

Povezanost proizvodne sposobnosti bukovih gozdov v Sloveniji z njihovo floristično sestavo

Interdependence between Site Productivity and Floristic Composition in Beech Forests in Slovenia

Marijan KOTAR*, Dušan ROBIČ**

Izvelek:

Kotar, M., Robič, D.: Povezanost proizvodne sposobnosti bukovih gozdov v Sloveniji z njihovo floristično sestavo. *Gozdarski vestnik*, št. 5-6/2001. V slovenščini, s povzetkom v angleščini, cit. lit. 19. Prevod v angleščino: avtorja.

V prispevku so prikazani rezultati raziskave bukovih gozdov v Sloveniji, v kateri smo ugotavljali primernost uporabe rastiščnega indeksa pri ocenjevanju proizvodnih sposobnosti rastišč v enomernih in ne popolnoma enodobnih bukovih sestojih. Analiza je bila izvedena kot poskus v 18 rastiščnih enotah s petimi ponovitvami. Skupno je bilo analiziranih 90 ploskev velikosti 30 x 30 m. Poleg sestojnih, debelnih in dendrokronoloških analiz je bil narejen podroben fitocenološki popis za vsako ploskev posebej. Ocenjena proizvodna sposobnost rastišč z rastiščnim indeksom je razmeroma dobra cenilka proizvodne sposobnosti rastišč, ocenjene s pomočjo celotne lesne produkcije. Analiza je pokazala, da so sintaksonomske enote dobri okvirji za določanje rastiščnih enot, ki služijo za ugotavljanje proizvodne sposobnosti rastišč. Floristična podobnost med ploskvami iz iste rastiščne enote dobro nakazuje razlike v proizvodni sposobnosti, nasprotno pa je komaj 9,6 % variance v floristični sestavi vseh ploskev pojasnjeno z dejavnikom, ki približno nakazuje proizvodno sposobnost rastišč.

Ključne besede: proizvodna sposobnost rastišč, bukovih sestoji, fitocenološki popis, floristična sestava, floristična podobnost, bonitiranje, rastiščni indeks, celotna lesna produkcija.

Abstract:

Kotar, M., Robič, D.: Interdependence between Site Productivity and Floristic Composition in Beech Forests in Slovenia. *Gozdarski vestnik*, No. 5-6/2001. In Slovene with a summary in English, lit. quot. 19. Translated into English by the authors.

The article deals with results of the investigation, which was carried out in beech forests in Slovenia. The main goal of the investigation was to find out whether the site index is a suitable indicator of site productivity in uniform but not entirely even-aged, full stocked beech stands. The analysis was performed as an experiment design on 18 site units with 5 replications. Altogether 90 sample plots of the size 30 x 30m were analysed. On each sample plot measurements of trees and stumps were carried out and dendrochronological analyses for all the trees was performed. At the same time the plant composition by means of relevés was listed. The site productivity established by means of site indexes differ very little in comparison to site productivity established by means of total volume production. The analysis shows that the syntaxa are a suitable basis for forming site units, which serve for assessment of the site productivity. Floristic similarity among sample plots within the site unit correlates very well with differences in the site productivity, whereas only 9.6 % of a variance in the floristic composition of all sample plots is explained by a factor which corresponds with the site productivity.

Key words: site productivity, beech stands, relevé, floristic composition, floristic similarity, site index, total volume production.

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Poznavanje rastišč in njihovih značilnosti je ena od osnov, na katerih temelji sodobno ravnanje z gozdovi. Pri proučevanju rastišč je poleg ugotavljanja ekoloških in vegetacijskih razmer še zlasti pomembno ocenjevanje njihove proizvodne sposobnosti. Ugotavljanje proizvodne sposobnosti gozdnih rastišč (SP) že desetletja predstavlja še vedno nerešeno nalogo oziroma problem, ki je zadovoljivo rešen le v primeru enodobnih, enomernih in čistih gozdnih sestojev. Pa tudi v teh primerih ostajajo še vedno odprta vprašanja.

Če izhajamo iz definicije, po kateri je proizvodna sposobnost rastišča (SP) tista maksimalna količina lesa, ki jo trajno dosegamo na danem rastišču

* prof. dr. M. K., univ. dipl. inž. gozd., BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, SLO

** mag. D. R., univ. dipl. inž. gozd., BF, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Večna pot 83, 1000 Ljubljana, SLO

z rastišču ustrezno drevesno vrsto in rastišču primerno zgradbo sestoja (KOTAR 1983), nastopi problem, kako omejiti rastišče oziroma površino z enako vrednostjo SP. Ker identično enakih rastišč ni, so le podobna rastišča, ki jih lahko združujemo v rastiščne enote, je zanesljivost ocene SP odvisna od homogenosti rastiščnih enot, se pravi od kriterijev, s katerimi smo jih oblikovali. Tako lahko sestavljajo rastiščno enoto vsa tista rastišča, ki jih poraščajo sestoji iste drevesne vrste, v katerih vrednosti SP, izražene v $m^3/ha/leto$, variirajo v mejah izbranega intervala.

Na drug način lahko rastiščne enote oblikujemo posredno, z bolj ali manj naravno, ne preveč predrugačeno vegetacijo. V kolikor predpostavimo, da se v podobnih rastiščnih razmerah lahko izoblikujejo podobne vegetacijske oblike, potem lahko pričakujemo, da bi lahko veljalo tudi obratno: podobne vegetacijske oblike, še zlasti podobne floristične sestave ne prehudo predrugačene vegetacije, ki jih vidimo in analiziramo, so slej ko prej nastajale na podobnih rastiščih. Niso osamljeni avtorji (DAUBENMIRE 1976, VANCLAY 1992, LOWRY 1976), ki menijo, da je naravna vegetacija najboljši kazalnik SP.

Če sklenemo, da je rastiščna kategorija (enota) zadovoljivo opredeljena z dobro in smiselno definirano vegetacijsko enoto, nastopi vprašanje, kako čim natančneje oceniti SP v mejah tako oblikovane rastiščne kategorije (enote).

Najenostavneje to opravimo s celotno lesno proizvodnjo (TVP) enodobnega, naravnemu razvoju prepuščenega sestoja oziroma iz nje izpeljane vrednosti povprečnega volumenskega prirastka v času kulminacije (MAI_{KULM}). Če so sestoji, ki služijo ugotavljanju SP, polnoporasli in dosegajo maksimalno temeljnico (ASSMANN 1961), potem je MAI_{KULM} enak maksimalnemu povprečnemu prirastku (MAI_{MAX}), ki predstavlja SP, izraženo v $m^3/ha/leto$. Ker je ugotavljanje MAI_{MAX} pogojeno s spremljanjem rasti sestoja v celotnem proizvodnem obdobju, je takšen način ugotavljanja SP mogoč le pri vrstah s kratko proizvodno dobo (npr. *Pinus radiata* ipd.) ali pa tam, kjer so bile v ta namen izbrane trajne vzorčne ploskve. V posameznih primerih pa lahko MAI_{MAX} ugotovimo tudi v sestojih, v katerih nismo gospodarili. To izračunamo iz lesne zaloge stoječega sestoja, tako da ji prištejemo količino lesa, ki je bila izločena po naravni poti med razvojem sestoja. Slednjo ocenimo po panjih in suhih drevesih, pa tudi s cenitvijo števila dreves, ki so bila izločena po naravni poti.

Na drug način lahko določimo SP tudi z rastiščnim indeksom (SI = Site Index), to je z zgornjo višino sestoja pri dani starosti. Načeloma je ta način uporaben le v čistih enodobnih sestojih, ki so imeli enak oz. podoben razvoj.

Če sklenemo, da so rastiščne enote, ki so oblikovane na osnovi vegetacijskih enot, dober okvir za določanje SP in da je SI oziroma iz te vrednosti izpeljana SP (z ustreznimi tablicami donosov) dobra ocena dejanske SP - v primerih, ko smo to oceno dobili v enodobnih, čistih in enomernih sestojih - potem velja tako dobljena ocena za vsa rastišča iste rastiščne enote, četudi le-ta vključuje tudi raznodobne sestoje. Povedano drugače: SP v mejah iste rastiščne enote je pri isti drevesni vrsti enaka ne glede na zgradbo sestoja. Tudi dosedanje primerjalne raziskave produkcije enomernih in prebiralnih gozdov (MITSCHERLICH 1971, ASSMANN 1961) razlik v produkciji v mejah podobnih rastišč niso potrdile. Problem, kako določiti SP v primerih, ko imamo v določenih rastiščnih enotah samo raznomerne ali pa samo mešane sestoje, pa ostaja še vedno nerešen. V pretežnem delu srednjeevropskih gozdov pa v mejah posamezne rastiščne enote ni težko najti čistih, bolj ali manj enodobnih ali pa vsaj enomernih sestojev.

V Sloveniji prevladujejo bukovi gozdovi, vsaj v smislu potencialne naravne vegetacije, ki so mestoma čisti, večkrat pa so prevladujoči bukvi premešane tudi druge drevesne vrste. Ti gozdovi so v optimalnem stadiju precej enomerni, ne pa nujno enodobni, saj so nastajali v različno dolgih pomladitvenih dobah (10-30 let, ponekod celo daljših). V pogledu rastiščnih značilnosti so med njimi velike razlike. Po uveljavljeni francosko-švicarski (Zürich-Montpellier) metodi preučevanja vegetacije so konkretne fitocenoze bukovij uvrščene v različne sintaksone (razrede, redove, zveze, podzveze, asociacije in subsociacije) gozdne vegetacije. Kot okvir za določitev rastiščne enote pri ugotavljanju SP (na osnovi SI in MAI_{MAX}) smo vzeli enoto na ravni subsociacije ali pa asociacije, tako da smo v dano rastiščno enoto uvrstili vsa tista rastišča, ki jih poraščajo konkretne fitocenoze, pripadajoče istemu sintaksonu.

2 CILJI IN PREDMET RAZISKAVE

2 RESEARCH OBJECTIVES AND SUBJECT OF INVESTIGATION

Glavni cilji raziskave so naslednji:

- ugotoviti, ali je ocena SP, ki jo pridobimo s pomočjo SI, skladna z oceno SP, pridobljeno na temelju TVP;
- ugotoviti, ali so rastiščne enote, katerim so osnova vegetacijske kategorije (sintaksoni), primerne za ugotavljanje SP oziroma ali je interval variiranja posameznih ocen SP v isti rastiščni enoti manjši od $\pm 1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$;
- ugotoviti, ali so odkloni v ocenah SP v isti rastiščni enoti soodvisni s floristično sestavo in ali vrednosti SP v mejah iste rastiščne enote korelirajo s koeficienti floristične podobnosti;
- ugotoviti, ali obstaja povezanost med ocenami SP v različnih rastiščnih enotah in ustreznimi koeficienti floristične podobnosti;
- ugotoviti, ali obstaja povezanost med ocenami za SP ter fitoindikacijskimi vrednostmi rastlin;
- ugotoviti, ali obstaja povezanost med vrednostmi za SP ter vrednostmi določenih rastiščnih dejavnikov.

Raziskavo smo opravili na vzorčnih ploskvah, razmeščenih na rastiščih, ki jih poraščajo bolj ali manj naravni bukovi gozdovi. Vegetacijski posnetki z vseh vzorčnih ploskev so bili uvrščeni v ustrezne sintaksonomske kategorije bukovij na Slovenskem. V analizo smo vključili samo ohranjene, polnoporastle sestoje v razvojni fazi debeljaka, v katerih niso izvajali nikakršnih gozdnogojitvenih del, če pa so jih (v zadnjih dvajsetih letih), potem so bila opravljena z nizko jakostjo. V tipološkem pogledu je bil v analizi zajet pomemben in pester delež spektra slovenskih bukovij. Imenik vključenih sintaksonov je podan v preglednici 1.

3 METODE DELA

3 RESEARCH METHODS

V vsaki rastiščni enoti smo poiskali bukove sestoje, ki so bili v razvojni fazi debeljaka, in to v približno tisti starosti, ko kulminira MAI. V teh sestojih smo poiskali tiste lokacije, kjer so bili sestoji polnoporasli, zdravi in nepoškodovani. Na teh lokacijah smo izbrali po pet ($30 \times 30 \text{ m}$) vzorčnih ploskev (ponovitve) na vsako rastiščno enoto, opredeljeno z danim sintaksonom. Na vsaki od teh vzorčnih ploskev smo posekali vsa drevesa, vsako deblo razžagali na sekcije ter odvzeli debelne kolobarje, ki smo jih rabili za dendrokronološko analizo. Na ta način smo dobili za vsako drevo starost, višino,

premere vzdolž debla, volumen ter natančen potek priraščanja v debelino in višino v celotnem življenjskem obdobju. Na ploskvi smo prešteli in izmerili tudi vsa mrtva drevesa, panje in ostanke panjev. S temi podatki smo ugotovili, kolikšno je bilo število odstranjenih dreves iz sestoja na vzorčni ploskvi v zadnjih 30 letih. TVP smo izračunali iz izmerjene lesne zaloge sestoja na vzorčni ploskvi, odstranjene lesne zaloge v zadnjih 30 letih in ocene tiste lesne zaloge, ki je bila odstranjena med razvojem gozdnega sestoja pred tem časom. Starost, v kateri je oziroma naj bi nastopila kulminacija MAI, smo ugotovili iz presečišča krivulj MAI in tekočega volumenskega prirastka v zadnjih treh desetletjih (CAI). Hkrati smo dosegli tudi vrednosti MAI_{MAX} , ki predstavljajo SP_{TVP} , to je SP na osnovi TVP in je izražena v $m^3/ha/leto$. Istočasno smo iz zgornje višine sestoja, ki jo predstavlja povprečna višina devetih najdebelejših dreves na ploskvi, določili SI pri referenčni starosti 100 let (SI_{100}). Pri oceni SI_{100} smo uporabili tablice donosov (HALAJ et al. 1987), ki so bile prilagojene našim razmeram. Po določitvi SI_{100} smo v tablicah donosov poiskali vrednost MAI_{MAX} in ta predstavlja SP_{SI} ($SP_{SI100} = SP$ na osnovi SI_{100}). Pri ugotavljanju SI_{100} smo predpostavljali, da so bili bukoví sestoji pomlajeni pod zastorom, in smo njihovo fizično starost zmanjšali za učinek zastrtosti, tj. ugotovili smo njihovo razvojno starost (KOTAR 1995). Za posamezne ploskve so vrednosti SI_{100} , SP_{SI} in SP_{TVP} zbrane v preglednici 1. Na vsaki ploskvi je bil narejen tudi popoln vegetacijski popis (BRAUN-BLANQUET 1964). Kombinirane ocene za številnost in zastiranje smo z van der Maarelvo transformacijo (VAN DER MAAREL 1979) pretvorili ter na osnovi transformiranih ocen izračunali koeficiente floristične podobnosti s Hornovo (HORN 1966) modifikacijo Morisitovega indeksa (MORISITA 1959).

$$c_{ij} = \frac{2 \sum_k x_{ki} x_{kj}}{\left(\frac{\sum_k x_{ki}^2}{N_i^2} + \frac{\sum_k x_{kj}^2}{N_j^2} \right) N_i \cdot N_j}$$

c_{ij} = indeks floristične podobnosti med ploskvama i in j

x_{ki} = količina rastlin vrste k na ploskvi i

x_{kj} = količina rastlin vrste k na ploskvi j

$N_i = \sum_k x_{ki}$ = vsota količine rastlin vseh vrst s ploskve i

$N_j = \sum_k x_{kj}$ = vsota količine rastlin vseh vrst s ploskve j

Z matričnimi vrednostmi c_{ij} smo klasificirali vegetacijske popise z metodo združevanja oz. kopičenja. Koeficiente c_{ij} , ki predstavljajo indekse floristične podobnosti med popisi, smo v vsaki skupini korelirali z ustreznimi vrednostmi za SP_i in sicer tako s SP_{TVP} kakor tudi s SP_{SI} . S tem smo želeli ugotoviti, ali lahko floristična sestava popisov iz iste rastiščne enote nakaže rastiščne spremembe, izražene s SP.

S fitoindikacijskimi vrednostmi posameznih rastlin po Ellenbergu (ELLENBERG et al. 1992) smo za vsako rastiščno enoto posredno ocenjevali tudi rastiščne razmere, kot jih nakazuje vrstna sestava. Za srednjo vrednost smo vzeli razred z največjo frekvenco (modus), to je razred največje gostitve. S korelacijskimi koeficienti med ploskvami smo opravili tudi ordinacijo ter z njo poizkusili ugotoviti zakonitosti med proizvodno sposobnostjo rastišča in floristično sestavo.

Preglednica 1: Osnovne značilnosti rastišč in sestojev na analiziranih ploskvah

Table 1: The characteristics of sites and stands on the analysed sample plots

Nahajališče / Finding place Rastiščna enota / Site unit		A	a	SP _{TVP}	SP _{SI}	SI ₁₀₀	c/SP _{TVP}	c/SP _{SI}
1. Sviščaki (A) <i>Ranunculo platanifolii</i> - <i>Fagetum</i> var. geogr. <i>Calamintha grandiflora</i> <i>R</i> - <i>F</i> v. g. <i>cal. gr.</i>	1	1265	146	5,4	4,8	18	0,819	0,819
	2	1240	143	6,5	5,4	20	1,000	1,000
	3	1230	143	5,7	5,4	20	0,834	0,834
	4	1240	143	5,4	5,4	20	0,779	0,779
	5	1250	154	5,4	5,4	20	0,785	0,785
2. Ždrocle (S) <i>Polysticho lonchitis</i> - <i>Fagetum</i> var. geogr. <i>Allium victorialis</i> <i>P</i> - <i>F</i> v. g. <i>all. vict.</i>	1	1420	155	4,1	4,2	16	0,805	0,805
	2	1420	166	4,2	4,2	16	0,770	0,770
	3	1375	129	5,7	5,4	20	1,000	1,000
	4	1390	178	3,5	2,8	14	0,754	0,754
	5	1380	156	4,5	4,2	16	0,806	0,806
3. Jurjeva dolina (C) <i>Omphalodo</i> - <i>Fagetum</i> <i>maianthemetosum</i> <i>O</i> - <i>F</i> <i>maian.</i>	1	980	129	8,4	8,1	28	1,000	1,000
	2	980	129	6,8	7,4	26	0,787	0,787
	3	1020	131	5,9	7,4	26	0,724	0,724
	4	1010	135	6,8	7,4	26	0,716	0,716
	5	1020	137	7,1	7,4	26	0,687	0,687
4. Draga (J) <i>Omphalodo</i> - <i>Fagetum elymetosum</i> <i>O</i> - <i>F</i> <i>elym.</i>	1	900	156	7,9	8,1	28	1,000	0,838
	2	890	158	7,5	8,9	30	0,838	1,000
	3	910	174	6,2	6,7	24	0,771	0,787
	4	1010	184	7,4	6,7	24	0,723	0,744
	5	1000	196	5,6	6,7	24	0,709	0,735
5. Gače (P) <i>Omphalodo</i> - <i>Fagetum</i> <i>galietosum odoratae</i> <i>O</i> - <i>F</i> <i>gal. od.</i>	1	870	146	8,8	7,4	26	0,881	0,881
	2	860	134	9,2	8,1	28	1,000	1,000
	3	850	123	6,4	7,4	26	0,678	0,678
	4	840	132	7,3	7,4	26	0,702	0,702
	5	900	147	8,3	7,4	26	0,721	0,721
6. Gozdec (L) <i>Anemono trifoliae</i> - <i>Fagetum</i> var. geogr. <i>Luzula nivea piceetosum</i> <i>A</i> - <i>F</i> v. g. <i>luz. niv.</i>	1	1200	137	5,4	5,3	22	1,000	1,000
	2	1200	147	4,8	4,8	20	0,880	0,880
	3	1260	161	3,4	3,3	14	0,801	0,801
	4	1270	155	4,4	3,7	16	0,788	0,788
	5	1270	145	4,2	4,3	18	0,793	0,793
7. Krma (N) <i>Anemono trifoliae</i> - <i>Fagetum</i> var. geogr. <i>Helleborus niger</i> <i>subsp. niger typicum</i> <i>A</i> - <i>F</i> v. g. <i>hel. typ.</i>	1	920	152	7,1	7,7	32	1,000	1,000
	2	890	149	6,2	6,4	28	0,800	0,800
	3	870	145	6,6	5,8	26	0,774	0,774
	4	900	154	6,0	5,8	26	0,858	0,858
	5	900	151	6,3	7,1	30	0,821	0,821
8. Ogence (K) <i>Lamio orvalae</i> - <i>Fagetum</i> var. geogr. <i>Dentaria penthaphyllos</i> <i>L_{or}</i> - <i>F</i> v. g. <i>dent. pent.</i>	1	600	139	8,1	9,4	34	0,626	1,000
	2	660	147	8,7	8,7	32	0,541	0,772
	3	680	143	7,1	8,0	30	0,621	0,773
	4	880	119	10,6	8,7	32	1,000	0,626
	5	890	136	10,6	8,0	30	0,750	0,654
9. Peščenik (F) <i>Hacquetio</i> - <i>Fagetum</i> var. geogr. <i>Ruscus hypoglossum</i> <i>Hacq</i> - <i>F</i> v. g. <i>rus. hyp.</i>	1	800	155	9,6	7,4	26	1,000	0,710
	2	780	142	9,5	7,4	26	0,750	0,686
	3	770	130	7,2	7,4	26	0,715	0,785
	4	760	159	7,7	7,4	26	0,730	0,827
	5	740	137	8,5	8,9	30	0,710	1,000
10. Bukov vrh (G) <i>Hedero</i> - <i>Fagetum</i> var. geogr. <i>Epimedium alpinum</i> <i>Hed.</i> - <i>F</i> v. g. <i>epim. alp.</i>	1	510	161	7,0	7,2	28	0,810	0,810
	2	520	157	7,2	7,2	28	0,868	0,868
	3	530	146	8,9	8,7	32	1,000	1,000
	4	540	160	7,7	7,2	28	0,843	0,843
	5	540	160	6,8	7,2	28	0,724	0,724
11. Starod (O) <i>Seslerio autumnalis</i> - <i>Fagetum</i> var. geogr. <i>Calamintha grandiflora</i> <i>S</i> - <i>F</i> v. g. <i>cal. gr.</i>	1	700	120	7,8	6,6	26	1,000	1,000
	2	650	124	4,9	5,3	22	0,681	0,681
	3	650	110	5,4	6,0	24	0,752	0,752
	4	610	112	5,8	5,3	22	0,744	0,744
	5	580	123	5,4	6,0	24	0,668	0,668

Nahajališče / Finding place Rastiščna enota / Site unit		A	a	SP _{TVP}	SP _{SI}	SI ₁₀₀	c/SP _{TVP}	c/SP _{SI}
12. Polamank (B) <i>Luzulo – Fagetum abietetosum</i> <i>L – F abiet.</i>	1	1040	160	9,4	8,1	28	0,879	0,879
	2	960	146	10,2	8,9	30	0,878	0,878
	3	920	133	11,9	10,4	34	1,000	1,000
	4	880	123	10,5	9,7	32	0,728	0,728
	5	900	145	10,0	9,7	32	0,778	0,778
13. Mamolj (I) <i>Blechno – Fagetum</i> <i>thelypteretosum limbospermae</i> <i>B – F thel. limb.</i>	1	490	187	6,8	8,0	30	0,743	0,743
	2	490	190	6,4	7,2	28	0,703	0,703
	3	500	184	8,0	8,0	30	0,808	0,808
	4	500	188	8,1	8,0	30	1,000	1,000
	5	490	185	6,9	6,6	26	0,784	0,784
14. Dietvo (D) <i>Castaneo – Fagetum sylvaticae</i> var. geogr. <i>Calamintha grandiflora</i> <i>C – F v. g. cal. gr.</i>	1	650	129	7,6	7,4	26	0,695	0,695
	2	680	134	8,7	8,8	30	0,851	0,851
	3	670	131	9,2	8,8	30	1,000	1,000
	4	650	133	7,1	7,4	26	0,689	0,689
	5	640	134	9,2	8,0	28	0,826	0,826
15. Velika Kopa (E) <i>Hedero – Fagetum</i> var. geogr. <i>Polystichum setiferum</i> <i>Hed. – F v. g. pol. set.</i>	1	530	107	12,5	11,2	36	0,608	0,608
	2	560	110	11,7	11,2	36	0,709	0,709
	3	540	107	10,1	9,7	32	0,684	0,684
	4	550	98	12,6	12,2	38	1,000	1,000
	5	600	99	9,2	9,7	32	0,650	0,650
16. Šoštanj (M) <i>Lamio orvalae – Fagetum</i> <i>L_{or} – F</i>	1	605	105	10,6	9,7	32	0,807	0,794
	2	605	105	13,8	9,7	32	1,000	0,754
	3	600	102	12,9	8,9	30	0,805	0,820
	4	570	109	11,8	9,7	32	0,784	0,877
	5	540	102	8,8	10,4	34	0,754	1,000
17. Glažev greben – Gorjanci (R) <i>Lamio orvalae – Fagetum</i> var. geogr. <i>Dentaria polyphyllus</i> <i>L_{or} – F v. g. dent. pol.</i>	1	680	128	13,4	11,2	36	1,000	1,000
	2	680	127	12,7	10,4	34	0,850	0,850
	3	720	129	13,2	10,4	34	0,820	0,820
	4	700	132	12,4	10,4	34	0,824	0,824
	5	730	132	12,4	10,4	34	0,837	0,837
18. Log – Tisovec (H) <i>Vicio oroboidi – Fagetum</i> <i>V_{or} – F</i>	1	500	121	11,9	11,2	36	0,467	1,000
	2	500	132	10,5	11,2	36	0,588	0,747
	3	510	94	12,9	9,7	32	0,591	0,740
	4	500	123	10,8	10,4	34	0,724	0,649
	5	510	102	15,0	10,4	34	1,000	0,467

Legenda / Legend:

A = nadmorska višina v metrih / altitude in m

a = starost sestoja v letih / stand age in years

SP_{TVP} = proizvodna sposobnost rastišča v m³ ha⁻¹leto⁻¹, izračunana na osnovi celotne lesne produkcije sestoja / site productivity in m³ha⁻¹year⁻¹ assessed by means of total volume productionSP_{SI} = proizvodna sposobnost rastišča v m³ha⁻¹leto⁻¹, ocenjena z rastiščnim indeksom (SI₁₀₀) / site productivity in m³ha⁻¹year⁻¹ assessed by means of site index (SI₁₀₀)SI₁₀₀ = rastiščni indeks pri referenčni starosti 100 let / site index – top height at 100 years of the agec/SP_{TVP} = koeficient podobnosti – Hornova modifikacija Morisitovega indeksa - izhodišče (1,00) je tista ploskev, ki ima najvišjo SP_{TVP} / Horn's modification of Morisita similarity index - the base (1.00) is sample plot with the highest value of SP_{TVP}c/SP_{SI} = koeficient podobnosti – Hornova modifikacija Morisitovega indeksa - izhodišče (1,00) je tista ploskev, ki ima najvišjo SP_{SI} / Horn's modification of Morisita similarity index - the base (1.00) is sample plot with the highest value of SP_{SI}

4 REZULTATI

4 RESULTS

4.1 Ocena

4.1 Estimate

V preglednici 1 so zbrane ocenjene vrednosti za SP na posameznih ploskvah, ki so bile določene s TVP (SP_{TVP}) in SI_{100} (SP_{SI}). V preglednici 2 so podane relativne (%) razlike v odstopanjih med SP_{TVP} in SP_{SI} v mejah rastiščne enote.

Preglednica 2: Izpeljani parametri za analizirane rastiščne enote

Table 2: Derivated parameters for analysed site units

Rastiščna enota Site unit	Variac. razm. Range SP_{TVP}	Povpr. Ar. mean SP_{TVP}	Variac. razm. Range SP_{SI}	Povpr. Ar. mean SP_{SI}	$\frac{SP_{SI} - SP_{TVP}}{SP_{TVP}} \cdot 100$	$r_{SPTVP/c}$	$r_{SPSI/c}$
1. R-F v.g. cal. gr.	5,4 - 6,5 (1,1)	5,7	4,8 - 5,4 (0,6)	5,3	-7,0	0,982	0,151
2. P-F v.g. all.vict.	3,5 - 5,7 (2,2)	4,4	2,8 - 5,4 (2,6)	4,2	-5,5	0,950	0,847
3. O-F maian.	5,9 - 8,4 (2,5)	7,0	7,4 - 8,1 (0,8)	7,5	7,7	0,812	0,958
4. O-F elym.	5,6 - 7,9 (2,3)	6,9	6,7 - 8,9 (2,2)	7,4	7,2	0,698	0,943
5. O-F gal. od.	6,4 - 8,8 (2,4)	8,0	7,4 - 8,1 (0,7)	7,5	-5,8	0,858	0,819
6. A-F v. g. luz. niv.	3,4 - 5,4 (2,0)	4,4	3,3 - 5,3 (2,0)	4,3	-3,6	0,829	0,859
7. A-F v. g. hel. typ.	6,0 - 7,1 (2,1)	6,4	5,8 - 7,7 (1,9)	6,6	1,9	0,770	0,726
8. L _{gr} -F v.g.dent.pent.	8,1 - 10,6 (2,5)	9,0	8,0 - 9,4 (1,4)	8,6	-5,1	0,738	0,685
9. Hacq-F v. g. rus. hyp.	7,2 - 9,6 (2,4)	8,5	7,4 - 8,9 (1,5)	7,7	-9,4	0,640	0,891
10. Hed.-F v. g. epim.alp.	6,8 - 8,9 (2,1)	7,5	7,2 - 8,7 (1,5)	7,5	0,0	0,922	0,841
11. S-F v. g. cal. gr.	4,9 - 7,8 (2,9)	5,9	5,3 - 6,6 (1,3)	5,8	-0,3	0,968	0,736
12. L-F abiet.	9,4 - 11,9 (2,5)	10,4	8,1 - 10,4 (2,3)	9,4	-10,0	0,530	0,110*
13. B-F thel. limb.	6,4 - 8,1 (2,5)	7,2	6,6 - 8,0 (1,4)	7,6	4,4	0,830	0,398*
14. C-F v. g. cal. gr.	7,1 - 9,2 (2,1)	8,4	7,4 - 8,8 (1,4)	8,1	-3,4	0,865	0,904*
15. Hed.-F v. g. pol. set.	9,2 - 12,6 (3,4)	11,2	9,7 - 11,2 (1,5)	10,8	-3,7	0,447	0,681*
16. L _{gr} -F	8,8 - 12,9 (4,1)	11,6	8,9 - 10,4 (1,5)	9,7	-16,4	0,743	0,632
17. L _{gr} -F v. g. dent. pol.	12,4 - 13,4 (1,0)	12,8	10,4 - 11,2 (0,8)	10,6	-17,6	0,660	0,987*
18. V _{gr} -F	10,5 - 15,0 (4,5)	12,2	9,7 - 11,2 (1,5)	10,6	-13,4	0,669	0,473*

Legenda / Legend:

- Variac. razm. SP_{TVP} = variacijski razmik za SP_{TVP} v mejah analizirane rastiščne enote / range of SP_{TVP} inside a site unit
 Povpr. SP_{TVP} = aritmetična sredina za SP_{TVP} v rastiščni enoti / the arithmetic mean of SP_{TVP} in the site unit
 Variac. razm. SP_{SI} = variacijski razmik za SP_{SI} v mejah analizirane rastiščne enote / range of SP_{SI} inside a site unit
 Povpr. SP_{SI} = aritmetična sredina za SP_{SI} v rastiščni enoti / the arithmetic mean of SP_{SI} in the site unit
 $\frac{SP_{SI} - SP_{TVP}}{SP_{TVP}} \cdot 100$ = napaka (razlika) v odstotkih pri SP_{SI} glede na SP_{TVP} / error in percentages for SP_{SI} with regard to SP_{TVP}
 $r_{SPTVP/c}$ = korelacijski koeficient med SP_{TVP} in indeksom floristične podobnosti za ploskve znotraj iste rastiščne enote / (correlation coefficient for SP_{TVP} and a similarity index for sample plots inside a site unit
 $r_{SPSI/c}$ = korelacijski koeficient med SP_{SI} in indeksom floristične podobnosti za ploskve znotraj iste rastiščne enote / correlation coefficient for SP_{SI} and a similarity index for sample plots inside a site unit

Ocenjena proizvodna sposobnost (SP) analiziranih rastišč na osnovi TVP je v razmiku 4,4 do 12,8 m³/ha/leto oziroma 4,3 do 10,8 m³/ha/leto, če jo ocenjujemo z rastiščnim indeksom (SI). Ocene za SP, pridobljene z rastiščnim indeksom (SI), se razlikujejo od tistih, ki smo jih dobili s celotno lesno proizvodnjo (TVP), za vrednosti od 0 do 17,4 %. Od 18 analiziranih rastiščnih enot se ti dve oceni razlikujeta za manj kot 10 % kar v 15 enotah. V treh enotah, kjer so razlike večje od 10 %, pa je ocena SP_{SI} manjša od SP_{TVP} . V istih enotah je razlika med SP_{SI} in SP_{TVP} večja od 1 m³/ha/leto.

Iz povedanega lahko zaključimo, da je ocena SP s pomočjo SI_{100} razmeroma dobra cenilka proizvodne sposobnosti (SP) bukovih gozdov v Sloveniji, ki jo dobimo s TVP. Od tod sledi ugotovitev, da nam zgornja višina bukovih

sestojev dobro indicira proizvodno sposobnost rastišča (SP). Vrednosti s SI_{100} ocenjene SP v splošnem variirajo v mejah iste rastiščne enote za manj kot $2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$. Ta vrednost je bila presežena v enem samem primeru, in sicer v rastiščni enoti 12, kjer je znašala zgornja mejna vrednost $2,3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$.

Če izhajamo iz predpostavke, da združujemo v določeno rastiščno enoto tista rastišča, ki poleg splošnih zahtev, kot so podobna floristična sestava in podobne rastiščne razmere, ustrezajo še pogoju, da se v tako oblikovani rastiščni enoti SP razlikuje za manj kot $2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$ (izraženo v MAI_{MAX}), potem razmik v oceni SP (s TVP ali pa SI_{100}) ne bi smel presegati $2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$. Tolikšen razmik je pogojen z razliko v ravnosti sestojev na enakem rastišču (tj. $1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$) in z razliko v SP med rastišči, ki so uvrščena v isto rastiščno enoto, tj. $1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$ (ASSMANN 1961). Prvi del te razlike ($1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$) izvira iz različne ravnosti (genetske konstitucije) sestojev na istem rastišču, drugi del ($1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$) pa iz različnosti rastišč (razlik v njihovi rodovitnosti), uvrščenih v isto rastiščno enoto. Tako znaša razlika med rastišči, ki so uvrščena npr. v $SI = 38$ in $SI = 40$, natanko $1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$ (HALAJ 1987) pri tretji ravni proizvodnosti. V $SI = 38$ bomo uvrstili vsa rastišča, pri katerih je zgornja višina bukovih sestojev pri 100 letih od 37,0 do 38,99 m ter MAI_{MAX} od 11,7 do $12,7 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$, četudi je v tablicah donosov navedena vrednost $12,2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$. Variacijski razmik $2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$ pa je pri SP, ki jo dobimo s TVP, presežen kar v 13 analiziranih rastiščnih enotah, medtem ko je v 14 enotah manjši od $2,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$. Tolikšen interval je najverjetneje posledica različne sestojne ravnosti na istem rastišču (do 1 m^3), posledica združevanja rastišč v rastiščne enote (1 m^3 oz. 2 m^3 v zgornji višini) in posledica različnih ravnih proizvodnosti, ki izhajajo iz različnih naravnih gostot sestojev na različnih rastiščih, uvrščenih v isto rastiščno enoto ($0,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$). Tako doseže variacijski razmik v SP v mejah iste rastiščne enote največ $2,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$, kar je na skrajni meji še sprejemljivega. Očitno je tolikšna širina intervala posledica združevanja podobnih (ne enakih) rastišč v rastiščne enote ter dejanskih razločkov v ravnosti dreves na enakih rastiščih. Opozorimo naj, da je gozd šibkeje determiniran sistem, v katerem veljajo med posameznimi elementi korelacijske povezave, ki so lahko tudi slučajnostne narave. Mejna vrednost ($2,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$) je presežena v štirih rastiščnih enotah (št. 11, 15, 16 in 18). V njih variira ocena SP v preširokem intervalu, da bi lahko srednjo vrednost uporabili za napovedovanje donosov. Drugače povedano: vsaka od navedenih štirih rastiščnih enot vključuje rastišča, ki se glede SP med seboj preveč razlikujejo, da bi lahko obravnavali rastiščno enoto kot enovito v produkcijskem smislu.

Produktivnost rastišč (SP), ocenjena s SI , je v mejah iste rastiščne enote manj variabilna, saj v nobenem primeru ne presega vrednosti $2,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$; v eni sami enoti je večja od $2 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$ (v enoti št. 12 znaša $2,3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{leto}$). Seveda pa to ne pomeni, da so ocene SP na osnovi SI boljše, ampak le to, da je variiranje dejanskih vrednosti SP zmanjšano, ker ugotavljamo SI po dvometrskih višinskih razredih. Ocene SP_{SI} izhajajo iz tablic donosov, v katerih so podane vrednosti MAI_{MAX} le po bonitetnih razredih, ki so oblikovani tako, da združujejo vsa tista rastišča, katerih sestoji imajo v starosti 100 let zgornjo višino v istem dvometriskem intervalu. Razločki v ocenah SP v isti rastiščni enoti pa so le v manjši meri posledica napačne uvrstitve v SI , slejkoprej so posledica SP različnih rastišč, ki pa so bila uvrščena v isto rastiščno enoto. Verjetnost za napačno uvrstitev v SI je sorazmerno majhna, saj smo zgornjo višino na ploskvi ugotavljali na devetih drevesih pri referenčni starosti 100 let oziroma na 45 drevesih za rastiščno enoto, pri čemer je bila širina višinskega razreda 2 m. Iz tujih raziskav (LLOYD

/ HAFLEY 1977) sledi, da se verjetnost za napačno uvrstitev v SI-razred naglo zmanjšuje z naraščajočo referenčno starostjo, povečevanjem števila dreves, ki so osnova za določitev SI, in s povečevanjem širine razreda. Tako je pri referenčni starosti 50 let, pri 5 metrov širokih razredih in vzorcu 6 dreves verjetnost napačne uvrstitve v SI okrog 10 %; pri 20 dreves velikem vzorcu in 3 metre širokem razredu pa se verjetnost napačne uvrstitve zmanjša na 5 % (LLOYD / HAFLEY 1977).

4.2 Proizvodna sposobnost rastišč in njena povezanost s floristično sestavo

4.2 Interdependence between site productivity and floristic composition

Na vsaki ploskvi za ugotavljanje SP smo napravili tudi vegetacijski popis. Med vsemi popisi smo izračunali indekse floristične podobnosti c_{ij} po Morisita-Hornovem obrazcu. Indeks c_{ij} izraža floristično podobnost med vegetacijskima popisoma na ploskvah i in j .

V preglednici 1 (zadnji in predzadnji stolpec) so zbrani indeksi floristične podobnosti med popisi na ploskvah iz iste rastiščne enote, in sicer le za tiste pare, kjer je bila za ploskev i izbrana tista z najvišjo vrednostjo SP. Tej ploskvi smo priredili vrednost za $c_{ij} = 1$, njena floristična sestava je bila vzeta za izhodišče. Vrednosti c_{ij} v preostalih vzorcih iz iste rastiščne enote so izračunane glede na ploskev i . Ker smo ocenjevali SP na dva načina, s TVP in SI, se lahko oceni SP razlikujeta in lahko se zgodi, da imamo za izhodiščno ploskev i dve različni ploskvi. Zato smo v preglednici 1 predstavili vrednosti c_{ij} v dveh stolpcih. V primeru, da sta bili SP_{TVP} in SP_{SI} najvišje ocenjeni na isti ploskvi, je bila ploskev i ista in vrednosti c_{ij} so v obeh stolpcih preglednice enake (prim.: rastiščna enota 1, ploskev 2). Kadar pa najvišji oceni za SP nista bili ugotovljeni na isti ploskvi, temveč na različnih ploskvah, so vrednosti c_{ij} v obeh stolpcih različne (prim.: rastiščna enota 4, ploskvi 1 in 2).

Ob domnevi, da se v floristični sestavi zrcalijo tudi rastiščne razmere, v katerih se je izoblikovala, in da je proizvodna sposobnost rastišča (SP) tudi posledica delujočih rastiščnih dejavnikov, smo izračunali korelacijske koeficiente med SP in c_{ij} . V preglednici 2 so v zadnjem in predzadnjem stolpcu zbrani omenjeni korelacijski koeficienti, in sicer ločeno za SP_{TVP} in SP_{SI} . Vrednosti obravnavanih korelacijskih koeficientov so vselej pozitivne in so, če uporabimo za izhodišče SP_{TVP} , večje od 0,45. V trinajstih rastiščnih enotah so enake ali večje od 0,70, v osmih rastiščnih enotah pa celo presegajo vrednost 0,80. Iz povedanega lahko sklepamo, da nam floristična podobnost med vegetacijskimi popisi na vzorčnih ploskvah nakazuje tudi rastiščno podobnost med njimi, vsaj kar zadeva SP v mejah iste rastiščne enote. S tem v zvezi je zanimiva tudi ugotovitev, da so vrednosti teh korelacijskih koeficientov v splošnem manjše v tistih rastiščnih enotah, katerih vzorčne ploskve niso bile izbrane na apneni ali dolomitni matični podlagi (prim. rastiščne enote 12, 13, 14, 15, 17 in 18). Iz tega lahko sklepamo, da je floristična sestava na vzorčnih ploskvah, ki imajo za matično podlago apnenec ali dolomit, bolj povezana s proizvodno sposobnostjo rastišč (SP) in jo zato tudi zanesljiveje indicira.

Dolžni smo še odgovor na vprašanje, kaj storiti s tistimi rastiščnimi enotami, v katerih je variabilnost SP v mejah iste enote prevelika in ki jih ni mogoče učinkovito podrobneje razčleniti z indeksi floristične podobnosti med vegetacijskimi popisi na vzorčnih ploskvah. Včasih se lahko pokaže rešitev v tem, da takšno rastiščno enoto razčlenimo po tistih okoljskih dejavnikih,

ki očitno vplivajo na SP, hkrati pa so na terenu določljivi brez posebnih težav (KOTAR / ROBIČ 1990). Lahko pa se zgodi, da si na takšen način ne moremo pomagati. Za zgled vzemimo rastiščno enoto 16, v kateri variira ocenjena vrednost SP_{TVP} v razmiku od 8,8 do 13,8. Iz dendrograma na grafikonu 1 lahko sklepamo, da druga vzorčna ploskev, na kateri je bila ugotovljena tudi najvišja ocena za SP_{TVP} , odločno odstopa od preostalih iz iste rastiščne enote, vendar pa premalo, da bi jo metoda kopičenja izločila. Ker primernih okoljskih dejavnikov, s katerimi bi morda lahko rastiščno enoto razdelili, nismo registrirali, ostajajo razlike v ocenjenih vrednostih za SP_{TVP} zaenkrat nepojasnjene. Morda bi jih lahko odkrili s podrobnejšim pregledom zgradbe talnega profila.

Indekse floristične podobnosti smo izračunali za vseh 90 ploskev. Z njimi smo opravili klasifikacijo, ki je podana na grafikonu 1. Iz dendrograma sledi, da se vzorčne ploskve brez izjeme najprej združujejo po rastiščnih enotah, šele kasneje pa tudi na drugih ravneh. Prav to pa tudi potrjuje smiselnost in upravičenost oblikovanja rastiščnih enot na osnovi sintaksonomskih enot, ki jih primerjamo z indeksi floristične podobnosti.

4.3 Proizvodna sposobnost rastišč glede na fitoindikacijske vrednosti

4.3 Site productivity with regard to indicator values of plants

Vse vegetacijske popise smo uporabili za računanje fitoindikacijskih parametrov, indiciranih s pogostnostjo pojavljanja raznovrstnih rastlin v njih. Za podlago smo vzeli fitoindikacijske vrednosti po Ellenbergu (ELLENBERG et al. 1992) za svetlobne in toplotne razmere, kontinentalnost podnebja, za vlažnost tal in kemično reakcijo ter količino dušičnih spojin v njih. Za vsak indikat je predvidena ranžirna vrsta devetih razredov, izjemo predstavlja le vlažnostna lestvica, ki predvideva 12 razredov. Posebnost sistema so tudi t. i. indiferentne vrste, kar pomeni, da rastline te vrste danega indikatorja ne indicirajo. Vsaki rastlinski vrsti je v tej metodi prirejen šestmestni zapis, pri čemer predstavlja vsako mesto vselej določeni indikat. Struktura šestmestnega zapisa je enotna in dosledna v celotnem sistemu; tako je na prvem mestu vselej indikacija svetlobnih razmer, na četrtem vlažnost tal in na šestem indikacija dušikovih spojin v tleh itd.

Iz vegetacijskih popisov na vzorčnih ploskvah iste rastiščne enote smo poiskali za vsak indikat frekvenčne porazdelitve rangov po razredih. Za srednjo vrednost smo vzeli razred z največjo frekvenco (modalni razred). V preglednici 3 so zbrane za vsako rastiščno enoto in vsak indikat relativne frekvence po modalnih razredih.

Komentar k primerjanju fitoindikacije rastiščnih razmer v posameznih rastiščnih enotah (sumarno):

Fitoindikacija svetlobnih razmer:

Modalna vrednost nam pove, da slaba tretjina vseh frekvenc (30 %) indicira 4. razred, ki skupaj s frekvencami za 3. razred (komodalna vrednost 19 %) predstavljajo polovico (49 %) vseh frekvenc, razločno indicirajo svetlobne razmere, v katerih uspevajo sencovzdržne rastline.

Iz preglednice sledi podobna indikacija svetlobnih razmer tudi na ravni rastiščnih enot. Modalne vrednosti povsod, razen na Bukovem vrhu (G) (kjer je modus v 3. razredu), indicirajo 4. razred, s tem da so nakazani trendi za indikacijo naraščajoče heliofilnosti na naslednjih lokacijah: Gozdec (L), Mamolj (I), Dletvo (D), Velika Kopa (E) in Gorjanci (R). Pripomniti velja, da komodalne vrednosti nikoli ne presežejo 7. razreda, ki indicira razmere, v katerih uspevajo hemiheliofiti (rastline polsvetlobe).

Preglednica 3: Fitoindikacijske vrednosti rastlinskih vrst po rastiščnih enotah

Table 3: Indicator values of plants in the site units

Rastiščna enota Site unit	Svetloba Light razred % Class (%)	Temperatura Temperature razred % Class %	Kontinentalnost Continentality razred % Class %	pH Reaction razred % Class %	Vlažnost Moisture razred % Class %	Dušik Nitrogen razred % Class %
1. R - F v. g. cal. gr.	4 (31)	4 (24)	4 (31)	8 (22)	5 (59)	5 (19)
2. P - F v. g. all. vict.	4 (29)	4 (22)	4 (29)	8 (30)	5 (53)	7 (21)
3. O - F maian.	4 (34)	4 (25)	4 (34)	7 (19)	5 (53)	6 (28)
4. O - F elym.	4 (34)	4 (29)	4 (34)	7 (25)	5 (63)	6 (28)
5. O - F gal. od.	4 (30)	4 (23)	4 (30)	7 (26)	5 (61)	5 (26)
6. A - F v. g. luz. niv.	4 (23)	4 (22)	4 (23)	8 (22)	5 (44)	6 (18)
7. A - F v. g. hel. typ.	4 (31)	4 (23)	4 (31)	7,5 (42)	5 (44)	7 (21)
8. L _{or} - F v. g. dent. pent.	4 (32)	4 (25)	4 (25)	7 (31)	5 (51)	7 (22)
9. Hacq - F v. g. rus. hyp.	4 (32)	4 (21)	4 (32)	7 (25)	5 (54)	5 (23)
10. Hed. - F v. g. epim. alp.	3 (30)	3 (26)	3 (30)	7 (23)	5 (66)	6 (22)
11. S - F v. g. cal. gr.	4 (28)	4 (21)	4 (28)	7 (23)	5 (52)	6 (22)
12. L - F abiet.	4 (30)	3 (21)	3,5 (60)	4 (23)	5 (41)	6 (26)
13. B - F thel. limb.	4 (27)	4 (15)	4 (27)	2 (16)	5 (33)	3 (21)
14. C - F v. g. cal. gr.	4 (26)	4 (14)	4 (26)	7 (12)	5 (48)	5 (16)
15. Hed. - F v. g. pol. set.	4 (33)	4 (22)	4 (33)	7 (19)	5 (45)	6 (23)
16. L _{or} - F	4 (35)	4 (28)	4 (35)	7 (29)	5 (58)	6 (30)
17. L _{or} - F v. g. dent. pol.	4 (27)	4 (16)	4 (27)	6 (16)	5 (61)	6 (25)
18. V _{or} - F	4 (38)	4 (28)	4 (38)	7 (20)	5 (45)	7 (21)
Skupna fitoindikacija / Total	4 (30)	4 (22)	4 (30)	7 (20)	5 (53)	6 (21)

Legenda / Legend:

Prve številke v poljih preglednice označujejo vrednosti indikatorja (range), katere indicira največ rastlin iz vegetacijskih popisov na vzorčnih ploskvah določene rastiščne enote. Številke, ki so v poljih tabele v oklepajih, pa podajajo delež (relativno frekvenco) rastlinskih vrst, ki dosegajo modus v danem razredu (modalni razred).

The first figures in columns present the mode value (class) for a given ecological factor. The figures in the parenthesis present relative frequencies of plants in the mode class.

Iz povedanega lahko posredno sklepamo, da so bili vsi vzorci izbrani v ohranjenih, sklenjenih gozdnih sestojih, katerih notranje okolje so izoblikovali močni edifikatorji (bukev, jelka).

Fitoindikacija toplotnih razmer:

Modalna vrednost pove, da petina (22 %) frekvenc iz vseh vzorcev skupaj indicira 4. razred, ki skupaj s frekvencami za 3. razred (komodalna vrednost 14 %) indicirajo toplotne razmere hladnejših rastišč subalpinskega (3. razred) ter altimontanskega in montanskega pasu (4. razred). Skupni delež frekvenc je le nekoliko večji od tretjine (36 %) vseh frekvenc, pri čemer je treba upoštevati dejstvo, da slaba tretjina (32 %) frekvenc odpade na vrste, ki so indiferentne za tovrstno indikacijo.

Na prvi pogled preseneča skoraj identična porazdelitev frekvenc ob višinskem gradientu. Pričakovali bi namreč lahko, da bodo na lokacijah iz spodnje veje dendrograma (Polamank (B), Mamolj (I), Dletvo (D), Velika Kopa (E), Šoštanj (M), Gorjanci (R) in Mali Jurjevec (H)) indicirane toplejše rastiščne razmere. Ta trend je sicer šibko nakazan zlasti na lokacijah Mamolj (I), Dletvo (D), Velika Kopa (E) in Gorjanci (R), vendar premalo izrazito, da bi ga lahko posploševali.

Verjetnejša je domneva, da smemo to, na videz prešibko izraženo toplotno diferenciacijo pripisati dejstvu, da so vzorci z lokacij v spodnji veji dendrograma razmešeni predvsem v osojah; med njimi pa so tudi takšne, ki so zaradi neprepustne matične podlage izdatneje, predvsem pa trajnejše

preskrbljene z vodo in so zato hladnejše.

Pripomniti pa velja, da v tem sklopu prirastoslovnih raziskav ni bilo vzorcev iz termofilnih bukovij.

Fitoindikacija kontinentalnosti podnebja:

Podobno kot svetlobne razmere tudi kontinentalnost podnebja razmerno dobro indicira velik delež frekvenc (okrog 30 %) z modusom v 4. razredu, ki označuje suboceanske podnebne razmere s trendom proti povečani oceanizaciji (3. razred). Sklenemo lahko, da je to splošna značilnost razprostranjenosti bukovih gozdov.

Na lokacijah iz zgornje veje dendrograma je ta trend dosledno izražen (izjemi sta le Bukov vrh (G) in Polamank (B)). Na objektih iz spodnje veje dendrograma ostaja modus tudi v 4. razredu, vendar pa nakazani trendi niso enoznačni.

Fitoindikacija vlažnostnih razmer:

Vlažnostne razmere so fitoindikacijsko najbolj označene. Z modalno vrednostjo 53 % vseh frekvenc je markantno zaznamovan 5. razred po Ellenbergu. Tu je množica rastlin, ki indicirajo sveža tla, saj imajo težišča razprostranjenosti na zmerno vlažnih tleh, pojavljajo se tudi na mokrih tleh, nikoli pa ne na tleh, ki so večkrat izsušena. Komodalne vrednosti (18 %) so v 6. razredu, zato so kar z 71-odstotnim frekvenčnim deležem indicirane sveže do zmerno vlažne talne razmere.

Na ravni rastiščnih enot se splošni trend dosledno ohranja, izjemi sta le lokaciji Bukov vrh (B) in Starod (O), kjer je rahlo nakazana težnja k povečani sušnosti. Zelo značilna pa je naslednja posebnost: na lokacijah iz zgornje veje dendrograma je dosledno (izjema je le Peščenik (F)) nakazana rahla težnja k povečani sušnosti (4. razred), medtem ko je na lokacijah iz spodnje veje dendrograma izrazitejša tendenca k povečani vlažnosti (7. razred). Ugotovitev je konsistentna s komentarjem pri toplotnih razmerah.

Fitoindikacija kemične reakcije tal:

Sumarna fitoindikacija kemične reakcije tal je manj učinkovita (četrtina frekvenc odpade na tiste vrste, ki so za tovrstno indikacijo indiferentne, nakazana pa je tudi bimodalna frekvenčna distribucija) in je zaradi pomembnih razločkov med rastiščnimi enotami tudi najmanj realna.

Na ravni posameznih lokacij rastiščnih enot je fitoindikacija kemične reakcije tal učinkovitejša. Najbolj bazična tla (8. razred po Ellenbergu) so z modalnimi vrednostmi indicirana na Sviščakih (A), v Ždroclah (S) in v Gozdecu (L) (rendzine!), značilno za vse tri imenovane lokacije je tudi pojavljanje bimodalne frekvenčne porazdelitve: sekundarni modus se pojavlja v 4. razredu (indicirana je očitno povečana kislost zaradi površinskega surovega humusa). V dveh rastiščnih enotah je razločno in nedvoumno indicirana kislina reakcija tal: Mamolj (I) ima modus v 2. razredu, se pravi na meji med zelo kislino in kislino reakcijo, kar 44 % frekvenc indicira kislina tla; Polamank (B) pa v 4. razredu, kjer 42 % frekvenc indicira kislina do zmerno kislina tla. Ploskve z Gorjancev (R) imajo modalno vrednost v 6. razredu z naraščajočo tendenco, ki indicira zmerno do slabo kislina tla. Za pretežni del rastiščnih enot (preostale, ki niso bile doslej naštetih) pa so modusi v 7. razredu, s tem da so tendence na lokacijah iz zgornje veje dendrograma naraščajoče (proti 8. razredu) in označujejo slabo kislina tla, medtem ko so tendence na lokacijah iz spodnje veje dendrograma padajoče (proti 6. razredu) in označujejo zmerno do slabo kislino kemično reakcijo tal.

Fitoindikacija preskrbljenosti tal z dušikovimi spojinami:

Po sumarni fitoindikaciji indicira petina (21 %) frekvenc 6. razred preskrbljenosti tal z dušikom. Če prištejemo še obe komodalni vrednosti (drugo in tretjo), indicira polovica frekvenc (53 %) zmerno (5. razred) do bogato (7. razred) preskrbljenost tal z dušikovimi spojinami.

Na ravni rastiščnih enot je diferenciacija izrazitejša. Od vseh odstopa lokacija Mamolj (I), ki ima modus v 3. razredu, z indicirano skromno založenostjo tal z dušikom, vendar z naraščajočo tendenco proti razmeram zmerne preskrbljenosti tal z dušikom. Modusi v 5. razredu indicirajo na lokacijah Sviščaki (A), Gače (P), Peščenik (F) in Dietvo (D) zmerno preskrbljenost tal z dušikovimi spojinami, trendi so naraščajoči. V 7. razredu preskrbljenosti z dušikom so modalne vrednosti na lokacijah Ždrocle (S), Krma (N), Idrinja (K) in Mali Jurjevec (H), kjer je indicirana bogata založenost tal z dušikom. Na preostalih lokacijah so modalne vrednosti v 6. razredu s prevladujočo padajočo tendenco (proti 5. razredu) in označujejo intermedijarno preskrbljenost (med bogato in zmerno) s trendom proti zmerni preskrbljenosti tal z dušikom.

Uporabljena fitoindikacijska metoda preslabo pojasnjuje razločke v proizvodni sposobnosti rastišč (SP) tako med rastiščnimi enotami kakor tudi med vzorci v njih, da bi imela večjo praktično vrednost. Ugotovljene srednje vrednosti, ki smo jih dobili za posamezne rastiščne enote, se med seboj le malo razlikujejo, kadar pa se, npr. pri kemični reakciji tal, pa ne vplivajo na SP. Vsekakor pa lahko analize trendov frekvenčnih porazdelitev indikacijskih vrednosti predstavljajo koristen pripomoček pri razumevanju dogajanj na rastiščih in njihovi analizi, zato so fitoindikacijske metode nasploh vredne metodološkega dopolnjevanja.

4.4 Numerična klasifikacija in ordinacija vegetacijskih popisov na vzorčnih ploskvah ter povezave s proizvodno sposobnostjo rastišča

4.4 Numerical classification and ordination of relevées from sample plots and interpretation of results with regard to site productivity

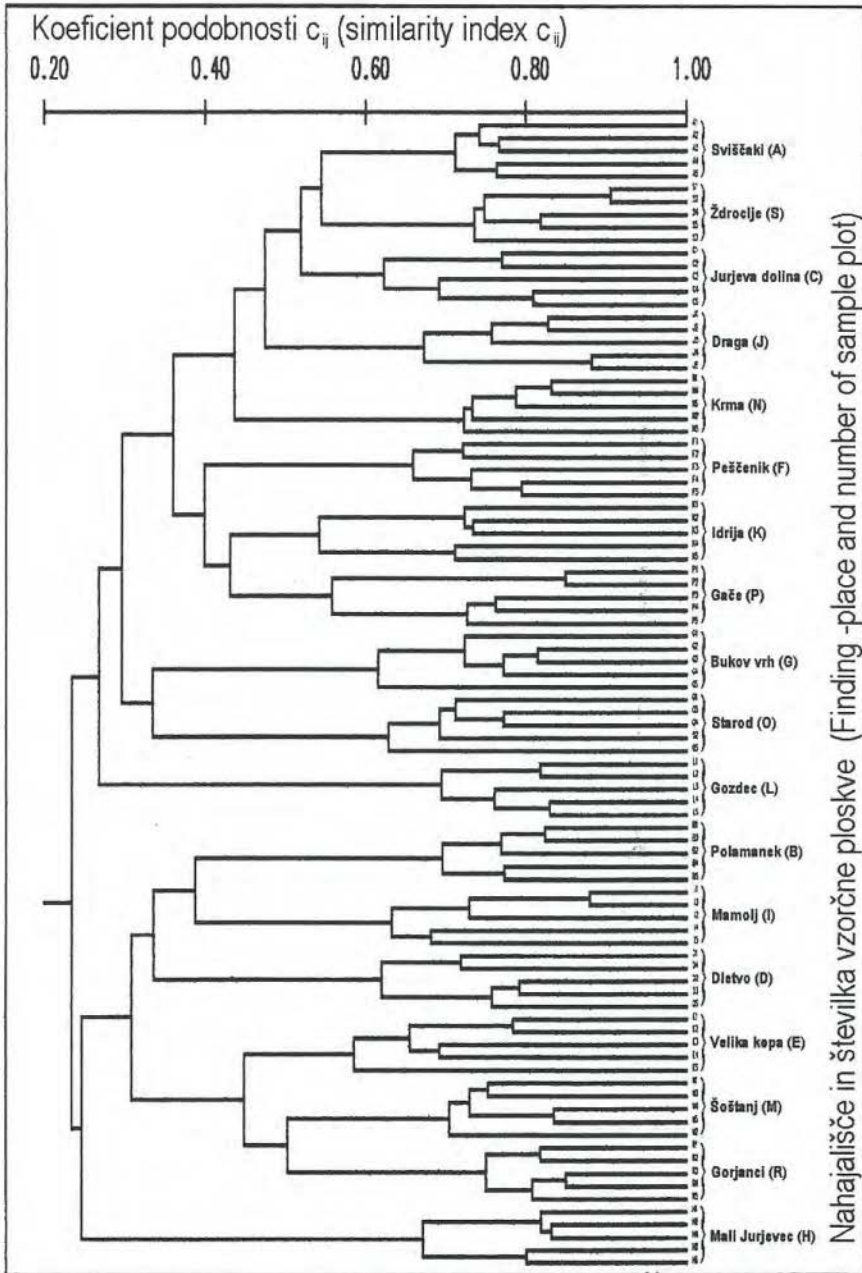
Z matriko vrednosti Morisita-Hornovih indeksov floristične podobnosti c_{ij} med popisi smo klasificirali vzorčne ploskve. Pri tej numerični klasifikaciji smo se odločili za metodo kopičenja, ki ima za izhodišče celotno floristično sestavo. Na osnovi floristične podobnosti med popisi z vzorčnih ploskev slednje korakoma združujemo na višjih nivojih v manjše število šopov, dokler v zadnjem koraku ne pridemo do ene same skupine. To progresivno kopičenje ali združevanje (ang.: progressive agglomeration) lahko grafično predstavimo z dendrogramom, v katerem so horizontalne povezave (nodiji) podane za posamezne ploskve, po opravljenem prvem koraku pa že šopi in v nadaljevanju tudi skupine. V vertikalnih povezavah (internodiji) (PIELOU 1984) pa so podane vrednosti za floristično podobnost. Ker smo s to numerično klasifikacijo zajeli vse višje rastline (species), ki smo jih našli na vzorčnih ploskvah, in ne le ključnih rastlin (HAVEL 1980), je ta klasifikacija primer tako imenovanega celostnega združevanja ali kopičenja (ang.: polythetic agglomeration). Rezultat tega združevanja je prikazan na grafikonu 1.

Označevanje vzorčnih ploskev je prevzeto iz preglednice 1 (npr. A1 pomeni ploskev št. 1 na Sviščakih, S2 je ploskev št. 2 v Žroclah itd.).

Grafikon 1: Dendrogram kopičenja 90 vzorčnih ploskev na osnovi indeksov podobnosti njihove floristične sestave (c_{ij})

Graph 1: Agglomerative clustering of 90 sample plots on the basis of similarity indices (according to Horn and Morisita) of their floristic composition

Na dendrogramu lahko vidimo, da se dosledno najprej združujejo vzorčne ploskve iz iste rastiščne enote. Floristična podobnost med fitocenozami istega sintaksona je očitno večja od florističnih podobnosti med fitocenozami iz drugih sintaksonov. V naslednjem koraku se združijo popisi iz rastiščnih enot Sviščaki (A) in Ždroclje (S), njim se postopoma pridružujejo tudi popisi iz Jurjeve doline (C), Drage (J) in popisi fitocenoz na ploskvah iz rastiščne enote v Krmi (N). Istočasno so se v posebno skupino združile vzorčne ploskve iz Gač (P) in Idrije (K), katerim so se nato pridružile tudi ploskve iz



Peščenika (F). Vse našteje vzorčne ploskve so združene na višjem nivoju (z manjšo podobnostjo) v novo skupino. V koraku, ki sledi, se tej skupini pridružijo že združene ploskve iz Bukovega vrha (G) in Staroda (O). Vsem skupaj pa se pridružijo s še zmanjšano podobnostjo tudi ploskve iz Gozdeca (L). Če pogledamo dendrogram vidimo, da so vse navedene vzorčne ploskve združene v pogojno rečeno zgornji veji dendrograma. Skupna raven podobnosti med njimi res ni velika (med 25 in 30 %), vsekakor se pa razločno ločijo od spodnje veje dendrograma, ki se je oblikovala obenem in na podoben način. Ker vemo, kaj in kako primerjamo in združujemo, lahko zaradi preprostejšega izražanja skrajšamo opisovanje. Skupini, ki jo tvorita Polamank (B) in Mamolj (I), se pridruži Dletvo (D), skupinama iz Šoštanja (M) in Gorjanecv (R) pa Velika Kopa (E). Združenju vseh pravkar naštetih skupin iz spodnje veje dendrograma se "od daleč" pridruži še skupina iz Malega Jurjevca (H), ki očitno v florističnem pogledu odstopa od drugih. Končno se tudi zgornja in spodnja veja dendrograma združita pri vrednosti $c_j = 0,23$ (ali pri 23-odstotni floristični podobnosti) in združevalna klasifikacija je končana.

Ekološka interpretacija dendrograma:

- Za vzorčne ploskve iz zgornje veje dendrograma je značilna apnena ali pa dolomitna matična podlaga, medtem ko so bile ploskve iz spodnje veje izbrane na drugačnem matičnem substratu (peščenjaki in skrilavci, kremenov keratofir, eocenski fliš, lapornati apnenci ali pa apneno matično podlago prekriva zelo globoka talna plast).

- Dendrogram na grafikonu 1 podaja pravilne vrednosti med floristično podobnostjo posameznih ploskev oziroma skupin, ne smemo pa iz tega dendrograma sklepati, da je dana razvrstitev ploskev (vrstni red ploskev in grup) edino pravilna. Pravilne so tudi vse razvrstitve ploskev oziroma grup, ki jih dobimo, če dano razvrstitev grup zasučemo na internodijih. Internodiji imajo poleg tega, da podajajo s svojo višino vrednosti floristične podobnosti, tudi funkcijo "glavne osi vrtiljaka". Tako lahko dendrogram spreminjamo glede lokacij, če ga vrtimo na teh oseh, pri tem pa ohranjamo floristično podobnost - dolžine internodijev - na isti vrednosti. Tako lahko dani dendrogram spremenimo tako, da zavrtimo njegovo spodnjo stran, ki smo jo dobili v predzadnjem koraku združevanja, in dobimo novo lokacijo ploskev. Na ta način pride lokacija Gozdec (L) na skrajni zgornji rob dendrograma. Takšna razmestitev enot (lokacij) nakazuje gradient nadmorskih višin, najvišje so na zgornji strani, najnižje na spodnji strani dendrograma. Lokacije si sedaj sledijo v naslednjem vrstnem redu: Gozdec (L) → Sviščaki (A) → Ždrocle (S) → → in kot zadnja → Mali Jurjevec (H). V tako oblikovanem dendrogramu je korelacijski koeficient med lego lokacije (rangom) in SP razmeroma velik, saj znaša 0,85, vendar pa to ni korelacijski koeficient med SP in floristično podobnostjo, temveč korelacijski koeficient med lokacijo (1 = Gozdec, 2 = Sviščaki, 3 = Ždrocle, 4 = Jurjeva dolina ... 18 = Mali Jurjevec) in SP. V lokaciji je vsebovana floristična podobnost in pa predvsem nadmorska višina. Zato korelacijski koeficient r izraža v večji meri odvisnost med SP in nadmorsko višino, s katero pa se spremeni tudi floristični sestav. V obravnavanem primeru nam nadmorska višina pokaže, kako naj posamezne lokacije zavrtimo, da bomo dobili najvišjo povezanost med lokacijo in SP. Glede na ugotovljene povprečne vrednosti SP za lokacije in dovoljene zasuke na dendrogramu je največja vrednost korelacijskega koeficienta pri naslednji obliki dendrograma: 1 Gozdec, 2 Ždrocle, 3 Sviščaki, 4 Jurjeva dolina, 5 Draga, 6 Krma, 7 Peščenik, 8 Goče, 9 Idrija, 10 Starod, 11 Bukov vrh, 12 Dletvo, 13 Polamank, 14 Mamolj, 15 Velika Kopa, 16 Šoštanj, 17 Gorjanci, 18 Mali Jurjevec.

Ob tej razmestitvi lokacij znotraj dendrograma dobimo korelacijsko odvisnost med lokacijo in SP kar $r = 0,88$.

- Kot vidimo, obstaja povezanost med SP in floristično sestavo, vendar je ta posredna. V obravnavanem primeru se izraža preko nadmorske višine, ker se z njo spreminja tudi floristična sestava. Očitno pa ni veliko upanja, da bi našli neposredno povezanost med floristično podobnostjo rastiščnih enot in njihovo proizvodno sposobnostjo. S tem pa ni rečeno, da tovrstne povezanosti ni, saj smo jo s klasifikacijsko analizo potrdili, vendar je njena informativnost premajhna, da bi bila neposredno uporabna.

- Numerični klasifikacijski postopek, kakršnega smo uporabili v raziskavi, je pokazal koristno stran. Kadar presojamo ustreznost kriterijev za opredelitev stratum pri vzorčenju parametrov za določevanje proizvodne sposobnosti rastišč (SP) v danem primeru sintaksona, lahko to učinkovito opravimo z ugotavljanjem praga floristične podobnosti med vegetacijskimi popisi, ki so uvrščeni v določen sintakson. Ponujena je torej možnost za kvantitativno preverjanje enotnosti (homogenosti) nabora vzorčnih enot, ki naj bi jih pri vzorčenju uvrstili v isti stratum.

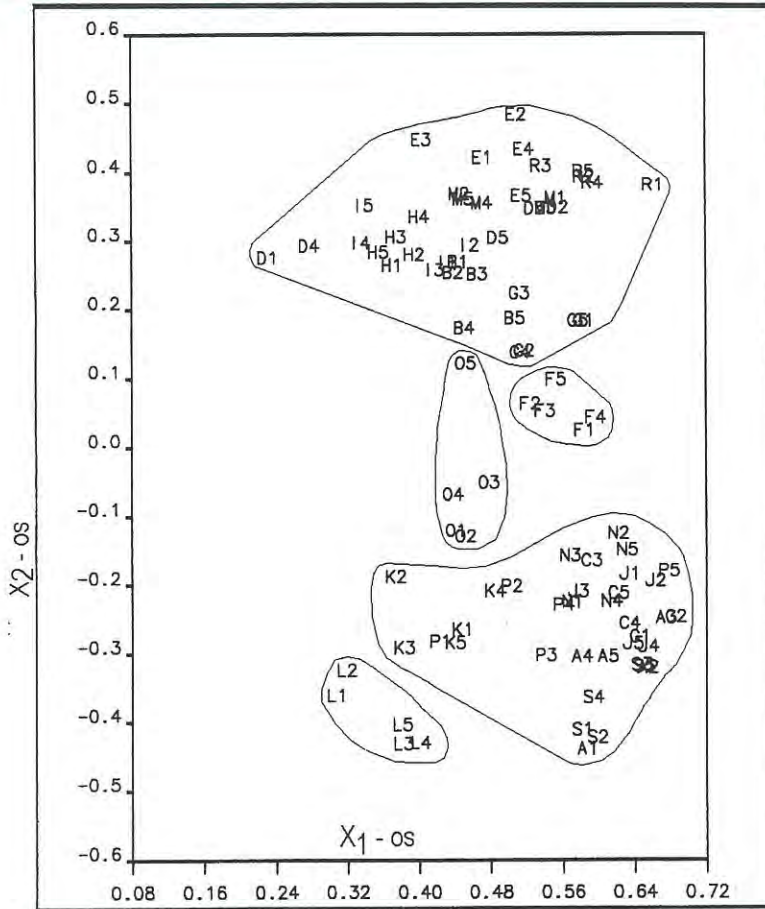
Poleg numerične klasifikacije smo opravili tudi ordinacijo vegetacijskih popisov, ki so bili posneti na vzorčnih ploskvah. Pri računanju elementov za ordinacijo nismo upoštevali rastlin iz obeh drevesnih plasti (zgornje D1 in spodnje D2), temveč le rastline iz spodnjih plasti vertikalne stratifikacije fitocenoz. Če bi upoštevali tudi rastline iz drevesne plasti, bi zaradi dejstva, da so bukovja v pretežni meri monodominantne združbe, splošno prevladovanje bukve vplivalo moteče. Razlike med popisi, ki so posledica različne floristične sestave na račun vrst z manjšo številnostjo in zastiranjem, bi bile tako manj izrazite in zabrisane. Vedeti je treba, da pri računanju korelacijskih koeficientov upoštevamo poleg kvalitativnih (species) tudi kvantitativna (številnost, zastiranje) razmerja med rastlinskimi vrstami. Za ordinacijo smo uporabili metodo glavnih komponent (ang.: Principal component analysis - PCA) z uporabo korelacijske matrike. Podatke smo usredinili in standardizirali, s tem pa ohranili vpliv tudi tistih rastlinskih vrst, ki se pojavljajo v majhnem številu oziroma malo zastirajo (PIELOU 1984).

Rezultati ordinacije so pokazali, da bi lahko polovico (49,69 %) variabilnosti, ki se na grafikonu 2 kaže kot raztros, pojasnili s petrazsežno ordinacijo, se pravi s peterico vzajemno ortogonalnih osi. Dvajsetdimenzionalna ordinacija pa bi utegnila pojasniti kar štiri petine (79,35) variabilnosti. Slednje nam za praktično interpretacijo kaj prida ne koristi, saj je zelo težavno poiskati smiselne ekološke razlage posameznih osi.

Na grafikonu 2 je z dvorazsežno ordinacijo predstavljena razmestitev posameznih točk, ki predstavljajo vzorčne ploskve glede na osi x_1 in x_2 . Z osjo x_1 je pojasnjena četrtnina (25,02 %), z osjo x_2 pa desetina (9,16 %), skupaj torej tretjina (34,18 %) variabilnosti. Koordinate na osi x_1 so v intervalu od 0,22 do 0,68, na osi x_2 pa so omejene z intervalom vrednosti od -0,45 do 0,48.

Ekološka interpretacija ordinacije:

- Porazdeljevanje lokacij ob prvi ordinacijski osi x_1 je razmeroma nepregledno. Vseeno pa je nakazana možnost za razlago v dejavnih iz podnebnega kompleksa. Nakazano je grupiranje lokacij z izrazitejšimi poletnimi padavinskimi upadki pri manjših vrednostih koordinat na abscisi (x_1), medtem ko naj bi bili poletni padavinski upadki šibkeje izraženi na lokacijah z večjimi vrednostmi koordinat. Ker nimamo konkretnih meteoroloških



Grafikon 2: Dvorazsežna ordinacija 90 vegetacijskih popisov na vzorčnih ploskvah

Graph 2: Two-dimensional ordination of 90 relevés from sample plots

Legenda / Legend:

- | | |
|--|--|
| A = R-F v.g. cal. gr. (Sviščaki) | G = Hed.-F v. g. epim. alp. (Bukov vrh) |
| S = P-F v.g. all.vict (Ždrocle) | O = S-F v. g. cal. gr. (Starod) |
| C = O-F maian. (Jurjeva dolina) | B = L-F abiet. (Palamanek) |
| J = O-F elym. (Draga) | I = B-F thel. limb. (Mamolj) |
| P = O-F gal. od. (Gače) | D = C-F v. g. cal. gr. (Dietvo) |
| L = A-F v. g. luz. niv. (Gozdec) | E = Hed.-F v. g. pol. set. (Velika kopa) |
| N = A-F v. g. hel. typ. (Kрма) | M = L _{or} -F (Šoštanj) |
| K = L _{or} -F v.g.dent.pent. (Ogence) | R = L _{or} -F v. g. dent. pol. (Pendirjevka - Gorjanci) |
| F = Hacq-F v. g. rus. hyp. (Peščeničnik) | H = V _{or} -F (Log - Tisovec) |
- 1, 2, 3, 4, 5 = številke vzorčnih ploskev v rastiščnih enotah / sample plot numbers within site units

podatkov za obravnavane lokacije, ostaja razlaga pri domnevi, ki pa ni potrjena.

- Čeprav se lokacije Gozdec (L), Sviščaki (A) in Ždrocle (S), ki so sicer najbolj visoko nad morsk gladino, pojavljajo na robu in imajo podobne koordinate na osi x_2 , bi tej osi težko pripisali gradient nadmorske višine. Na nasprotni strani intervala se lokacije z nižjimi nadmorskimi višinami grupirajo manj pravilno, predvsem pa se pojavlja lokacija Polamanek (B), ki ima razmeroma veliko nadmorsko višino, v ordinacijski shemi previsoko.

- Druga možnost ekološke interpretacije osi x_2 je nakazana s tem, da se v spodnji polovici intervala vrednosti grupirajo lokacije z izrazito apnenno in dolomitno matično podlago z rendzinami in rjavimi pokarbonatnimi tlemi,

medtem ko so v zgornji polovici intervala zbrane lokacije z drugačnimi matičnimi substrati in širšim naborom talnih tipov od evtričnih do distričnih rjavih tal. Ker podrobnejših talnih analiz nimamo, je lahko takšna interpretacija osi le nakazana in je ni mogoče natančneje opredeliti.

- Korelacijske analize so pokazale, da vrednosti SP razmeroma tesno korelirajo z vrednostmi koordinat posameznih lokacij na osi x_2 . Tako imajo najnižje vrednosti SP prav ploskve z najnižjimi vrednostmi koordinat na osi x_2 (Gozdec (L), Ždrecle (S) in Sviščaki (A)), najvišje vrednosti SP pa so bile ugotovljene na ploskvah, ki dosegajo ob ordinacijski osi x_2 največje vrednosti (Velika Kopa (E), Gorjanci (R), Šoštanj (M) in Mali Jurjevec oz. Log-Tisovec (H)). Zanimiva je tudi lokacija Polamank (B), na kateri so bile ugotovljene razmeroma visoke vrednosti SP, v ordinacijski shemi pa imajo vzorčne ploskve iz te rastiščne enote kjub sorazmerno veliki nadmorski višini tudi večje vrednosti koordinat na osi x_2 . Očitno je, da so koordinate vzorčnih ploskev na osi x_2 tesneje povezane z vrednostmi ugotovljenih SP, kot pa so slednje povezane z njihovimi nadmorskimi višinami. Zato bi lahko rekli, da ordinacijska os x_2 razmeroma dobro ponazarja rodovitnost oziroma proizvodno sposobnost rastišč (SP). Seveda pa lahko to velja le za bukove sestoje, ki so bili vključeni v analizo, zato ni izključena možnost za ocenjevanje SP s floristično sestavo rastiščnih enot. Vendar pa je neizpodbitno dejstvo, da nam je z ordinacijsko osjo x_2 , ki korespondira z ugotovljenimi vrednostmi za SP, uspelo pojasniti komaj desetino (9,16 %) variabilnosti oziroma raztrosa točk na ordinacijski ravnini. Sklep je očitno: razločki v floristični sestavi med vegetacijskimi popisi na vzorčnih ploskvah, izraženi z indeksi podobnosti, preskromno pojasnjujejo razlike v ugotovljenih parametrih proizvodne sposobnosti rastišč (SP), da bi jih lahko alternativno uporabili pri ocenjevanju SP. Kljub temu pa rezultati kažejo, da je nadaljnje raziskovanje v tej smeri smiselno, saj nikakor niso bile izčrpane vse možnosti praktične uporabe fito- in fitocenoindikacije. Opozoriti velja na metodo, ki jo pri nas razvija Ž. Košir (KOŠIR 1992) in na številne aplikacije gradientne analize, ki jih uporabljajo v tujini.

5 SKLEPI

5 CONCLUSIONS

Ob rezultatih raziskave proizvodnih sposobnosti rastišč, ki jih poraščajo bukov gozdovi, lahko glede na raziskovalne cilje podamo naslednje sklepe:

1. Ocene proizvodne sposobnosti gozdnih rastišč (SP), ki jih dobimo z rastiščnim indeksom (SI) in tablicami donosov, se razlikujejo od ocen, do katerih pridemo s celotno lesno proizvodnjo (TVP), največ za slabo petino (17,6 %). V več kot štirih petinah (83,3 %) analiziranih rastišč pa je ta razlika manjša od desetine (10 %). Od tod sledi ugotovitev, da je zgornja višina oziroma rastiščni indeks (SI) dober kazalnik proizvodne sposobnosti rastišč (SP). Za ugotavljanje SP po tej poti so primerni sestoji, katerih starost je vsaj 90 let, se pravi pri tisti starosti, ko se višinsko priraščanje močno upočasni in ko je povprečen volumenski prirastek blizu svoje največje vrednosti.

2. Smiselno je ugotavljanje proizvodne sposobnosti gozdnih rastišč (SP) po rastiščnih enotah, ki predstavljajo skupine rastišč, pri katerih so individualne razlike v SP med rastišči manjše od 2,5 m³/hektar/leto. Uspešno in učinkovito je oblikovanje rastiščnih enot po vegetacijskih (sintaksonomskih) enotah na ravni subasociacij, geografskih variant in celo asociacij. Izjemoma

se lahko zgodi (npr. rastiščni enoti Velika Kopa in Šoštanj), da podrobnejša členitev po tej poti ni izvedljiva.

3. Odkloni v ocenah proizvodne sposobnosti gozdnih rastišč (SP) v mejah iste rastiščne enote pozitivno korelirajo z ustreznimi indeksi floristične podobnosti med vegetacijskimi popisi. To dokazuje, da floristična sestava vegetacijskih popisov iz iste sintaksonomske kategorije v večini primerov zadovoljivo indicira rastiščne spremembe.

4. S posrednim ocenjevanjem rastiščnih razmer z rastlinami in njihovimi fitoindikacijskimi vrednostmi (ELLENBERG et al. 1992) nismo odkrili pomembnejših razločkov med rastiščnimi enotami. Frekvenčne analize ocen posameznih okoljskih parametrov, kot so svetlobne in toplotne razmere, kontinentalnost podnebja, vlažnost in kemična reakcija tal, ne diferencirajo rastiščnih enot. Izjemo predstavlja indikacija dušičnih spojin v tleh, ki razločno oddeli distrična rjava tla v rastiščni enoti Mamolj od drugih.

Poizkusimo pojasniti navidezno neskladje med indeksi floristične podobnosti, ki so omogočili pregledno in uporabno klasifikacijo in tudi ordinacijo vegetacijskih popisov na eni, in neobčutljivostjo fitoindikacijske metode na drugi strani. Pretežna večina bukovij, vključno z jelovimi bukovji, zavzema v dvorazsežni (vlažnost in kemična reakcija tal) ordinacijski shemi bolj ali manj sredinski položaj. To pomeni, da uspevajo v dokaj izravnanih rastiščnih razmerah, se pravi v ožje omejenem diapazonu vrednosti imenovanih gradientov. Poleg tega sta bukev in jelka izrazito sencovzdržni drevesni vrsti in močna edifikatorja, kar pomeni, da v razmerah dolgotrajnega nemotenega razvoja soustvarjata rastlinske združbe, ki učinkovito modificirajo splošne podnebne razmere in ustvarjajo čvrsto notranje okolje (fitoklima), to pa učinkuje izenačujoče in selektivno. Prav zato ni mogoče pričakovati, da bi z omenjeno fitoindikacijsko metodo utegnili zaznati pomembnejše odtenke in razločke.

5. Z ordinacijo vegetacijskih popisov na posameznih vzorčnih ploskvah lahko ugotovimo, da je desetino (9,16 %) razločkov med njimi, ki izhajajo iz floristične sestave, mogoče pojasniti z rodovitnostjo oz. produktijsko sposobnostjo rastišča (SP), saj razvrstitev vegetacijskih popisov na drugi ordinacijski osi približno sovпада z ugotovljenimi vrednostmi za SP. Prva ordinacijska os naj bi pojasnila kar četrtno (25,02 %) razločkov med vegetacijskimi popisi na temelju floristične sestave. Ekološka interpretacija nakazanega gradienta pa ni lahka. Ker je nakazano grupiranje vegetacijskih popisov z manjšimi vrednostmi abscis na lokacijah z izrazitejšimi poletnimi padavinskimi upadki, na lokacijah z manj izrazitimi padavinskimi upadki pa lahko ugotovimo večje vrednosti na abscisni osi, bi najbrž kazalo iskati ekološko razlago v podnebnem kompleksu.

6. Raziskava je nakazala možnost ugotavljanja produktijske sposobnosti rastišča (SP) tudi s floristično sestavo fitocenoz, vendar pa je njen prispevek pri identifikaciji razločkov v SP sorazmerno skromen (9,16 %). Prav zato bi kazalo tudi v prihodnje v ta namen uporabljati zgornjo višino oziroma rastiščni indeks (SI). Čeprav je bila uporaba rastiščnega indeksa sprva strogo omejena na čiste in enodobne sestoje, smo na obravnavanem primeru spoznali, da je rastiščni indeks mogoče uporabljati tudi v enomernih sestojih, za katere pa ni nujno, da so bili strogo enodobni, saj so nastajali z naravnim pomlajevanjem v različno dolgih pomladitvenih dobah.

Interdependence between Site Productivity and Floristic Composition in Beech Forests in Slovenia

Summary

Knowledge about sites and their characteristics is the basis on which contemporary management is based in the forests. The main goal of studies of sites is usually to recognise ecological factors and site productivity (SP). In the last decades the SP has been established by means of a site index (SI). The method has a disadvantage of being useful only in uniform and even-aged pure stands. Many sites overgrown by the beech forest occur in Slovenia. They are not strictly even-aged because they originate from natural regeneration, which has taken place during the regeneration period of 20 years and over. When these stands grow up to the optimum developmental phase they become uniform. In the investigation presented we tried to find out, if the site productivity established by means of a site index in such stands is an appropriate estimator for SP. The further scope of investigation is to determine, whether the syntaxa on the subassociation level is a suitable frame for forming a site unit that would be a basic unit for establishing the SP. Through the investigation we examined, if the floristic composition of plant community could be used directly for assessing a SP by means of phytoindicator values of plants. For this purpose a clustering procedure and a procedure of ordination with data of relevées were performed. 18 site units were included in the investigation, which are the most widespread in the beech and fir-beech forests in Slovenia. In each site unit 5 sample plots were chosen from the mature beech stands. On these 90 sample plots the following analyses were performed:

- Stand analysis (establishing of growing stock and total volume production)
- Tree and stem analysis including dendrochronological analysis for every tree (height and dbh growth for each one)
- creating syntaxa classification (by means of relevées).

For this purpose all of trees were cut down with stems cut into 7 to 10 sections for getting stem discs.

The average age of analysed stands on sample plots ranged from 94 - 196 years. Established total volume production (TVP) served as a basis for a SP, because all of analysed stands were fully stocked. Simultaneously, the thinning has not yet been carried out in the stands, or it has been performed in the previous decade. The estimate for SP derived from TVP served as a basis for the comparison with the estimate for SP derived from site index.

Established SP by means of TVP ranged from 4.4 to 12.8 m³ha⁻¹year⁻¹ and 4.2 to 10.8 m³ha⁻¹year⁻¹, latter data refer to SP established by means of a site index. The estimates for SP derived from SI are lower than estimates derived from TVP. The main cause for these differences (bias) is not enough respected differences between chronological and development age of trees. The shade-effect in the regeneration period was underestimated. All of analysed stands have been regenerated in a shelter wood system, which means that the trees up to the age of 10 to 20 years have been strongly affected by mother (old) trees.

The differences between a SP derived from SI and SP derived from TVP are lower than 10 % on 15 site units; therefore we consider that a SI can serve as a good basis for establishing a SP in forests like these, which were taken into analyses. Only one prerequisite ought to be given, the stands, which serve for establishing a SI should be older than 90 years.

The majority of analysed site units show that the differences among estimators within site units for the SP derived from a TVP are in the interval of 2,5 m³ha⁻¹year⁻¹. Exceptions are 3-site units with a greater interval. On one of them the interval could be reduced in a way to divide a site unit into subunits by means of zones (belts) according to the altitude. In two site units, subdivision by means of ecological factors was unsuccessful.

A floristic composition similarity expressed by Horn's modification of Morisita similarity index corresponds very well with differences in the SP, but only within the site units. Just the opposite, similarity index could not be used as an indicator of differences between site units, because only 9.16 % of the total variance in the floristic compositions is explained by the factor, which corresponded by a SP.

The analysis of ecological factors by means of phytoindicator values shows that differences between the site units are very small. The only exception is a supply of nitrogen, which varies in a great range according to the site units. The explanation for such a result could be that beech forest performs its own stable climate and that beech forest grows in sites where the analysed ecological factors are similar (light, temperature, continentality, reaction (pH), moisture).

By the results of this investigation we conclude that establishing of an SP will be further performed in the future by means of a site index and yield tables. We suggest the method should be implemented by the use of its own and TVP growth curves, which involve specifics of the site units. It means that each site unit has its own site class and its own shape of growth curves. The common yield tables have the same shape of growth curves for all of the site classes (same degree of convergence), but different limit values.

Viri / References

- ASSMANN, E., 1961. *Waldertragskunde*.- München, Bayr. Landw. Verlag, 492 s.
- BRAUN-BLANQUET, J., 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*.- Springer. Berlin, Wien, New York, 865 s.
- DAUBENMIRE, R. F., 1976. The Use of Vegetation in Assessing the Productivity of Forest Lands.- *Bot. Rev.* 42 (2) s. 115-143.
- ELLENBERG, H. / WEBER, H. E. / DÜLL, R. / WIRTH, V. / WERNER, W. / PAULSEN, D., 1992. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*.- *Scripta Geobotanica*, Vol 18, Göttingen, 259 s.
- HALAJ, J. / GRÉK, J. / PÁNEK, F. / PETRÁŠ, R. / ŘEHÁK, J., 1987. *Rastove tabulky hlavných drevín ČSSR*.- *Príroda*, Bratislava, 361 s.
- HAVEL, J. J., 1980. Application of Fundamental Synecological Knowledge to Practical Problems in Forest Management. I. Theory and Methods. - *For. Ecol. Management*, 3, 1980, s. 1-29.
- HAVEL, J. J., 1980. Application of Fundamental Synecological Knowledge to Practical Problems in Forest Management. II. Application. - *For. Ecol. Management*, 3, 1980, s. 81-111.
- HORN, H. S., 1966. Measurement of "Overlap" in Comparative Ecological Studies.- *Amer. Nat.*, 100, s. 419-424.
- KOŠIR, Ž., 1992. Vrednotenje proizvodne sposobnosti gozdnih rastišč in ekološkega značaja fitocenoza.- MKGP RS, Ljubljana, 58 s.
- KOTAR, M., 1983. Ugotavljanje proizvodnih sposobnosti gozdnih rastišč in njene izkoriščenosti.- *GozdV*, 41, 3, s. 97-109.
- KOTAR, M. / ROBIČ, D., 1990. Povezanost proizvodne sposobnosti rastišča z nekaterimi ekološkimi dejavniki.- *GozdV*, 48, 5, s. 225-243.
- KOTAR, M., 1995. Site Productivity on Sites Overgrown by Spruce and Bech Forests.- *Lesnictvi-Forestry*, 41, 10, s. 449-462.
- LLOYD, F. / HAFLEY, W., 1977. Precision and the Probability of Misclassification in Site Index Estimation.- *Forest. Sci.* Vol. 23, No. 4, s. 493-499.
- LOWRY, G. L., 1976. Forest Soil - Site Studies of Black Spruce (*Picea Mariana*).- In: *Quantitative Studies of Site Factors and their Influence on Growth of Stand. Working group 5 - Section 21 - Research on site factors*, XV. IUFRO Congress, Gainesville, Florida USA March 14-20, 1971. s. 235-255.
- MITSCHERLICH, G., 1971. *Wald, Wachstum und Umwelt*.- J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, I., II., III.
- MORISITA, M., 1959. Measuring of Interspecific Association and Similarity between Communities.- *Mem. Fac. Sci. Kyushu U.*, ser. E (Biol.), 3, s. 65-80.
- PIELOU, E. C., 1984. *Interpretation of Ecological Data*.- John Willey et Sons, New York, etc. 263 p.
- VAN DER MAAREL, E. 1979. Transformation of Cover-abundance Values in Phytosociology and its Effects on Community Similarity.- *Vegetatio* Vol. 39-2, s. 97-114.
- VANCLAY, J., 1992. Assessing Site Productivity in Tropical Moist Forest: a Review.- *Forest Ecol. Management*, 54, 1992, s. 257-287.