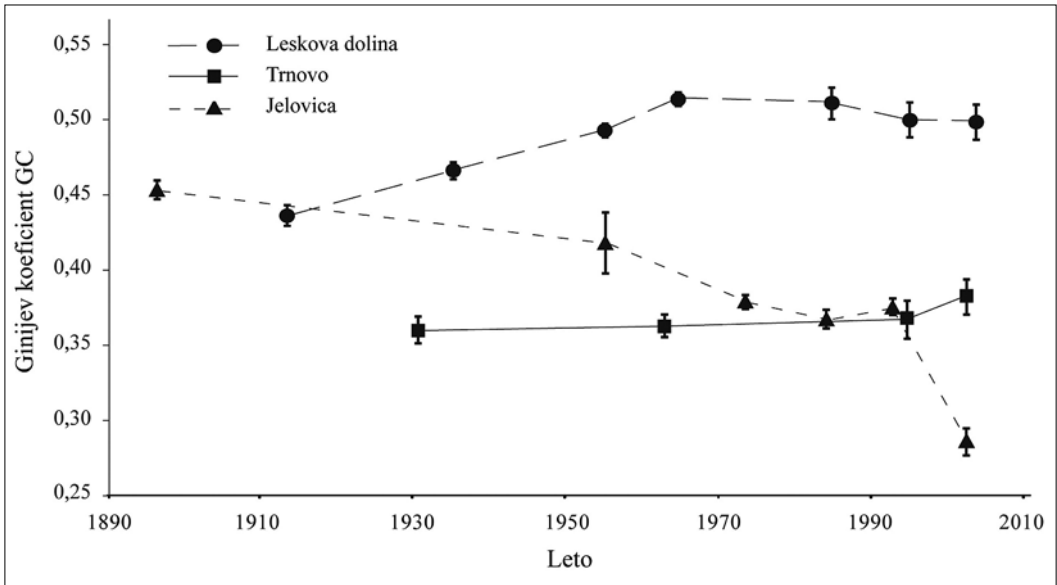
(leta 1899: 304/ha) nizka, medtem ko je bila v Leskovi dolini bistveno višja (leta 1912: 518/ha).

Razvoj debelinske strukture sestojev v Leskovi dolini kaže postopno zmanjšanje sestojnih gostot na račun zmanjšanja števila tankega drevja s prsnim premerom 10–29 cm (za 171 dreves/ha med letoma 1912 in 2004), precej pa se je povečala količina debelega drevja nad 50 cm prsnega premera (za 54 dreves/ha med letoma 1912 in 2004). Nasprotno so se sestojne gostote v objektu Trnovo večale in dosegle najvišjo povprečno vrednost v zadnjih dveh desetletjih (560–570 dreves/ha). Opazno se je povečalo število drobnega drevja prsnega premera do 30 cm (za 307 dreves/ha v obdobju 1931–2003). Tudi na Jelovici se je sestojna gostota v proučevanem obdobju večala. V letu

Preglednica 2: Ponderirane povprečne lesne zaloge in povprečni indeksi SVI za raziskovalne objekte

Table 2: Weighted mean stand volume and mean indices SVI in the study areas

Objekt	Začetno leto veljavnosti gozdnogospodarskega načrta / ponderirana povprečna lesna zaloga / ponderirani povprečni SVI									
		1912		1936	1954	1964	1974	1984	1994	2004
Leskova dolina		208		306	354	377	367	399	403	468
				0,72	1,04	1,12	1,08	1,23	1,31	1,65
Trnovo	1897	1907		1931	1952		1973	1983	1993	2003
	220	226		266	265		281	275	299	328
				0,10	0,74	1,06		1,15	1,17	1,30
Jelovica	1899	1908	1922	1932	1955	1965	1973	1983	1992	2002
	216	239	245	257	261	261	290	282	298	338
		0,16	0,31	0,47	1,09	1,15	1,17	1,10	1,08	1,27



Slika 3: Raznolikost debelinske strukture merjena z ginijevim koeficientom (prirejeno po Klopčič in Bončina, 2011)
 Figure 3: Tree size diversity measured by the Gini coefficient (adapted after Klopčič and Bončina, 2011)

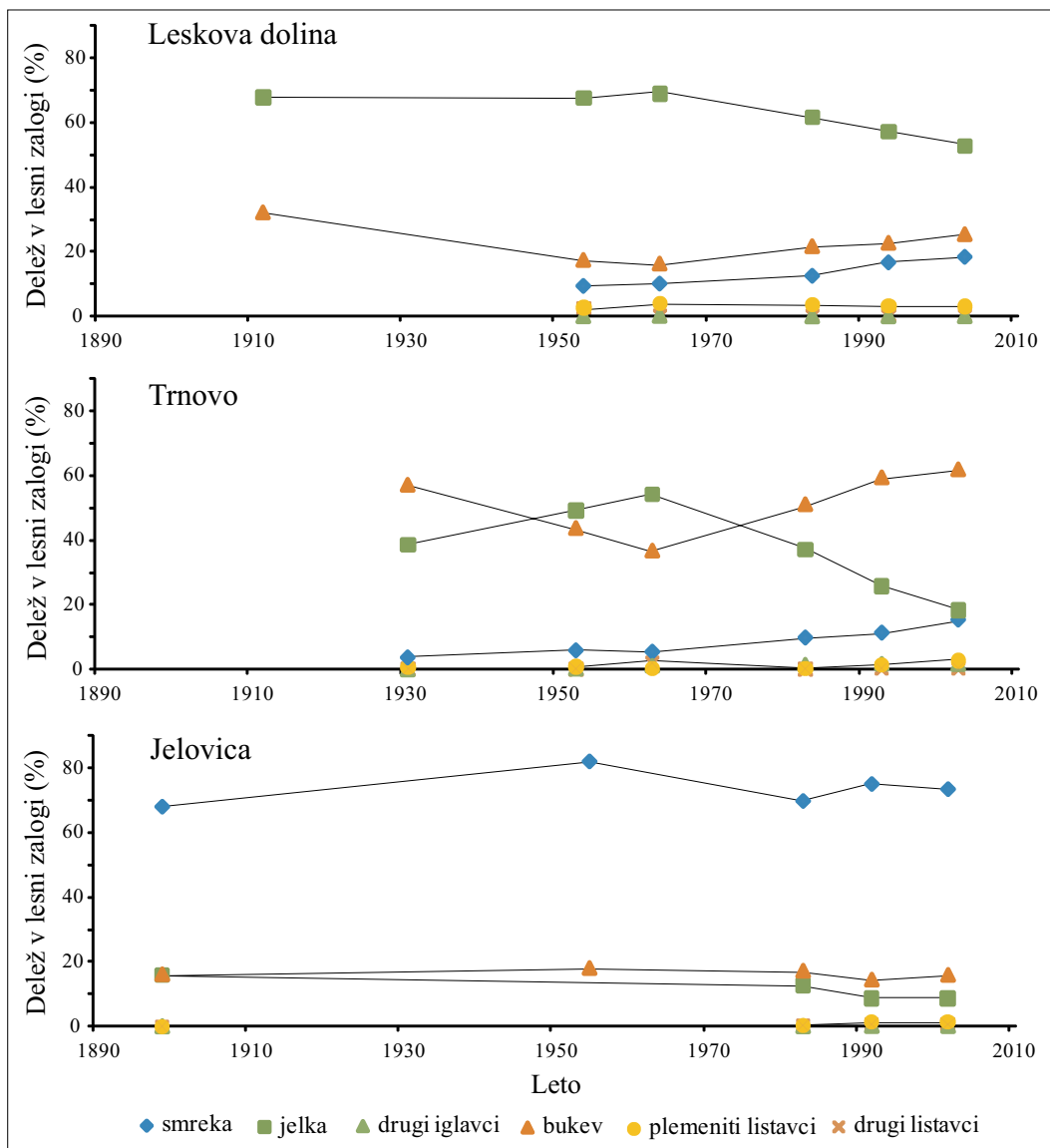
2002 je znašala 734 dreves/ha, kar je posledica predvsem očitnega povečanja števila drobnega drevja debelin do 30 cm prsnega premera (za 409 dreves/ha v obdobju 1899–2002).

Spremembe debelinske strukture se odražajo tudi v dinamiki lesnih zalog (preglednica 2). V vseh raziskovalnih objektih je bila povprečna lesna zaloga najmanjša v začetku obravnavanega obdobja in se je nato konstantno povečevala. V zadnjem načrtovalnem obdobju so ponderirane povprečne lesne zaloge znašale 468 m³/ha v Leskovi dolini, 328 m³/ha v objektu Trnovo in 338 m³/ha na Jelovici. V Leskovi dolini se je lesna zaloga do leta 2004 povečala za povprečni indeks SVI = 1,65 glede na lesno zalogo v letu 1912. V objektu Trnovo se je glede na začetno lesno zalogo povprečna lesna zaloga v letu 2003 povečala za 44 % (SVI = 1,44), na Jelovici pa nekoliko manj (SVI = 1,27).

Raznolikost debelinske strukture se je prav tako značilno razlikovala med objekti v vseh desetletnih obdobjih, v katerih je bilo mogoče primerjati GC (vsi $p < 0,001$; slika 3). V Leskovi dolini se je GC iz 0,44 v letu 1912 zvišal na 0,51 v letu 1964, nato stagniral do leta 1984, pozneje pa se je rahlo zmanjšal. V Trnovem je GC bolj ali manj stagniral. V objektu Jelovica so se sestoji spremenili iz najbolj raznomernih na začetku

obravnavanega obdobja do najbolj enomernih na koncu obdobja. GC se je znižal za faktor 1,6 v obdobju 1899–2002. Očitno je, da so bili sestoji v Leskovi dolini večji del analiziranega obdobja precej bolj raznomerni kot sestoji v drugih dveh objektih, kar lahko neposredno povežemo z načinom gospodarjenja z gozdovi v posameznih objektih.

V zadnjem stoletju se je značilno spreminjala drevesna sestava proučevanih jelovo-bukovih gozdov (slika 4). Vsem raziskovanim sestojem je skupno, da se je v zadnjih desetletjih delež jelke zmanjševal, večal pa se je delež listavcev, predvsem bukke, v Dinaridih tudi smreke. Kljub podobnemu skupnemu trendu se je drevesna sestava med objekti značilno razlikovala; deleži posameznih vrst so se v posameznih obdobjih statistično značilno razlikovali med objekti (vsi $p < 0,001$). V Leskovi dolini je v obravnavanem obdobju v lesni zalogi ves čas prevladovala jelka. Po podatkih iz Jožefinskega katastra iz leta 1789 in gozdnogospodarskega načrta za Snežniške gozdove iz leta 1864 lahko sklepamo, da je v gozdovih Leskove doline v 18. in v prvi polovici 19. stoletja prevladovala bukev (76 % leta 1789 in 51 % leta 1864), že v začetku 20. stoletja pa je prevladovala jelka (68 % leta 1912). Čeprav podatki za leto



Slika 4: Dinamika drevesne sestave gozdnih sestojev v raziskovalnih objektih

Figure 4: Dynamics of tree species composition in the study areas

1912 izkazuje skupni delež iglavcev oziroma listavcev, lahko na podlagi informacij iz besedila načrta ta delež pripišemo jelki oziroma bukvi, saj je bila smreka le posamič in redko prisotna, prav tako drugi listavci. Prevlada jelke v teh sestojih traja še zdaj, vendar se je njen delež v zadnjih desetletjih začel zmanjševati. Na Trnovem sta se jelka in bukev izmenjali v prevladi v lesni zalogi. Leta 1931 je v skupni lesni zalogi s 57 % prevladovala bukev, v naslednji gozdni inventuri leta

1952 je že prevladovala jelka. Največji delež je jelka dosegla leta 1963 (54 %), nato pa je sledilo drastično zmanjšanje njenega deleža na sedanjih 18 %. Na Jelovici je v zadnjem stoletju v lesni zalogi prevladovala smreka z več kot dvotretjinskim deležem (leta 1899 67 %, leta 1992 74 %, leta 2002 73 %). Delež bukve se ni pomembno spreminjal, v zadnjem desetletju je vidno rahlo povečanje skupnega deleža listavcev. Delež jelke se je zmanjšal iz 16 % leta 1899 na 8,6 % leta 2002.

4 RAZPRAVA**4 DISCUSSION**

V preteklosti je bil gozdni ekosistem pogosto prepoznan kot precej ustaljen, stabilen sistem s sicer pogostimi, a manjšimi spremembami njegove zgradbe in sestave (Oliver in Larsen, 1996). Še posebno je bilo takšno mnenje razširjeno o raznomernih gozdovih (Larsen, 1995). Naša raziskava kaže, da se v daljšem časovnem obdobju znatno spreminjajo številni sestojni parametri tudi v pretežno raznomernih gozdovih. Še pomembnejše je spoznanje, da se lahko bistveno razlikuje sestojna dinamika znotraj istega gozdnega tipa – jelovo-bukovih gozdov.

Analiza sprememb debelinske strukture je nakazala dve različni smeri razvoja jelovo-bukovih gozdov: večanje sestojnih gostot in večanje deleža drobnega drevja, kar lahko označimo s »pomlajevanjem« sestojev v objektih Trnovo in Jelovica ter zmanjšanje sestojnih gostot in povečanje količine debelega drevja v Leskovi dolini, kar lahko označimo s »staranjem« sestojev. V Leskovi dolini se sestoji starajo deloma zaradi načrtovane akumulacije volumenskega prirastka in večanja nizkih lesnih zalog v preteklosti, deloma pa zaradi nezadostne vrasti dreves, predvsem jelke, zaradi prevelikega pritiska rastlinojedov (Gašperšič, 1967; Klopčič in sod., 2010). Podobno sestojno dinamiko kot v Leskovi dolini so ugotovili tudi v drugih jelovo-bukovih gozdovih, npr. v okolici Delnic na Hrvaškem (Čavlovič in sod., 2006) in v Karpatih (Vrška in sod., 2009), pa tudi v drugih tipih raznomernih gozdov, npr. v mešanih iglastih gozdovih (Frelich in Lorimer, 1985), borovjih (Cain in Shelton, 2001) in hrastovjih v Severni Ameriki (Schuster in sod., 2008).

Edina skupna razvojna značilnost proučevanih sestojev je bilo stalno večanje povprečne lesne zaloge. To je predvsem posledica odločitev pri gospodarjenju z gozdovi. Zaradi čezmernih sečenj v 18. in 19. stoletju so gozdarji že na začetku 20. stoletja predpisovali akumulacijo volumenskega prirastka in večanje lesnih zalog (Gašperšič, 1967; Kordiš, 1993). Večanje povprečnih lesnih zalog v raznomernih gozdovih je bil precej splošen pojav v srednji in jugovzhodni Evropi, kar raziskovalci pripisujejo nizki stopnji izkoriščanja teh gozdov v zadnjih desetletjih in

okoljskim spremembam (npr. Čavlovič, 2000; O'Hara in sod., 2007).

V stoletnem obdobju se je drevesna sestava raziskovanih sestojev značilno spreminjala, vendar so spremembe v analiziranih objektih različne. Skupni lastnosti dinamike drevesne sestave v raziskovanih sestojih sta bili zmanjšanje deleža jelke in povečanje deležev listavcev, v Dinaridih tudi smreke, v zadnjih štirih desetletjih. V dinarskih jelovo-bukovih gozdovih smo zaznali očitno izmenjavo v prevladi v lesni zalogi med jelko in bukvijo. V objektu Trnovo je izmenjava potekla v relativno kratkem obdobju približno petih desetletij, precej daljše časovno obdobje pa bo očitno potrebno za izmenjavo med jelko in bukvijo v objektu Leskova dolina (Gašperšič, 1967; Klopčič in sod., 2010), kjer bo to obdobje najverjetneje presegllo stoletje in pol. Izmenjava glavnih drevesnih vrst – jelke in bukve – v skupni lesni zalogi bi lahko označili kot fluktuacije drevesne sestave, in sicer med vrstama, ki sta na danem rastišču konkurenčno relativno zelo izenačeni. Izmenjave med jelko in bukvijo naj bi se v jelovo-bukovih gozdovih stalno dogajale že zadnjih nekaj tisočletij (Šercelj, 1996; Wick in Möhl, 2006), razlogi za to pa naj bi bili različni. Nekateri raziskovalci med pomembne razloge prištevajo avtoinhibicijo – zaviralni mehanizem pomlajevanja vrste pod odraslimi osebki iste vrste (Gašperšič, 1967; Diaci in sod., 2010), drugi poudarjajo pomen režima motenj v povezavi z različno sencozdržnostjo mladice jelke in bukve (Diaci in sod., 2010; Nagel in sod., 2010), mnogi izpostavljajo neposreden in posreden vpliv človeka (Vrška in sod., 2009; Diaci in sod., 2010). Trenutne okoljske razmere očitno promovirajo bukev, jelka pa je v regresiji (Ficko in sod., 2011). Vendar tako v Sloveniji (Simončič in Bončina, 2009) kot drugje (Čavlovič in sod., 2006; Dobrowolska in Veblen, 2008) so opazni znaki, ki vsaj v nekaterih omejenih območjih nakazujejo progresijo jelke. Nasprotno od obeh predstavnikov dinarskih jelovo-bukovih gozdov je na Jelovici v zadnjem stoletju ves čas prevladovala smreka, delež jelke se je zmanjšal s 16 na 9 % lesne zaloge, nekoliko pa povečal delež listavcev. Vendar glede na opažanja, podatke o pomladku (ZGS, 2004) in številu drobnega drevja jelke lahko pričakujemo povečanje obilja jelke v prihodnosti.

Ugotovljene spremembe gozdnih sestojev so rezultat vzajemnega delovanja kompleksa naravnih in antropogenih dejavnikov, ki delujejo na različnih prostorskih in časovnih ravneh (Sendak in sod., 2003; Wick in Möhl, 2006; Vrška in sod., 2009; Diaci in sod., 2010). Izmed številnih velja za raziskovane jelovo-bukove gozdove izpostaviti rabo gozdov že v stoletjih pred načrtnim gospodarjenjem pa vse do danes, vpliv velikih rastlinojedov in rastiščne razmere (Klopčič, 2011).

Dokaj intenzivna raba gozdov od 16. do konca 19. stoletja je v precejšnji meri spremenila prvotne gozdove še pred začetkom načrtnega gospodarjenja. Raba jelovo-bukovih gozdov je bila na ozemlju zdajšnje Slovenije različna, zato je bilo tudi stanje gozdov v času prvih gozdnih inventur značilno različno, kar je pomembno vplivalo na sestojno dinamiko teh gozdov v zadnjem stoletju.

Način gospodarjenja z gozdovi je odločilno vplival na sestojno dinamiko proučevanih gozdov. Razlike v uporabljenih gozdnogojitvenih sistemih (in intenzivnosti gospodarjenja) so bile pogosto ugotovljene kot pomemben vplivni dejavnik sestojne dinamike (Sendak in sod., 2003; Montes in sod., 2005; Yoshida in sod., 2006). Na Jelovici ugotovljene spremembe drevesne sestave in raznolikosti debelinske strukture odražajo za alpski prostor značilen način gospodarjenja po načelih klasične nemške gozdarske šole. Večje površinske sečnje, sajenje in pospeševanje smreke, predvsem na račun listavcev (bukve), je privedlo do trenutno prevladujočih zasmrečenih, izmed raziskovanih najbolj enomernih sestojev. Kljub ustaljenemu načinu gospodarjenja z gozdovi so na ustreznih rastiščih gozdarji že od začetka načrtnega gospodarjenja gospodarili tudi na prebiralni način (deli besedil starih načrtov; Veber, 1986). V 60. letih vpeljano skupinsko-postopno gospodarjenje s sonaravnimi načeli je povzročilo večji delež drugih avtohtonih drevesnih vrst, predvsem listavcev, v zadnjih dveh desetletjih. Nadaljne potencialne spremembe proti višjemu deležu listavcev in jelke pa se nakazujejo v pomladku in vrasti, kjer te vrste dosejajo znatne deleže (ZGS, 2004). Spremembe zgradbe in drevesne sestave sestojev v objektu Trnovo so odraz skoraj dvestoletne prakse zastornega gospodarjenja z gozdovi; v drugi polovici 20. stoletja ga je zamenjalo skupinsko-postopno

gospodarjenje. Takšno nekoliko večjepovršinsko gospodarjenje promovira bukev in smreko, manj pa jelko. Podobne ugotovitve je podala raziskava v mešanih jelovo-bukovo-smrekovih raznomernih sestojih v Romuniji (Stancioiu in O'Hara, 2006). V Leskovi dolini so gozdarji izvajali prebiralno gospodarjenje od začetka 20. stoletja (Schollmayer, 1906) z izrazitim pospeševanjem jelke (iglavcev), kar je povzročilo povečanje njenega deleža ponekod celo do 90 %in več skupne lesne zaloge. Nezdostna vrst dreves, večinoma zaradi visoke stopnje objednosti pomladka in posledično neodločanja gozdarjev za obnove sestojev (Perko, 1977), se je odrazila v »staranju« sestojev. Uveljavitev skupinsko-postopnega sistema, delno v kombinaciji s prebiralnim gospodarjenjem, po letu 1970 je skupaj z zmanjšanjem gostot velikih rastlinojedov (jelenjadi) po letu 1990 zagotovila dokaj uspešno pomlajevanje bukve in smreke, obnova jelke pa ostaja zaenkrat še nerešen problem (ZGS, 2004; Klopčič in sod., 2010).

Prostoživeči rastlinojedci ali celo domače živali lahko z objedanjem, pogosto selektivnim, pomembno vplivajo na dolgoročno sestojno dinamiko (Vrška in sod., 2009; Klopčič in sod., 2010). Mnogi raziskovalci so izpostavili objedanje pomladka kot glavni vplivni dejavnik sprememb zgradbe, predvsem pa drevesne sestave sestojev v srednji Evropi v 20. stoletju (Gill, 1992). Razlike v gostotah rastlinojedov na regionalni prostorski ravni lahko pomembno prispevajo k raznolikosti sestojne dinamike znotraj istega gozdnega tipa (Senn in Suter, 2003). Gostote rastlinojedov so se med raziskovanimi objekti bistveno razlikovale (Klopčič, 2011; Stergar in sod., 2011), zato lahko sklepamo, da je bil vpliv populacij rastlinojedov na sestojno dinamiko značilen in regionalno različen.

Rastiščne razmere so pomemben dejavnik dolgoročne sestojne dinamike. Pogojujejo namreč »naravno« zgradbo in »naravno« drevesno sestavo gozdnih sestojev, ki se lahko znotraj istega gozdnega tipa zaradi mikro- in mezorastiščnih razlik pomembno spreminjata že na relativno majhnem prostoru (Oliver in Larsen, 1996; van der Maarel, 2005). V »naravnih« drevesni sestavi jelovo-bukovih gozdov naj bi zelo prevladovala bukev, velik delež naj bi imela jelka, ki naj bi bil v Dinaridih bistveno večji kot v Alpah. Nasprotno

naj bi bil delež smreke v Alpah do petkrat večji kot v Dinaridih (Veselič in Robič, 2001).

Na sestojno dinamiko mešanih gozdov lahko poleg omenjenih dejavnikov vplivajo še mnogi drugi, npr. naravne motnje (Pickett in White, 1985; Klopčič, 2011), med- in znotraj vrstni odnosi, vključujoč medvrstne razlike v tekmovalnosti in izrabi naravnih virov (Oliver in Larsen, 1996; van der Maarel, 2005), onesnaženost (Diaci in sod., 2010; Diaci in Firm, 2011), vnos in širjenje invazivnih tujerodnih vrst (Schuster in sod., 2008), podnebne spremembe (Lindner in sod., 2010).

Gozdni ekosistem se z zgradbo in sestavo stalno in dinamično odziva na (vse) spremembe v okolju (Oliver in Larsen, 1996; Bernadzki in sod., 1998). Vendar se sestojna dinamika znotraj istega gozdnega tipa lahko bistveno razlikuje, zato je treba ugotoviti zakonitosti razvoja gozdov v posameznem območju in nato v procesu upravljanja s temi gozdovi ustrezno usmerjati njihov razvoj. Gospodarjenje z gozdnim ekosistemom ne sme biti usmerjeno v vzpostavitev in ohranjanje statičnih »idealnih« sestojnih zgradb, ampak v upravljanje procesov sestojne dinamike, pri katerem moramo tudi gojivne cilje, ki so vodilo za upravljanje gozdnih sestojev, dojemati dinamično.

5 POVZETEK

5 SUMMARY

Knowledge on past forest stand dynamics is crucial to understand the present structure of forest stands and to properly manage forests in the future. Long-term forest stand dynamics of mountainous silver fir-European beech forests, representing approximately 13 % of the total forest cover in Slovenia, is relatively poorly studied and only some attempts have been made to study the variability and its influential factors on a regional spatial scale. Thus the main objective of our study was to investigate the dynamics of the structure and composition of mainly uneven-aged silver fir-European beech forests in three spatially dislocated study areas over the past century. In addition, we discussed the main influential factors driving the long-term stand dynamics.

The research was conducted in three study areas with prevailing silver fir-European beech forests, Leskova dolina in the Notranjski Snežnik

region, Trnovo in the Trnovski gozd region, and Jelovica in the Julian Alps. Study areas differ in site characteristics, past forest use and current structure of forest stands. The dynamics were analysed using archival data on stand parameters, acquired from archival forest management plans, forest management maps, Josephinian land register, and other forest inventory data. The GIS database was made on a compartment spatial level, including the data for the period 1912-2004 for the Leskova dolina study area, for the period 1897-2003 for Trnovo, and for the period 1899-2002 for Jelovica. The basic data for calculation of stand parameters represented the number of trees per diameter classes of a particular tree species. Stand dynamics were evaluated using selected indicators: diameter structure, stand volume, tree size diversity, and tree species composition. Differences in stand parameters between study areas and between forest inventories were tested with non-parametric statistical tests.

The diameter structure of forest stands changed significantly in the analysed period. In addition, changes varied significantly between the study areas. The total number of trees in Leskova dolina decreased noticeably in the past century, mainly on behalf of decreased number of thin trees ($dbh < 30$ cm). In contrast, an obvious increase of large trees ($dbh \geq 50$ cm) was detected. On the other hand, the total number of trees in Trnovo and Jelovica study areas increased significantly, mainly due to the increased number of thin trees. The mean stand volumes in the study areas were the lowest at the beginning of the study period (208 m³/ha in Leskova dolina, 220 m³/ha in Trnovo, 216 m³/ha in Jelovica), but has been constantly increasing ever since. In Leskova dolina, it increased by a mean ratio of $SVI=1.65$, in Trnovo by $SVI=1.44$, but less in Jelovica ($SVI=1.27$). Tree size diversity differed significantly between study areas as well. The most uneven-sized stands were detected in Leskova dolina for the majority of the analysed period, in Trnovo tree size diversity of stands was relatively stable, while in Jelovica stands changed from the most uneven-sized ones at the beginning of the observation period to the most even-sized ones at the end of the observation period. The analysis

of tree species composition dynamics showed that in the last decades the proportion of silver fir decreased, while an increase in the proportion of broadleaves, mainly European beech, in Dinaric Mountains also Norway spruce, was observed. Despite the described common trend, tree species composition differed significantly between the study areas. In Leskova dolina, silver fir was predominant species throughout the past century, however in the mid-19th century European beech was the dominant species. In Trnovo, silver fir and European beech fluctuated in the dominance in stand volume in the period of five decades. In Jelovica, Norway spruce was the dominant species throughout the observation period.

Observed dynamics in diameter structure indicated two different directions of forest development: an increase in stand density and quantity of thin trees (»regeneration« of stands) in Trnovo and Jelovica, and a decrease in stand density combined with an increase in quantity of large trees (»ageing« of stands) in Leskova dolina. In the Dinaric silver fir-European beech forests, major fluctuations in dominance between silver fir and European beech were detected. In Trnovo, the fluctuations happened in a relatively short time period of approximately five decades, while much longer time period has been needed for a fluctuation to happen in Leskova dolina. In silver fir-European beech forest type, fluctuations in dominance between silver fir and European beech were identified in the last several millennia, but the reasons for that varied. Our research showed significant differences in stand dynamics on a regional spatial scale inside the same silver fir-European beech stand type. The observed dynamics is underpinned by a complexity of natural and anthropogenic factors, among which past forest use before and, in the past century, impact of large ungulates and site conditions stand out. Forest management should not be oriented towards maintaining static, »ideal« stand structures, but rather towards managing the processes of forest stand dynamics, in which (long-term) silvicultural goals should be perceived dynamically.

6 ZAHVALA

6 ACKNOWLEDGEMENT

Raziskava je bila del obsežne raziskave v okviru doktorske disertacije vodilnega avtorja prispevka. Vodilni avtor je raziskavo opravil kot mladi raziskovalec, financirala pa jo je Agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (pogodba, št. 1000-06-310156). Avtorja se zahvaljujeva zaposlenim na Zavodu za gozdove Slovenije, ki so pomagali pri zbiranju arhivskega gradiva, izdelavi podatkovne zbirke, posredovanju informacij in mnenj, še posebno Franciju Cergolju, Andreju Gartnerju, Edu Kozorogu, Draganu Matijašiču, Alešu Poljancu in Marku Udoviču.

7 VIRI

7 REFERENCES

- Anko, B., 1993. Vpliv motenj na gozdni ekosistem in na gospodarjenje z njim. Zbornik gozdarstva in lesarstva 42: 85–109.
- ARSO, 2004a. Modelna karta povprečnih letnih temperatur v Sloveniji. Ljubljana, Agencija za okolje RS.
- ARSO, 2004b. Modelna karta povprečnih letnih padavin v Sloveniji. Ljubljana, Agencija za okolje RS.
- Axelsson, A. L., Östlund, L., Hellberg, E., 2002. Changes in mixed deciduous forests of boreal Sweden 1866–1999 based on interpretation of historical records. *Landscape Ecology* 17, 5: 403–418.
- Bernadzki, E., Bolibok, L., Brzeziecki, B., Zajaczkowski, J., Zybura, H., 1998. Compositional Dynamics of Natural Forests in the Białowieża National Park, Northeastern Poland. *Journal of Vegetation Science* 9, 2: 229–238.
- Bončina, A., Gašperšič, F., Diaci, J., 2003. Long-term changes in tree species composition in the Dinaric mountain forests of Slovenia. *Forestry Chronicle* 79, 2: 227–232.
- Cain, M. D., Shelton, M. G., 2001. Natural loblolly and shortleaf pine productivity through 53 years of management under four reproduction cutting methods. *Southern Journal of Applied Forestry* 25, 1: 7–16.
- Chapman, R. A., Heitzman, E., Shelton, M. G., 2006. Long-term changes in forest structure and species composition of an upland oak forest in Arkansas. *Forest Ecology and Management* 236, 1: 85–92.
- CPVO, 2009. Pedološka karta Slovenije 1 : 25000. Generalizirane talne enote. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja.

- Čavlovič, J., 2000. Novi program gospodarjenja za G.J. "Belevine" (2000-2009) - zaustavljanje neponovljivih trendov i iniciranje povoljnih procesa u "razvoju" preborne šume? Šumarski list 124, 7-8: 450-457.
- Čavlovič, J., Božić, M., Bončina, A., 2006. Stand structure of an uneven-aged fir-beech forest with an irregular diameter structure: modeling the development of the Belevine forest, Croatia. *European Journal of Forest Research* 125, 4: 325-333.
- Diaci, J., Firm, D., 2011. Long-term dynamics of a mixed conifer stand in Slovenia managed with a farmer selection system. *Forest Ecology and Management* 262, 6: 931-939.
- Diaci, J., Roženberger, D., Bončina, A., 2010. Stand dynamics of Dinaric old-growth forest in Slovenia: Are indirect human influences relevant? *Plant Biosystems* 144, 1: 194-201.
- Dobrowolska, D., Veblen, T. T., 2008. Treefall-gap structure and regeneration in mixed *Abies alba* stands in central Poland. *Forest Ecology and Management* 255, 8-9: 3469-3476.
- Ficko, A., Poljanec, A., Bončina, A., 2011. Do changes in spatial distribution, structure and abundance of silver fir (*Abies alba* Mill.) indicate its decline? *Forest Ecology and Management* 261, 4: 844-854.
- Firm, D., Nagel, T. A., Diaci, J., 2009. Disturbance history and dynamics of an old-growth mixed species mountain forest in the Slovenian Alps. *Forest Ecology and Management* 257, 9: 1893-1901.
- Flamek, F., 1771. Holz-Schätz oder Überschlagung auch Geometrische Einteilung in die Stallungen oder Jährliche Gehausammentlicher Ternovaner Landesfürstlichen Hoch und Schwartz Waldungen.
- Frelich, L. E., Lorimer, C.G., 1985. Current and predicted long-term effects of deer browsing in hemlock forests in Michigan, USA. *Biological Conservation* 34, 2: 99-120.
- Gašperšič, F., 1967. Razvojna dinamika mešanih gozdov jelke-bukve na Snežniku v zadnjih sto letih. *Gozdarski vestnik* 25, 7-8: 202-237.
- Gašperšič, F., 1995. Gozdnogospodarsko načrtovanje v sonaravnem ravnanju z gozdovi. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 403 s.
- Gill, R.M.A., 1992. A review of damage by mammals in north temperate forests. 3. Impact on trees and forests. *Forestry* 65, 4: 363-388.
- Johann, E., 2007. Traditional forest management under the influence of science and industry: The story of the alpine cultural landscapes. *Forest Ecology and Management* 249, 1-2: 54-62.
- Klopčič, M., 2011. Sestojna dinamika jelovo-bukovih gozdov v Sloveniji od začetka načrtnega gospodarjenja do danes: doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 105 s.
- Klopčič, M., Bončina, A., 2011. Stand dynamics of silver fir (*Abies alba* Mill.)-European beech (*Fagus sylvatica* L.) forests during the past century: a decline of silver fir? *Forestry* 84, 3: 259-271.
- Klopčič, M., Jerina, K., Bončina, A., 2010. Long-term changes of structure and tree species composition in Dinaric uneven-aged forests: are red deer an important factor? *European Journal of Forest Research* 129, 3: 277-288.
- Kordiš, F., 1993. Dinarski jelovo bukovi gozdovi v Sloveniji. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, 139 s.
- Larsen, J.B., 1995. Ecological stability of forests and sustainable silviculture. *Forest Ecology and Management* 73, 1-3: 85-96.
- Linder, P., 1998. Structural changes in two virgin boreal forest stands in central Sweden over 72 years. *Scandinavian Journal of Forest Research* 13, 4: 451-461.
- Linder, P., Östlund, L., 1998. Structural changes in three mid-boreal Swedish forest landscapes, 1885-1996. *Biological Conservation* 85, 1-2: 9-19.
- Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M.J., Marchetti, M., 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* 259, 4: 698-709.
- Montes, F., Sánchez, M., Río, M.d., Cañellas, I., 2005. Using historic management records to characterize the effects of management on the structural diversity of forests. *Forest Ecology and Management* 207, 1-2: 279-293.
- Nagel, T., Svoboda, M., Rugani, T., Diaci, J., 2010. Gap regeneration and replacement patterns in an old-growth *Fagus-Abies* forest of Bosnia-Herzegovina. *Plant Ecology* 208, 2: 307-318.
- O'Hara, K. L., Hasenauer, H., Kindermann, G., 2007. Sustainability in multi-aged stands: an analysis of long-term plenter systems. *Forestry* 80, 2: 163-181.
- Oliver, C.D., Larsen, B.C., 1996. *Forest Stand Dynamics*. New York, Wiley, 520 s.
- Papež, J., Černigoj, V., 2007. Zgodovina gospodarjenja z gozdovi v GGE Predmeja. *Gozdarski vestnik* 65, 1: 46-60.
- Perko, F., 1977. Vpliv divjadi na naravno obnovo jelovih in bukovih gozdov na visokem Krasu. *Gozdarski vestnik* 35, 191-204.
- Perko, F., 2002. Zapisano v branikah: Gozdovi in gozdarstvo od Snežnika do Nanosa skozi čas. *Postojna, Gozdarsko društvo Postojna*, 272 s.
- Pickett, S. T., White, P. S., 1985. *The ecology of natural*

- disturbance and patch dynamics. Academic Press, San Diego.
- Poljanec, A., Ficko, A., Bončina, A., 2010. Spatiotemporal dynamic of European beech (*Fagus sylvatica* L.) in Slovenia, 1970–2005. *Forest Ecology and Management* 259, 11: 2183–2190.
- Schollmayer, H., 1906. Direktiven für die Bestandesaufnahme und die Betriebseinrichtung auf der F.C. Herrschaft Schneeberg. Kleinmayr - Bamberg, Ljubljana.
- Schuster, W. S. F., Griffin, K. L., Roth, H., Turnbull, M. H., Whitehead, D., Tissue, D. T., 2008. Changes in composition, structure and aboveground biomass over seventy-six years (1930–2006) in the Black Rock Forest, Hudson Highlands, southeastern New York State. *Tree Physiology* 28, 4: 537–549.
- Sendak, P. E., Brissette, J. C., Frank, R. M., 2003. Silviculture affects composition, growth, and, yield in mixed northern conifers: 40-year results from the Penobscot Experimental Forest. *Canadian Journal of Forest Research* 33, 11: 2116–2128.
- Senn, J., Suter, W., 2003. Ungulate browsing on silver fir (*Abies alba*) in the Swiss Alps: beliefs in search of supporting data. *Forest Ecology and Management* 181, 1–2: 151–164.
- Simončič, T., Bončina, A., 2010. Jelka v gozdovih Bohorja – posebnost v slovenskem merilu? *Gozdarski vestnik* 68, 1: 3–15.
- Smolej, I., 1984. Prispevek k zgodovini blejskih gozdov. *Kronika. Časopis za Slovensko krajevno zgodovino* 32: 145–154.
- Stancioiu, P.T., O'Hara, K.L., 2006. Regeneration growth in different light environments of mixed species, multiaged, mountainous forests of Romania. *European Journal of Forest Research* 125, 2: 151–162.
- Stegar, M., Jonozovič, M., Jerina, K., 2009. Območja razširjenosti in relativne gostote avtohtonih vrst parkljarjev v Sloveniji. *Gozdarski vestnik* 67, 9: 367–380.
- Surina, B., 2002. Phytogeographical differentiation in the Dinaric fir-beech forest (*Omphalodo-Fagetum* s.lat.) of the western part of the Illyrian floral province. *Acta Botanica Croatica* 61, 2: 145–178.
- Swetnam, T. W., Allen, C. D., Betancourt, J. L., 1999. Applied historical ecology: using the past to manage for the future. *Ecological Applications* 9, 4: 1189–1206.
- Šerclj, A., 1996. Začetki in razvoj gozdov v Sloveniji. Ljubljana, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, 142 s.
- Van der Maarel, E., 2005. *Vegetation ecology*. Malden, Blackwell, 395 s.
- Veber, I., 1986. *Gozdovi bohinskih fužinarjev*. Bled, Gozdno gospodarstvo Bled, 48 s.
- Veselič, Ž., Robič, D., 2001. Posodobitev poimenovanja sintaksonov, ki nakazujejo (indicirajo) skupine rastišč, njihove podskupine in rastiščne tipe v računalniški vbazi CE ZGS: tipkopis. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.
- Vrska, T., Adam, D., Hort, L., Kolár, T., Janík, D., 2009. European beech (*Fagus sylvatica* L.) and silver fir (*Abies alba* Mill.) rotation in the Carpathians - A developmental cycle or a linear trend induced by man? *Forest Ecology and Management* 258, 4: 347–356.
- Weiner, J., Solbrig, O. T., 1984. The meaning and measurement of size hierarchies in plant populations. *Oecologia* 61: 334–336.
- Wick, L., Mohl, A., 2006. The mid-Holocene extinction of silver fir (*Abies alba*) in the Southern Alps: a consequence of forest fires? *Palaeobotanical records and forest simulations. Vegetation History and Archaeobotany* 15, 4: 435–444.
- Yoshida, T., Noguchi, M., Akibayashi, Y., Noda, M., Kadomatsu, M., Sasa, K., 2006. Twenty years of community dynamics in a mixed conifer-broad-leaved forest under a selection system in northern Japan. *Canadian Journal of Forest Research* 36, 6: 1363–1375.
- Zar, J.H., 2010. *Biostatistical analysis*, 5th edition. New Jersey, Pearson Education International, Upper Saddle River, 944 s.
- ZGS, 2004. *Podatkovna zbirka o pomladku in nje-govi poškodovanosti*. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.
- ZGS, 2010. *Podatkovne zbirke Zavoda za gozdove Slovenije*. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.