

Matić V.

**TAKSACIONI ELEMENTI PREBORNIH ŠUMA JELE,  
SMRČE I BUKVE NA PODRUČJU BOSNE**

## PREDGOVOR

Sve do 1952. godine nisu vršena nikakva ispitivanja zapreminskog prirasta u šumama Bosne i Hercegovine.<sup>1</sup> Zbog toga se moralo kod ocjena godišnjeg prirasta u praksi oslanjati na rezultate izvršenih ispitivanja u drugim zemljama, uprkos tome što se nije moglo računati sa realnim ocjenama zbog različitih stanišnih uslova, zbog eventualnih različitih ekotipova, činjenice da i strani rezultati za preborne šume počivaju na izvornom materijalu malog obima itd.

Bez poznavanja zapreminskog prirasta ne može se doći do obima sječa na bazi kontinuiteta u gospodarenju šumama, a prema tome, ni do utvrđivanja sirovinke baze za kontinuelan rad industrije drveta. Ovi su se problemi ispriječili pod konac 1952. godine, kada je trebalo pristupiti izradi perspektivnog plana za ove dvije privredne grane. Tada je riješeno da se u 1953. godini izvrše što obimnija ispitivanja zapreminskog prirasta i na taj način ubrza rad s kojim je započeto godinu dana ranije. Odlučeno je, dalje, da se težište postavi na jelove, smrčeve i bukove šume, kao na privredno najvažnije.

U 1953. godini obavljena su vrlo obimna snimanja. Na kraju godine raspolagali smo materijalom od 227 privremenih oglednih parcela, koliko ih je do tada položeno u spomenutim šumama. Budući da je u pogledu izrade spomenutog plana utvrđivanje godišnjeg zapreminskog prirasta bilo vrlo hitno, obrađen je dobiveni materijal i izvršen obračun prirasta 1954. godine. Rad je štampan kao edicija Zavoda za privredno planiranje NR BiH početkom 1955. godine (19). On je imao karakter prethodnog izvještaja. Stoga je primijenjen i jednostavan način obrade.

Zbog kratkog perioda vremena od kada su se prašume počele prevoditi u privredne šume, kao i zbog odsustva jednog ujednačenog gledišta kako one treba da izgledaju i kakav treba da bude put do njihovog ostvarenja, sastav sastojina je vrlo šaren; postoje svi mogući prelazni oblici od tipičnih prebornih sastojina do sastojina sa jako izraženim prašumskim karakteristikama. To, naravno, povlači veliku varijabilnost. Stoga smo smatrali da se sa 227 položenih oglednih parcela neće moći doći do zadovoljavajućih rezultata u pogledu tačnosti nego da njihov broj treba povećati na oko 400. U narednih 5 godina položeno je još 156 novih parcela, tako da se ukupan njihov broj popeo na 383. Koncem 1958. su završena taksaciona snimanja i pristupilo se definitivnoj obradi prikupljenog materijala.

Snimanja na terenu obavile su terenske sekcije, koje je vodio Ing. Stojadinović Đorđe, stručni saradnik, a povremeno Ing. Drinić Petar i Ing. Sto-

1) Odjeljenje za uređivanje šuma bivše Direkcije šuma u Banjoj Luci, koje je vodio Dr. Zubović, pred II Svjetski rat postavilo je 12 stalnih oglednih parcela u tom cilju, ali su one propale za vrijeme rata.



janović Ostoja, asistenti. Članovi sekcije su bili studenti završene III godine, (odslušane dendrometrije) i apsolventi. U 1953. godini, kada su izvršena vrlo obimna snimanja, rad na terenu su kontrolisali i davali uputstva, pored spomenutih, još osam iskusnijih stručnjaka. U toj godini je angažovano oko 80 studenata sa fakulteta u Sarajevu, Beogradu i Zagrebu.

Obradom je neposredno rukovodio sam autor ovog rada, jer se radilo o metodama koje nisu razrađene za primjenu u ovoj oblasti. U vezi pripreme materijala složenije poslove je obavio Ing. Stojadinović Đorđe, a lakše drugarica Žic Galina, pomoćni laborant. Ona je, pored toga, obavila vrlo mnoge i obimne tehničke poslove u pogledu analize dobivenih rezultata, izrade tablica i drugih sličnih zadataka. Za obračun podataka za normalne jednačine, za njihovo rješavanje i obračune u vezi sprovođenja sukcesivnih aproksimacija angažovano je oko 15 lica iz redova šumarskih inženjera i tehničara, računovodstvenih i drugih stručnjaka, kao i povremeni honorarni saradnici.

Radovi su finansirani od strane operative putem Zavoda za uređivanje šuma NR BiH, danas Preduzeća za uređivanje šuma u Sarajevu. Finansijska strana nije predstavljala nikakve teškoće, što se ima uglavnom zahvaliti drugu Ing. Dučiću Milanu, direktoru ovog Preduzeća. On je uložio mnogo truda u vezi sa obezbjeđenjem sredstava. Pored toga ustanova, na čelu koje je stajao, vršila je velik dio računskih poslova u periodu 1953 do 1959 i na taj način nam olakšala rad.

## A) PROBLEM

Operativa zadatak nije postavila široko; on se sastojao u tome da se izrade tablice zapreminskog prirasta u jelovim, smrčevim i bukovim sastojinama na području NR BiH, na osnovu kojih će se ocjenjivati prirast pri izradi uređajnih elaborata. Budući da zapreminski prirast vrste drveta zavisi od boniteta staništa, sklopa, njenog omjera smjese, omjera smjese drugih vrsta, itd., bilo je jasno već prilikom pristupanja ovom velikom poslu da se neće doći do zadovoljavajućeg rješenja bez obuhvatanja uticaja svih ovih taksacionih elemenata. Stoga su u okviru terenskih radova izvršena sva ona snimanja koja su bila potrebna za njihovo utvrđivanje kod pojedinih opitnih parcela. Odabrani su oni elementi za koje se pretpostavljalo da spadaju među uticajnije na zapreminski prirast, ako se njihovo utvrđivanje inače vrši prilikom izrade uređajnih elaborata ili se mogu lako utvrditi.

Zahvaljujući tome, bili smo u mogućnosti da u okviru obrade znatno proširimo zadatak. Prvo, da utvrdimo veličine većeg broja taksacionih elemenata i drugo, da osvijetlimo njihove međusobne zavisnosti, tj. da utvrdimo zakonitosti koje postoje u tom pogledu. Na taj način će se poznavanje odnosa u našim prebornim šumama znatno proširiti i istovremeno doći do osnova za gazdovanje sa njima. Od toga će naročito veliku korist imati uređivač šuma koji će dobiti osnove za rješavanje mnogih problema iz oblasti uređivanja šuma.

U prvom dijelu ovog rada biće obrađeni taksacioni elementi stabla, a u drugom elementi sastojina.

U okviru prvog dijela najprije ćemo obraditi visine jelovih, smrčevih i bukovih stabala naših prebornih sastojina, kao i neka pitanja koja su u ne-



posrednoj vezi s njima. To je problem broja zapreminskih tablica koje se primjenjuju kod uređajnih radova i uticaj doznake na visine stabala u sastojini. Poslije toga ćemo preći na projekcije krune stabla, a zatim na njegov godišnji prirast u debljinu (debljinski prirast) i u visinu (visinski prirast), godišnji prirast stabla s obzirom na zapreminu (zapreminski prirast) krupnog drveta (iznad 7 cm debljine), procent prirašćivanja zapremine stabla, i na kraju na godišnji zapreminski prirast stabla po  $m^2$  projekcije njegove krune. Zavisnost veličine svih ovih taksacionih elemenata biće razmatrana, prije svega, od debljine stabla — debljinskog stepena kome stablo pripada s obzirom na njegovu debljinu u prsnoj visini, a zatim od boniteta staništa, izraženog pomoću visine stabala, sklopa, omjera smjese itd. Na kraju prvog dijela daćemo još prikaz zavisnosti pobrojanih vrsta prirasta i od starosti. Drugim riječima, pokušaćemo da osvijetlimo pitanje rastenja stabala u našim prebornim sastojinama. Ovdje treba već da se istakne da će to imati orijentacionu vrijednost s obzirom na tačnost.

U drugom dijelu biće obrađena ukupna površina projekcija kruna u sastojini, stepen međusobnog prekrivanja kruna, broj stabala i njihova zapremina, godišnji zapreminski prirast svih stabala u sastojini, naravno, po vrstama drveta, i na kraju, procent prirašćivanja zapremine pojedinih vrsta drveta. Kao i u prvom dijelu, biće i ovdje provedena analiza zavisnosti veličine svakog ovog taksacionog elementa od drugih.

U toku naših izlaganja nećemo se ograničiti samo na konstatacije veličine pojedinih taksacionih elemenata i njihove međusobne zavisnosti nego ćemo pokušati da, u granicama mogućnosti, damo i objašnjenje konstatovanih pojava.

Međusobne odnose pojedinih taksacionih elemenata preciziraćemo matematski, pomoću funkcija. One će poslužiti kao baza za izradu taksacionih tablica. U ovom radu ograničićemo se na razradu metoda rada za njihovu izradu, a same tablice biće štampane u posebnoj ediciji.

## B) OPĆE KARAKTERISTIKE IZVORNOG MATERIJALA

Prilikom raspodjele parcela težilo se da u ukupnom njihovom broju budu zastupljena sva uža područja unutar areala jele, smrče i bukve u Bosni. Parcele su postavljene po cijeloj Bosni. Stoga postoje osnovi za očekivanje da će u ukupnom njihovom broju biti zastupljeni svi važniji tipovi šuma ovih triju vrsta, sa približno onim istim procentom sa kojim oni participiraju na ukupnoj površini njihovih šuma. To opravdava očekivanje da će se doći do dobrih prosjeka za Bosnu, i onda ako postoje između tipova šuma veće razlike s obzirom na pojedine taksacione elemente.

Veličina parcela iznosila je oko 1 ha.

Kako je u predgovoru istaknuto, snimanja na terenu vršena su u toku nekoliko godina. Po godinama je izvršeno snimanje sljedećeg broja parcela:

Godina:	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	Σ
Broj parcela:	2	225	18	54	38	28	18	383

Prilikom snimanja na terenu u 1953. godini uzimani su radi ustanovljenja prosječne širine goda izvrtci sa Presslerovim svrdlom od 6 godina (19), a u svim ostalim godinama od 10 godina. Stoga su u rezultatima, kod



čijeg se izvođenja javio debljinski prirast, direktno ili indirektno, predstavljene pojedine godine sa sljedećim brojem parcela:

Godina:	1944	1945	1946	1947	1948-1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957
Broj parcela:	23	77	115	375	383	381	156	138	84	46	18

Obuhvaćen je period od 14 godina. Pretpostavljamo stoga da su dosta dobro obuhvaćena kolebanja godišnjeg prirasta, koje je inače vrlo veliko, i da se rezultati neće moći osjetnije razlikovati od dugogodišnjih prosjeka.

Raspodjele parcela s obzirom na njihove nadmorske visine, ekspozicije i inklinacije prikazane su u tablicama 1, 2 i 3.

#### RASPODJELA PARCELA S OBZIROM NA NADMORSKE VISINE

Tablica 1

Nadm. visina:		do 450	451-650	651-850	851-1050	1051-1250	1251-1450	Preko 1450
Parcele u kojim ima:	jele:	6	18	41	70	75	35	16
	smrče:	—	6	25	41	73	35	17
	bukve:	20	49	58	86	65	31	15

#### RASPODJELA PARCELA S OBZIROM NA EKSPOZICIJE

Tablica 2

Ekspozicija:		S	SI	I	JI	J	JZ	Z	SZ
Parcele u kojim ima:	jele:	47	58	17	15	17	27	36	44
	smrče:	33	36	15	13	9	28	31	32
	bukve:	57	67	23	18	17	33	46	63

#### RASPODJELA PARCELA S OBZIROM NA INKLINACIJE

35 Tablica 3

Inklinacija:		do 5°	6-10°	11-20°	21-25°	26-30°	31-30°	35°
Parcele u kojim ima:	jele:	43	57	60	38	35	20	8
	smrče:	40	51	36	27	18	16	9
	bukve:	39	58	82	57	40	27	23

Pojedine kategorije iz tablica 1 do 3 zastupljene su u ukupnom broju parcela uglavnom s istim onim procentom s kojim su one zastupljene u ukupnoj šumskoj površini naših triju vrsta. Ovu tvrdnju zasnivamo na činjenici da se prilikom izbora mjesta nije mnogo vodilo računa o nadmorskoj visini, ekspoziciji i inklinaciji. To isto važi i za geološki supstrat. Od ukupnog broja parcela na kojim je bila zastupljena jela, otpada 73% na parcele sa podlogom od krečnjaka. Takvih parcela bilo je kod smrče 69% i bukve 57%. Ostale parcele nalazile su se na serpentinu, dolomitu i dr. Zbog toga što nismo raspolagali stručnjacima za tačno utvrđivanje geološkog supstrata i tipova zemljišta, morali smo se odreći daljnjeg razvrstavanja.

Odnos kategorija s obzirom na bonitet staništa i sklop nije isti u našem materijalu i u šumama. Površine sa najboljim i najlošijim stanišnim uslovima su vrlo rijetke. Isto važi i za površine sa malim stepenom sklopa. Iz bojazni da ne ostanemo bez parcela takvih kategorija, nastojalo se da se pronađu odgovarajuća mjesta za parcele. Zbog toga su takve kategorije nešto zastupljenije među parcelama nego u šumama. Odnos broja parcela takvih

kategorija prema drugim, vidjeće se iz naših izlaganja i neće se posebno ovdje iznositi.

To važi donekle i za kategorije s obzirom na zastupljenost tankih i debelih stabala. Nastojalo se da budu zastupljeni među parcelama i ekstremi u tom pogledu.

Prilikom izbora mjesta za parcelu bilo je od presudnog značaja da li ono odgovara osnovnim zahtjevima: prvo, da su jednoobrazne stanišne i sastojinske prilike, drugo, da nije izvršena sječa u posljednjih nekoliko godina, i treće, da parcela ima približno 1 ha. Kad smo za utvrđivanje širine godova uzimali 6 godova u izvrtku (1953.), nije dolazilo u obzir mjesto za postavljanje parcela ako je sječa bila izvršena prije 4 godine ili manje, a kad je vršeno na bazi 10 godova, onda nije dolazilo u obzir mjesto ako je sječa izvršena u proteklih 7 godina. Razlozi su izneseni u spomenutom prethodnom izvještaju.

Uprkos tome što se kod izbora mjesta za postavljanje parcela vodilo računa o tome da u ukupnom njihovom broju budu zastupljene i one kategorije koje su vrlo rijetke, ipak smatramo da nije povrijeđen princip izbora metodom slučaja. Ovu tvrdnju zasnivamo na činjenici da lice koje je vršilo izbor mjesta za parcelu nije moglo ni da nasluti kakav će biti npr. prirast zapremine na jednom mjestu u odnosu na isti taj prirast na drugom, jer su ostali taksacioni elementi, od kojih i zavisi njegova veličina, vrlo različni. Ne postoje nikad dvije parcele sa istim „ostalim“ elementima. Prema tome, nije ni moguće sistematsko provođenje nekih težnji, kao što je odabiranje mjesta sa velikim zapreminskim prirastom i slično.

Pri obradi pojedinih taksacionih elemenata osvrtaćemo se još na odgovarajuće osobine materijala. Iz naših daljih izlaganja vidjeće se prednosti takve raspodjele materije.

Kako je već istaknuto u predgovoru, u Bosni još nisu formirane sastojine dobrog prebornog sastava. Provođenjem sistematskih doznaka na usvojenim principima pomjeraće se postepeno prema današnji njihov sastav. Stoga i rezultati, do kojih ćemo doći na osnovu izvršenih snimanja, neće imati trajnu vrijednost nego vremenski ograničenu. Za 3—4 decenija ukazaće se kao potrebno da se vrše korekcije.

### C) OPĆENITO O METODICI RADA

U spomenutom prethodnom izvještaju prikazani su metodi snimanja na terenu kao i obračuna taksacionih elemenata unutar parcele i nema potrebe da se to ovdje ponavlja. Osvrnućemo se samo na neke izmjene odnosno dopune koje su provedene u periodu 1954—1959.

Prilikom snimanja u 1954. godini i narednih godina utvrđivana je prosječna širina godova na bazi izmjerenih 10 godova na izvrtku. Ova izmjena je učinjena zato što se vrlo velikim smanjenjem obima terenskih radova u odnosu na 1953. godinu dobilo više vremena za izbor mjesta za parcele, bez žurbe, te su se mogli postavljati teži uslovi (da nije sječa, umjesto u toku 4 god. izvršena u posljednjih 7—10 godina).

U cilju utvrđivanja stepena sklopa na parcelama iz 1954—1958 godine polagane su međusobno paralelne i 10 m udaljene vizure, duž kojih su izmjereni potezi koji se nalaze ispod krana stabala sa prečnikom od 10 cm i većim, kao i potezi kod kojih nije bilo takvih stabala. Sa tim podacima je postignuto dvoje: prvo, utvrđen je sasvim pouzdano stepen sklopa, i



drugo, izvršene su korekcije površine projekcija kruna i stepena međusobnog njihovog prekrivanja, do kojih se došlo na osnovu izvršenih snimanja metodom koji je izložen u prethodnom izvještaju. Naime, na osnovu dobivenih veličina projekcija kruna i stepena prekrivanja, obračunat je i stepen sklopa. Na osnovu veličine razlike na jedan i drugi način obračunatog stepena sklopa izvršene su korekcije, mijenjajući i veličine projekcija kruna i stepena međusobnog prekrivanja dok se ta razlika nije izgubila. Na taj način se došlo, po našoj ocjeni, do dovoljno tačnih osnovnih podataka za ova tri elementa kod parcela koje su položene u periodu 1954—1958.

U našoj praksi je bonitiranje staništa za jelu i smrču vršeno po istim krivuljama visina. Na taj način izvršeno je bonitiranje staništa jele i smrče kod parcela prilikom izrade prethodnog izvještaja.

Zbog znatne razlike u visini stabala ovih dviju vrsta (uz isti prečnik) amplituda od najlošijih do najboljih staništa, nije primjenom istih bonitetnih krivulja podijeljena u jednake intervale (izražena visinom stabala). Kod smrče je amplituda I-og bonitetnog razreda bila mnogo veća nego amplituda V-og razreda i u praksi uređivanja šuma konstatovano je, da šuma V-og boniteta za smrču skoro i nema. Drugi slučaj je bio kod jele, samo u daleko manjoj mjeri jer je kod izrade bonitetnih krivulja participirala jela u osnovnom materijalu sa  $\frac{2}{3}$ , a smrča sa  $\frac{1}{3}$ . Zbog toga su u međuvremenu za smrču izrađene nove bonitetne krivulje visina (8), a stare su zadržane samo za jelu. Zbog te izmjene, izvršeno je novo bonitiranje staništa za smrču kod svih parcela. Prema tome, boniteti staništa za smrču nisu identični sa onim koji su izneseni u prethodnom izvještaju.

Način obrade materijala u ovom radu bitno se razlikuje od onog koji je primjenjen u prethodnom izvještaju. Zbog kratkog roka, a naročito zbog toga što je tek predstojala definitivna obrada, u prethodnom izvještaju primjenjen je jednostavan i jeftin postupak. Prilikom izbora metoda za konačnu obradu stajali smo na stanovištu da se primjeni onaj pomoću koga će se dobiti najbolji mogući rezultati, mireći se s vrlo velikim troškovima za ostvarenje takvog gledišta.

Ako jedna pojava zavisi od više faktora, onda postupne analize njene zavisnosti od jednog, drugog i ostalih faktora neće dati rezultate koji realno ocrtavaju tu zavisnost. Do realnih rezultata u jednom i u drugom pogledu može se doći ako se analizom zavisnosti pojave obuhvate istovremeno svi faktori. Takve analize poznate su pod imenom regresivnih analiza.

Naši taksacioni elementi su pojave koje zavise od niza faktora. Tako npr. veličina zapreminskog prirasta jedne vrste zavisi od boniteta staništa za tu vrstu, sklopa, omjera smjese drugih vrsta, raspodjele njenih stabala po debljinskim stepenima itd. Do realnog osvjetljavanja zavisnosti veličine prirasta od svih ovih faktora — faktora koji se mogu susresti u praksi, i do utvrđivanja kolika je veličina prirasta za svaku kombinaciju, — može dovesti jedino regresivna analiza (inače praksa nema potpune koristi). Stoga je riješeno da se obrada izvrši na taj način.

Zbog posebnih razloga morali smo prilikom primjene regresivne analize izvršiti neke modifikacije. Njih su usloveli priroda našeg polaznog materijala, s jedne strane, i naša neopremljenost za precizno izvođenje ogromnih računskih radnji kao i nedostatak kadrova, s druge strane. Stoga ćemo u toku našeg izlaganja prikazati detaljno metode obrade, vežući to neposredno uz obradu pojedinih taksacionih elemenata. Odvojeno izlaganje, na ovom mjestu bilo bi teško shvatljivo i zahtijevalo bi mnogo više prostora.



## D) TAKSACIONI ELEMENTI STABLA

### I VISINA STABLA

Prilikom obrade materije iz ove oblasti oslanjaćemo se uglavnom na krivulje visina, koje se izrađuju prvenstveno radi bonitiranja staništa i izrade zapreminskih tablica za potrebe uređivanja šuma. Stoga će one biti prve obrađene u ovom poglavlju, a zatim ona materija kod čije ćemo se obrade oslanjati neposredno na njih. Iza toga ćemo obraditi relativne odnose između visina jelovih, smrčevih i bukovih stabala u mješovitim sastojinama ovih vrsta i, na kraju, uticaj doznake na visine stabala u sastojini.

Rastenje stabala u visinu biće obrađeno kasnije, u poglavlju u kojem će biti obrađivano rastenje stabala ovih triju vrsta uopće.

#### 1) Krivulje visina stabala

##### a) Izrada krivulja visina stabala

Osnovni polazni materijal za izradu krivulja predstavljali su grafovi visina stabala pojedinih parcela.

Ovi su konstruisani grafički, na način koji se primjenjuje u našoj redovnoj uređajnoj praksi. Ovaj jednostavan način primjenjen je stoga što nismo raspolagali potrebnim brojem kvalitetnih kadrova koji bi na vrijeme izvršili konstrukciju grafova metodom najmanjih kvadrata, a na bazi dobrih funkcija, kao što je Levakovičeva (16). Na mjestu je čak i pitanje da li bi ogromnan utrošak vremena i sredstava u tu svrhu rezultati opravdali. Ne vjerujemo u to da bi se javile veće razlike između jednog i drugog načina. Sa lošim funkcijama dobili bi se metodom najmanjih kvadrata lošiji rezultati nego grafičkim putem.

Uticaj sklopa, raspodjela stabala po debljinskim stepenima kao i uticaj ostalih taksacionih elemenata, izuzev boniteta staništa i debljine stabla, relativno je malen na visinu stabala. Razlika u visini debelih stabala može da dosegne u ekstremnim slučajevima, kako navodi Mitscherlich (28), najviše 4 m, a kod tanjih stabala su te razlike mnogo manje. One nisu za praksu od većeg značaja. Stoga ćemo se ograničiti u ovom radu samo na uticaj boniteta staništa i, naravno, debljine stabla.

Kad je riječ o uticaju boniteta staništa na visinu stabala, nas interesira kakvi su međusobni odnosi između visine stabala na boljim i lošijim staništima, i to za razne debljinske stepene. Drugim riječima, kakav je međusobni odnos krivulja visina stabala za bolja i lošija staništa. Kad bi bila u pitanju samo ta svrha, onda ne bi bilo od nekog naročitog značaja pitanje koliko će se ići daleko u detaljisanju prilikom formiranja kategorija s obzirom na bonitet staništa odnosno pri određivanju broja krivulja visina.<sup>1)</sup> Međutim, kako ove služe za bonitiranje staništa i kao osnova za izradu uređajnih zapreminskih tablica, to se pri utvrđivanju broja krivulja visina moraju imati prvenstveno u vidu potrebe u ovom pogledu.

1) Kad je riječ o bonitetu staništa misli se na veličinu prinosa, tj. na količinu drveta koje se proizvede po godini i ha. Kod prebornog oblika on je jednak prirastu.



U našoj dosadašnjoj praksi imali smo za svaku vrstu drveta pet krivulja visina. Ako se misli na njihovo napuštanje i izradu novih, što je, kako ćemo uskoro vidjeti, postalo aktuelno, onda treba težiti za tim da budu što manje promjene u bonitetnoj dispoziciji. To znači da se ne mijenja bez prijeko potrebe broj krivulja visina, a zatim da u granicama mogućnosti bude što manje odstupanja novih i starih krivulja kod onih debljinskih stepena koji su bili odlučujući prilikom bonitiranja staništa. Naime, u tu svrhu su se koristila deblja stabla, saobrazno Fluryevom nalazu da se bonitet staništa ne ispoljava u visini stabala tanjih debljinskih stepenova (10).

Izmjerivši ogroman broj stabala u protekla 2 decenija, naša služba za uređivanje šuma utvrdila je dosta pouzdano amplitudu visina debljih stabala koja odgovara rasponu od najlošijih do najboljih staništa. Amplituda je podijeljena u pet jednakih intervala i na taj način je formirano pet bonitetnih razreda (7 i 8). Pošto se pretpostavljalo da korelacija između visine stabala i prinosa ima linearan karakter, to se vjerovalo da je jednako povećanje prinosa od razreda do razreda, naravno, idući odozdo prema gore.

Sredinom intervala povučene su krivulje koje su poznate pod imenom bonitetnih krivulja, i ako one ne služe samo za bonitiranje staništa; one su poslužile i za izradu zapreminskih tablica koje se primjenjuju pri uređajnim radovima. U tu svrhu su morale biti „produžene” sve do najtanjih debljinskih stepenova.

Prilikom izbora stepena detaljisanja u podjeli spomenute amplitude u intervale imale su se u vidu malo prije spomenute potrebe. Nisu tada vršene posebne analize na bazi naših prilika nego se sve manje-više svelo na korišćenje stranih iskustava u tom pogledu.

U toku primjene tih krivulja u praksi ispoljavalo se abnormalno često grubo neslaganje između grafova visina pojedinih odjeljenja odnosno odsjeka, čije se bonitiranje imalo izvršiti sa bonitetnim krivuljama, naravno, s obzirom na njihov tok; abnormalno često su grafovi presjecali dvije, pa i tri bonitetne krivulje. To je opravdalo sumnju u realnost bonitetnih krivulja. Stoga je u ovom radu i uzet zadatak da se one ispituju i, ukoliko se pokažu veći njihovi nedostaci, da se izrade nove.

U vezi s tim, kao prvi korak, razvrstali smo sve parcele na bonitetne razrede pomoću dosadašnjih bonitetnih krivulja, naravno, s obzirom na svaku vrst drveta ponaosob. Podvlačimo ponovno, da su pri tome korišćeni dijelovi grafova parcela odnosno bonitetnih krivulja koje se odnose na deblja stabla. Zatim su za svaku takvu grupu utvrđene prosječne krivulje visina. U tu svrhu su za svaku vrstu drveta, a unutar vrste za svaku grupu i debljinski stepen, izračunate aritmetičke sredine iz očitanih odgovarajućih visina stabala sa grafova i potom nanesene.

Broj parcela je iznosio:

Grupa (bonit. razred):	I	II	III	IV	V	Σ
jela	15	68	79	49	8	219
smrča	8	40	63	46	8	165
bukva	12	48	95	95	24	274

Spomenute aritmetičke sredine su na slici 1 označene s malim kružićima. Po izvršenom njihovom spajanju dobivaju se, kako se, vidi iz slike, već vrlo pravilne krivulje, što se ima zahvaliti obimnim snimanjima. Izuzetak



predstavljaju samo dijelovi kod nekih krivulja. Ovo se odnosi na desnu trećinu onih krivulja za jelu i bukvu koje odgovaraju najlošijim njihovim staništima, a donekle i na isti dio one krivulje za smrčcu koja odgovara najboljim njenim staništima. Razlog leži, naravno, u malom broju parcela za ta staništa, a zatim u malom broju onih, (od tih parcela) kod kojih je bilo debelih stabala. Tako npr. kod jele je od 8 parcela, koliko je bilo ukupno za najlošija njena staništa, bilo svega 4 kod kojih je bilo stabala debljinskog stepena od 57,5 cm. Prema jačim debljinskim stepenima, broj takvih parcela je još dalje opadao i iznosio je kod stepena 77,5 svega 2. Zbog toga je i taj dio krivulje vrlo nepravilan i nepouzdan.

Izjednačenje pojedinih krivulja je izvršeno grafičkim putem. Kod dobitvenih izravnatih krivulja visina, ako ih uzmemo kao cjelinu za svaku vrstu, nije se moglo ostati, uprkos velikoj njihovoj pravilnosti. One su imale dva nedostatka: prvi se sastojao u tome da nisu obuhvatale čitavu amplitudu visina debljih stabala koja je određena postojećim bonitetnim krivuljama, a drugi što između njih nije bio jednak razmak.

Prvo i drugo je nastupilo zbog toga što grafovi visina parcela nisu bili jednako raspoređeni unutar intervala koji odgovaraju pojedinim bonitetnim razredima postojeće bonitetne dispozicije, nego je, po pravilu, njih bilo više uz donju granicu kod I i II i uz gornju granicu kod IV i V bonitetnog razreda. To je i logično ako se ima u vidu raspodjela površina šuma na bonitetne razrede, što se odrazilo i na raspodjelu parcela u tom pogledu. Stoga je trebalo, kao drugi korak u spomenutom smanjenju odstupanja između naših krivulja visina za grupe i bonitetnih krivulja, izvršiti izvjesno pomjeranje prvih. S time u vezi nametnulo se pitanje kod kojeg debljinskog stepena treba da se izvrši to usklađivanje.

Dosadašnja ispitivanja su pokazala da u našim uslovima ne bi trebalo na najlošijim staništima uzgajati jelova i smrčeva stabla preko 50 cm pr. pr., a na najboljim preko 80 cm (18). Ista će situacija biti i sa bukvom. Prema tome, u kategoriju debljih stabala, čije visine dolaze u obzir prilikom bonitiranja staništa prema dosadašnjoj praksi, spadali bi, po pravilu, debljinski stepenovi od 30 do 50 cm na najlošijim staništima, a na najboljim staništima od 50 do 80 cm pr. pr. Debljinski stepen od 50 cm javlja se kod jednih i drugih i, uzevši sva staništa, zauzima skoro centralno mjesto u kategoriji jakih stabala. Zbog toga je on uzet kao mjesto kod koga treba ukloniti razlike između jednih i drugih krivulja.

U tom cilju su naše krivulje podignute odnosno spuštene na čitavoj duljini za isti procent, i to onaj koji je bio potreban da ih kod debljinskog stepena 50 dovede do potpune koincidencije sa odgovarajućim bonitetnim krivuljama.

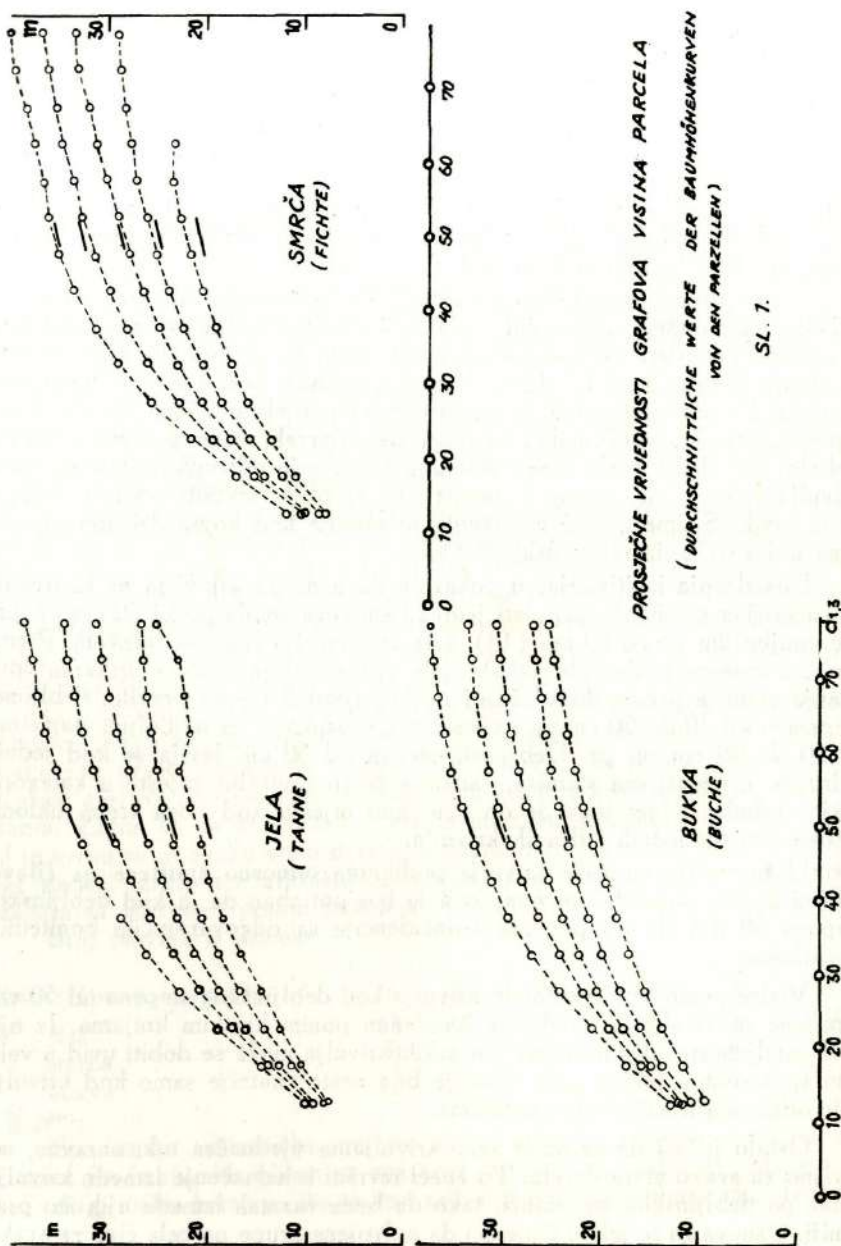
Visine postojećih bonitetnih krivulja kod debljinskog stepena od 50 cm, označene su na slici 1 sa deblje izvučenim punim kratkim linijama. Iz njihove udaljenosti od odgovarajućih naših krivulja može se dobiti uvid u veličinu spomenutog pomjeranja. Ono je bilo nešto znatnije samo kod krivulja koje odgovaraju najlošijim staništima.

Ostalo je još da se daje svim krivuljama ujednačen tok, naravno, nezavisno za svaku vrstu drveta. To znači izvršiti izjednačenje između krivulja visina po debljinskim stepenima, tako da bude razmak između njih što pravilniji. Osnova za to leži u činjenici da izdvojene grupe parcela čine za svaku



vrstu cjelinu i da mora postojati kontinuitet između njihovih prosječnih realnih krivulja visina.

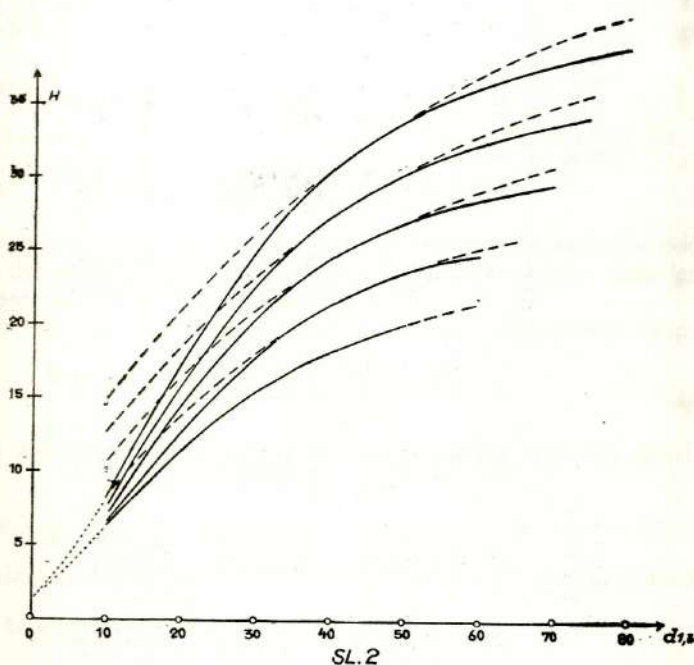
Ovdje se samo nameće pitanje, kojom funkcijom da se to izjednačenje izvrši. Spomenutim pomjeranjem ono je već zapravo izvršeno funkcijom pravca kod debljinskog stepena od 50 cm. Za jače debljinske stepene u do-



broj mjeri je tu funkciju predodredio sam način bonitiranja parcela odnosno formiranja grupa. Ono je izvršeno na bazi odnosa grafova visina parcela i postojećih bonitetnih krivulja, čiji je međusobni razmak jednak. Pitanje se stoga odnosi prvenstveno na tanja i srednja stabla.

Iz prikazanih krivulja na sl. 1, kod kojih nije vršeno nikakvo izjednačivanje ni njihovo pomjeranje, vidi se da njihovi međusobni razmaci ne predodređuju nikakve određene krivulje za izjednačenje unutar istih debljinskih stepena. Nakon njihovog izjednačenja po dužini i spomenutog pomjeranja, situacija se u tom pogledu nije izmijenila. Stoga je za ovo izjednačenje uzeta funkcija pravca. I ovo je izjednačenje izvršeno grafički, a zatim su izvršene još jednom male korekcije u izjednačenju po dužini krivulja gdje je to bilo potrebno.

Sa tako izjednačenih krivulja očitane su visine stabala i kao konačne unesene su u tablicu 4. Nisu izneseni podaci za one debljinske stepene kod kojih krivulja nije bila sasvim pouzdana zbog malog broja parcela. Dobi-vene krivulje za jelu prikazane su i na slici 2. sa punim linijama.



Na kraju ćemo se osvrnuti na primjenjeni postupak u vezi sa izjednačenjem.

Prilikom donošenja odluke za primjenu grafičkog puta za sva izvršena izjednačenja nije bilo presudno pojednostavljenje posla koje se time postiže. Izjednačenje metodom najmanjih kvadrata nije primjenjeno zbog posebnih razloga.



VISINE JELOVIH, SMRČEVIH I BUKOVIH STABALA U PREBORNIM ŠUMAMA NA PODRUČJU BOSNE  
(BAUMHÖHEN IN DEN TANNEN—FICHTEN—UND BUCHENPLENTERWÄLDERN IN BOSNIEN)

Tablica 4

d <sub>13</sub>	J e l a (T a n n e)					S m r č a (F i c h t e)					B u k v a (B u c h e)				
	Bonitetni razred (Höhenbonität)														
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
10	7,8	7,4	7,0	6,6	6,2	9,9	9,0	8,1	7,2	6,3	10,8	10,0	9,3	8,5	7,7
15	12,5	11,6	10,7	9,7	8,7	14,4	13,1	11,8	10,5	9,2	15,1	13,9	12,5	11,2	9,9
20	17,0	15,6	14,2	12,7	11,2	19,3	17,4	15,6	13,7	11,8	19,3	17,4	15,5	13,7	11,9
25	21,1	19,3	17,3	15,3	13,3	24,1	21,6	19,1	16,5	14,0	22,7	20,5	18,2	15,9	13,7
30	24,6	22,4	20,0	17,6	15,2	27,9	24,9	21,9	18,9	15,8	25,7	23,1	20,5	17,9	15,3
35	27,7	25,1	22,3	19,5	16,8	30,9	27,5	24,2	20,8	17,4	28,3	25,4	22,5	19,7	16,8
40	30,2	27,2	24,2	21,2	18,1	33,2	<b>29,6</b>	25,9	22,3	18,7	30,3	27,3	24,3	21,2	18,1
45	32,2	29,0	25,7	22,5	19,1	35,1	<b>31,3</b>	27,4	23,6	19,8	32,0	28,9	25,7	22,5	19,3
50	33,7	30,3	26,9	23,4	19,9	36,5	<b>32,6</b>	28,6	24,7	20,7	33,4	30,1	26,8	23,5	20,2
55	35,0	31,4	27,8	24,2	20,5	37,6	33,6	29,5	25,5	21,5	34,5	31,1	27,8	24,4	20,9
60	36,0	32,2	28,5	24,7	—	38,3	34,3	30,3	26,3	—	35,4	31,9	28,5	25,1	—
65	36,9	32,9	29,1	25,1	—	38,9	34,9	30,9	26,8	—	36,1	32,6	29,1	25,6	—
70	37,6	33,5	29,5	—	—	39,3	35,3	31,3	—	—	36,6	33,1	29,5	—	—
75	38,1	33,9	29,8	—	—	39,6	35,6	31,6	—	—	37,0	33,5	29,8	—	—
80	38,6	34,2	—	—	—	39,8	35,8	—	—	—	37,3	33,8	—	—	—

Prije svega, još ne postoje funkcije sa kojim se može postići sasvim zadovoljavajuće rješenje i čija je primjena jednostavna, bar koliko nam je poznato. U našem slučaju, gledajući izolovano samo izjednačenje dobivenih krivulja, zahtjev u tom pogledu treba da bude vrlo visok jer se radi o polaznom materijalu iz kog neposredno proizilaze vrlo pravilne krivulje. Ako se primjene funkcije koje nemaju te kvalitete, onda bi dobiveni rezultati bili lošiji nego što se postižu grafičkim izjednačenjem.

Pojednostavljenje postupka, koji primjenjuje Näslund u vezi sa izjednačenjem pomoću metoda najmanjih kvadrata na bazi funkcije:

$$h-1,3 = \frac{d^2}{(a+bd)^2}$$

(gdje je sa — h obilježena visina stabla, a sa — d njegov prečnik), nalazi se u oprečnosti sa suštinom ovog metoda (30). Naime, on zamjenjuje

veličinu:  $\frac{d}{\sqrt{y-1,3}}$

sa Z i dobiva funkciju pravca:  $\frac{d}{\sqrt{y-1,3}} = Z = a + bd$ ,

a zatim rješava koeficijente a i b na toj osnovi, primjenjujući spomenuti metod. S time se ne dobivaju, međutim, za parametre rješenja uz koje će

biti suma:  $\left( \frac{d^2}{(a+bd)^2} + 1,3 - h \right)^2$

minimalna, što bi bilo ispravno, nego rješenja uz koja će biti minimal-

na suma:  $\left( a + b \cdot d - \frac{d}{\sqrt{y-1,3}} \right)^2$

Budući da to nije isto, to se ovim pojednostavljenjem ne može doći do rješenja u duhu metoda. Ono može biti u najboljem slučaju samo približno i opterećeno je uvijek sistematskom greškom.

Ovo se tiče i postupka koji Prodan predlaže u vezi sa primjenom funkcije:  $h - 1,3 = \frac{d^2}{a + bd + cd^2}$

On zamjenjuje veličinu  $\frac{d^2}{h-1,3}$  sa z, te dobiva funkciju parabole drugog reda:

$$\frac{d^2}{h-1,3} = z = a + bd + cd^2$$

Rješavajući na toj osnovi koeficijente a, b i c, dolazi do onih njihovih rješenja

uz koje će suma:  $\left( a + bd + cd^2 - \frac{d^2}{h-1,3} \right)^2$

biti minimalna, a ne suma:  $\left( \frac{d^2}{a + bd + cd^2} + 1,3 - h \right)^2$

što je ispravno. Rješenja, prema tome, nisu ni u ovom slučaju u skladu sa suštinom metoda najmanjih kvadrata i opterećena su sistematskom greškom.

Ni od Levakovićeve funkcije:  $\eta = a \left( \frac{d}{1+d} \right)^b$ , gdje  $\eta = h - 1,3$ ,



ne mogu se očekivati, kako i sam autor navodi, rezultati one tačnosti koja bi nas mogla zadovoljiti. Pretpostavljamo ovdje pojednostavljenje postupka koji se zasniva na prevodenju funkcije u logaritamski oblik.

S ove tri funkcije i sa primjenom pojednostavljenog postupka o kojem je bila riječ dobila bi se lošija rješenja nego ona do kojih se dolazi grafičkim putem. Stoga njihova primjena u našem slučaju nije dolazila u obzir.

Sa primjenom Mihajlove funkcije (20)

$$\eta = a \cdot e^{-\frac{b}{d}}$$

dobili bi se bolji rezultati. To pogotovo važi za Levakovićevu funkciju (17)

$$\eta = \frac{a}{\left(1 + \frac{b}{\zeta c}\right)^d}$$

gdje je  $s$   $\zeta$  označen prečnik stabla. Izjednačenje na bazi jedne i druge funkcije zahtijeva relativno velike računске radnje. To ne bi trebalo da bude, međutim, opravdana prepreka za njihovu primjenu kad je u pitanju zadatak kakav je naš. Ali ne treba gubiti iz vida ni svrhu koja bi se postigla. Primjenom npr. Levakovićeve funkcije dobilo bi se vjerovatno bolje izjednačenje krivulja, čiji je osnovni materijal prikazan u slici br. 1, nego grafičkim putem, ali s time da se to sve dovede kasnije u pitanje izloženim pomjeranjima i izjednačenjima između krivulja. Ova se pak ne mogu mimoći; ne može se za istu vrstu drveta rješavati izjednačenje svake pojedine krivulje nezavisno od drugih, jer one, kako je već rečeno, čine cjelinu. Zakonitost u promjenama s obzirom na njihov tok, idući od jedne do druge, mora postojati, ali ona je nama nepoznata. Zahvaljujući tome mi smo, u cilju što bolje podudarnosti naših krivulja sa krivuljama postojeće bonitetne dispozicije kod debljinskog stepena 50 cm, izvršili spomenuta pomjeranja krivulja za jednake relativne iznose u svim debljinskim stepenima, iako postoji vjerovatnoća da to nije ispravno. Vrlo je mala vjerovatnoća da se promjene u visini stabala, idući od lošijih do boljih staništa, odigravaju na isti način kod svih debljinskih stepenova i da je prema tome, spomenuto izravnane pravcem bilo ispravno. U oblasti biologije linearne zavisnosti jedne pojave od druge, zahvaljujući spletu vrlo velikog broja faktora, su vrlo rijetke iznimke.

Primjenjujući izloženi postupak nismo došli, polazeći od grafički izjednačenih krivulja koje su prikazane u sl. 1, do onog rješenja koje bi bilo najbolje i koje bi, s obzirom na kvalitet, bilo adekvatno kvalitetu polaznog materijala. Da smo pošli od izravnatih krivulja sa najboljim funkcijama, ne štedeći trud, ne bismo došli do boljih rješenja, bar ne bitno boljih. Zbog toga nismo vidjeli pravu svrhu izjednačenja metodom najmanjih kvadrata, koristeći u tu svrhu, naravno, najkvalitetnije funkcije.

Odstupanja naših konačnih krivulja od onih krivulja do kojih bi se došlo najispravnijim postupkom, nama još najvećim dijelom nepoznatim, mogu da budu vrlo mala i za praksu bez ikakvog značaja. Ovo zbog toga što su pomjeranja, koja su uslijedila u vezi sa izjednačenjima i pomjeranjima krivulja radi uspostavljanja koincidencije naših krivulja sa krivuljama postojeće bonitetne dispozicije kod debljinskog stepena od 50 cm bila, uzevši ih u cjelini, vrlo mala. Spomenuta odstupanja mogu da iznose najviše koji decimetar. Radi eventualnog daljnjeg smanjenja tih odstupanja, i to za vrlo male iznose, primjena metoda najmanjih kvadrata za spomenuta



izjednačenja bila bi primjena metoda samo radi primjene. Njegova primjena ima potpuno opravdanje kad se radi o polaznom materijalu kod kojeg postoji veće rasturanje i kad ima nešto stvarno da se izjednačuje, što kod nas, praktično uzevši, nije bio slučaj.

## b) Problem broja uređajnih zapreminskih tablica

U našoj uređajnoj praksi poteže se pitanje stepena detaljisanja kod bonitiranja staništa, kao i broja zapreminskih uređajnih tablica. Budući da se bonitiranje vrši na osnovu krivulja visina i da za izradu tablica one predstavljaju jedan od osnova, to je zapravo u pitanju njihov broj. U težnji da se poveća tačnost bonitiranja i obračuna zapremine drveta, ispoljava se stalna tendencija njegovog povećavanja. Stoga je aktuelno pitanje da li postoje osnove za povećavanje današnjeg broja krivulja visina. Njega ne možemo mimoći, uprkos tome što se, kad je u pitanju broj krivulja visina radi obračuna zapremina, ne može mnogo oslanjati na naš materijal i što se, zbog pomanjkanja odgovarajućeg materijala, neće moći dati potpuno dokumentovan odgovor na postavljeno pitanje u tom pogledu. Naime, kako je već nagovješteno i o čemu će biti još govora, vrlo je aktuelna zamjena postojećih bonitetnih krivulja zbog njihovih ozbiljnih nedostataka. Kako svaka takva zamjena povlači sobom vrlo velike nezgode u praksi, ne bi se smjelo dogoditi da vršimo dvije uzastopne zamjene sa razmakom od nekoliko godina, jednu zbog spomenutog razloga, a drugu zbog nezadovoljavajućeg stepena detaljisanja. Stoga se mora i jedan i drugi razlog razmotriti prije donošenja odluke o zamjeni.

U ovom poglavlju ograničićemo se na potrebni stepen detaljisanja kad je u pitanju obračun zapremine drveta, a na nužan stepen detaljisanja s obzirom na bonitiranje staništa osvrnućemo se kasnije, kad razmotrimo zavisnost prirasta zapremine sastojina od drugih taksacionih elemenata.

U okviru uređajnih radova utvrđivanje taksacionih elemenata vrši se u našoj praksi reprezentativnim metodama: primjernim prugama za utvrđivanje broja stabala i njihove raspodjele po debljinskim stepenima, a utvrđivanje prosječnih visina stabala po debljinskim stepenima mjerenjem nasumice odabranih stabala uz obavezno unakrsno kretanje kroz sastojinu (odjeljenje odnosno odsjek). Obračun zapremine drveta inventarisanih stabala na primjernim prugama vrši se po debljinskim klasama na osnovu visina za njihova srednja stabla koje se očitavaju sa one od krivulja visina koja je najbliža grafu visina sastojine.

U našoj praksi u sastojini se mjeri visina od oko 80—100 stabala za svaku vrstu. Dakle, jednog malog procenta od ukupnog broja stabala. Zbog toga, ostavljajući po strani subjektivizam kod izbora stabala, postoji vrlo mala vjerovatnoća da će se dobiti potpuno realan graf visina. Može se doći, radeći na taj način, do grafova koji će ležati bliže ili dalje od realnog grafa sastojine. Samo u izvjesnom procentu od svih slučajeva, ako bi se snimanje visina stabala u istom obimu i konstrukcija grafova ponavljali u sastojini mnogo puta, ležali bi dobiveni grafovi u pojasu određene širine oko realnog grafa sastojine.

Pretpostavimo sada da raspoložemo sa potpuno realnim grafom visina sastojine. To bi bilo onda ako bi se izmjerile visine svih njenih stabala i ako bi se primjenio ispravan postupak kod konstrukcije grafa. Ako bi se na osnovu takvog grafa pokušalo da utvrdi visina nekog nasumce odabranog stabla u istoj sastojini, učinila bi se greška sa vrlo velikom vjerovatnoćom i pokazala bi se razlika između njegove stvarne visine i one koja je očitana sa grafa na mjestu koje odgovara njegovom prečniku. Samo kod vrlo malog broja



stabala bile bi one jednake, a kod svih stabala bile bi stvarne, veće ili manje od očitanih.

Gledano na grafičkom prikazu, tačka čijom je ordinatom predstavljena realna visina nekog stabla, ležeće sa vrlo velikom vjerovatnoćom iznad ili ispod grafa.

Ako se to ponavlja mnogo puta, onda će u izvjesnom procentu slučajeva ležati realne visine unutar određenog odstojanja ispod i iznad grafa.

Ako se ne radi o utvrđivanju visine jednog stabla nego o utvrđivanju prosjeka visine za više stabala, onda će u istom procentu slučajeva to određeno odstojanje biti znatno manje. To imamo kad se utvrđuje visina srednjeg stabla za debljinske klase.

Koliko će biti ovo odstojanje zavisi od stepena variranja visina stabala oko grafa. Budući da ne raspoložemo realnim grafovima, to će se spomenuto odstojanje uz isti procent slučajeva proširiti na račun toga što realni graf leži iznad ili ispod grafa na bazi kojeg utvrđujemo prosječnu visinu stabala debljinske klase.

U šumarstvu se, kad je u pitanju račun grešaka, zadovoljava sa 95% vjerovatnoćom, koja se inače smatra minimalnom. Za nas to znači da u 95 slučajeva od 100 realna visina srednjeg stabla debljinske klase (prilikom obračuna zapremine inventariranih stabala na primjernim površinama) ne bi smjela da pređe granice otpadajućeg pojasa one krivulje visina kojoj dobiveni graf najbliže leži i prema kojoj će se obračunavati zapremina. Otpadajući pojas je onaj koji krivulje visina polovi, a širina mu je jednaka razmaku između krivulja.

Prilikom rješavanja problema naš zadatak svodi na to, da se ocijeni koji se procent ostvaruje u tom pogledu kod nas sa današnjim načinom rada (veličina odjeljenja odnosno odsjeka, procent primjernih površina, broj stabala čije se visine mjere, varijabilnost u pogledu visina stabala) i sa 5 krivulja visina. Ako je taj procent veći od 95%, onda postoje osnove za povećanje broja krivulja visina. To znači sužavanje malo prije spomenutog pojasa.

Za rješavanje zadatka potrebno je poznavanje veličine greške koja se čini prilikom utvrđivanja visine srednjeg stabla za pojedine debljinske klase. Nju sačinjavaju greška grafa visina i greške koje se čine pri određivanju visina srednjeg stabla na bazi pretpostavke da je graf potpuno realan.

Veličina greške grafa visina zavisi, između ostalog, od odstupanja tačaka, koje predstavljaju izmjerene visine pojedinih stabala u sastojini (odjeljenju odnosno odsjeku), od dobivenog grafa visina. Ono se izražava standardnom devijacijom razlika između tačaka i grafa, residiuma, i jednaka je

$$\bar{S}_y = \sqrt{\frac{\sum z^2}{n-3}} \dots (1)$$

ako se izjednačenje vrši parabolom drugog reda.

U formuli su sa — z označeni residiumi, a — n je broj izmjerenih stabala <sup>1)</sup>.

Za sticanje uvida u veličinu standardne devijacije ona je izračunata za 9 naših parcela i za 3 odjeljenja Fakultetskog dobra „Igman”. Između parcela odabrane su po tri za svaku vrstu, ali tako da se one poklapaju skoro potpuno sa našim krivuljama visina, i to sa krivuljama koje odgovaraju II, III i IV bonitetnom razredu postojeće bonitetne dispozicije. Standardne devijacije su iznosile u m:

	Jela			Smrča			Bukva		
Bonitet. razred:	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV
Broj stabala:	205	374	265	148	199	104	343	281	326
Stand. devijacija:	2,45	2,11	1,93	2,96	2,84	2,93	3,96	2,74	2,37

1) Oznake smo uzeli od Ezekiel (9)

Kod spomenutih odjeljenja mjerena su sva stabla na prugama koje su položene po unaprijed utvrđenom planu, međusobno paralelno i jednako udaljeno jedna od druge. Na taj način su realno obuhvaćene raznolikosti u odjeljenju i uklonjen subjektivizam pri izboru reprezentanata. Sva odjeljenja pripadala su III bonitetnom razredu. Standardne devijacije su iznosile:

Broj odjeljenja:	110	7	115
Vrst drveta:	Jela	Smrča	Bukva
Broj stabala:	187	127	108
Stand. devijac.:	2,09	2,12	2,21

Kod parcela je izjednačenje izvršeno, kako je ranije istaknuto, grafički, a kod ova tri odjeljenja metodom najmanjih kvadrata na bazi parabole drugog reda. Za odjeljenja su prikazane na slici 3 prosječne visine stabala (po debljinskim stepenima 12,5, 17,5 itd.) malim kružićima i dobiveni grafovi visina punim linijama.

Iz ovih nekoliko primjera se vidi da standardna devijacija ne podliježe nekim pravilnim promjenama zbog razlika u broju izmjerenih stabala. Sa njihovim većim brojem, naravno, dobiva se njena veća tačnost. Zapaža se tendencija njihovog smanjivanja sa opadanjem boniteta, što je i razumljivo ako se ima u vidu da su stabla na boljim staništima viša te da mora biti veće i variranje u apsolutnom iznosu.

Za naša daljnja izlaganja važno je već ovdje istaći da su standardne devijacije kod odjeljenja bile među najmanjim od navedenih primjera, a zatim da bi kod parcela trebalo očekivati manje devijacije nego kod sastojina u našoj praksi.

Za potpuno pouzdane zaključke u okviru postavljenog zadatka potrebno bi bilo da raspoložemo prosječnim podacima u pogledu standardne devijacije, kao i da prilikom utvrđivanja greške grafa visina za naša razmatranja polazimo od slučaja sa prosječnom raspodjelom stabala po debljinskim stepenima. Do toga danas nije moguće doći jer je materijal sa kojim raspolaze naša uređajna služba neupotrebljiv u tu svrhu zbog načina rada prilikom izbora reprezentanata. Jedinu izvor ostalo je Fakultetsko dobro „Igman” koje je do danas obavilo snimanje na izloženi način u oko 20 odjeljenja, od kojih smo odabrali tri najbolja s obzirom na ukupan broj izmjerenih stabala i njihovu raspodjelu po debljinskim stepenima. Na ove nedostatke vrtićemo se na kraju.

Za utvrđivanje greške grafova visina primjenili smo metod H. Schultza (33). Ako je izjednačenje izvršeno na bazi parabole drugog reda,  $Y = AX^2 + BX + C$ , onda standardna greška grafa iznosi:

$$\sigma_y = \bar{S}_y \left[ \frac{D_{11}}{D} \left( \frac{\partial y}{\partial A} \right)^2 + \frac{D_{22}}{D} \left( \frac{\partial y}{\partial B} \right)^2 + \frac{D_{33}}{D} \left( \frac{\partial y}{\partial C} \right)^2 + 2 \cdot \frac{D_{12}}{D} \cdot \frac{\partial y}{\partial A} \cdot \frac{\partial y}{\partial B} + \right. \\ \left. + 2 \frac{D_{13}}{D} \cdot \frac{\partial y}{\partial A} \cdot \frac{\partial y}{\partial C} + 2 \frac{D_{23}}{D} \cdot \frac{\partial y}{\partial B} \cdot \frac{\partial y}{\partial C} \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots (2)$$

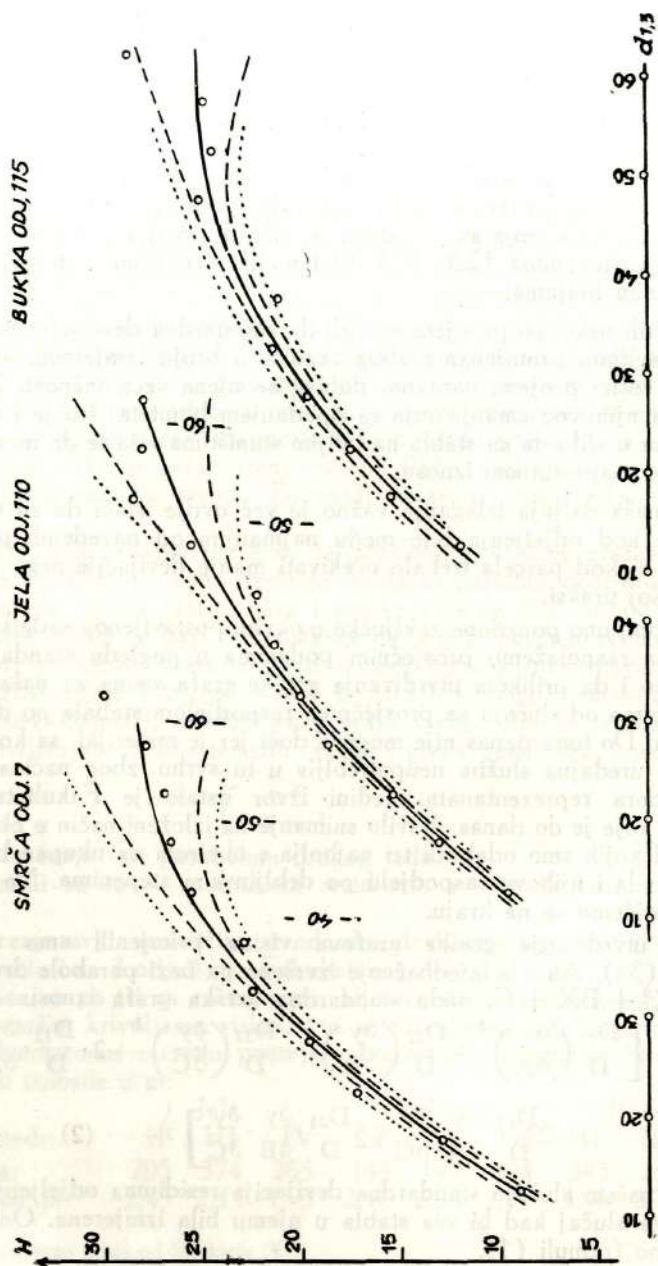
$\bar{S}_y$  je u našem slučaju standardna devijacija residiuma odjeljenja odnosno odsjeka za slučaj kad bi sva stabla u njemu bila izmjerena. Ona se može odrediti po formuli (1).



$D_1, D_{11}, D_{22}$  itd. su determinante odnosno subdeterminante normalnih jednačina parabole, na bazi koje je izvršeno izjednačenje.

Ako se navedene veličine u izrazu izračunaju, uvrste i izraz sredi, onda se npr. za jelu (110 odjeljenje) dobiva standardna greška grafa

$$\sigma_y = 2,106 \cdot \sqrt{0,00000957 \cdot x^4 + 0,00006058 \cdot x^3 - 0,0000642 \cdot x^2 - 0,001297 \cdot x + 0,00973}$$



Sl. 3

Ovdje  $x$  predstavlja udaljenost na apscisnoj osi od srednjeg debljinskog stepena  $\left(\frac{\sum X}{n}\right)$  koji je uzet kao ishodište koordinatnog sistema<sup>1)</sup>.

Iz dobivenog izraza proizilazi da je standardna greška grafa — visina funkcija, koja ima 7 ekstremnih vrijednosti, od kojih se može javiti po nekoliko duž dijela apscise koji odgovara grafu. Zahvaljujući tome njen graf može da ima blage vijuge na tom potezu. Uzevši u širokim konturama, vrijednost funkcije je po pravilu najmanja oko ishodišta ( $x = 0$ ) ili, drugim riječima, oko srednjeg prečnika izmjerenih stabala  $\left(\frac{\sum X}{n}\right)$ . Prema jačim

debljinskim stepenima njena vrijednost raste, i to tim jače što brže opada broj stabala debljinskih stepenova. Prema tanjim debljinskim stepenovima je porast vrijednosti funkcije sporiji zbog velikog broja stabala kod najtanjih stepenova.

Za sva tri odjeljenja izračunate su dvostruke standardne greške grafova visina ( $2 \cdot \sigma_y$ ) za pojedine debljinske stepene, zatim su one nanesene na grafove visina, i to iznad i ispod grafa i, na kraju, dobivene tačke su spojene linijama. Na sl. 3 su ucrtane isprekidanim linijama. One ograničavaju pojas unutar koga s 95% vjerovatnoćom leži stvarni graf visina, tj. onaj koji bi se dobio kad bi se izmjerila sva stabla vrste u odjeljenju. Dobiveni graf može da leži ispod ili iznad stvarnog grafa, (čiji položaj mi neznamo), najviše za polovinu širine pojasa u 95 slučajeva od 100, ako bi se ponavljalo snimanje istog broja stabala i konstrukcija grafa bezbroj puta. Samo u 5% slučajeva bila bi spomenuta udaljenost veća.

Širina pojasa je, ostavivši po strani njihove desne trećine, najveća za bukvu, manja za smrču i najmanja za jelu. S tim redom raste broj izmjerenih stabala (108, 127 i 187). To znači da povećanje broja stabala povlači sobom sužavanje pojasa. Ali to nije jedini faktor; širina pojasa zavisi i od veličine standardne devijacije residiuma. Ona je kod bukve malo veća nego kod druge dvije vrste i to je doprinijelo i nešto većoj širini pojasa za njen graf. Od uticaja je i broj parametara funkcije koja je primjenjena za izjednačivanje.

Pada u oči mnogo veća širina pojaseva na desnom kraju za grafove visina jele i smrče nego za bukvu. To je uslijedilo zbog toga što je broj stabala prema najjačim debljinskim stepenima brže opadao kod prve dvije vrste nego kod bukve. Raspodjela stabala bila je sljedeća:

Deblj. stepen:	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	$\Sigma$
jela (110) :	50	34	16	20	31	15	8	9	2	1	1	187
smrča (7) :	38	25	21	13	7	8	6	3	4	—	2	127
bukva (115) :	18	15	17	11	11	10	10	5	6	4	1	108

Na desnom kraju graf visina za bukvu počivao je na većem broju izmjerenih stabala nego kod druge dvije vrste. Stoga je on na tom dijelu stabilniji i sa manjom standardnom greškom.

Iz ova tri primjera jasno se vidi koliko je nesigurno oslanjanje na krajnji desni dio grafa visina prilikom bonitiranja, te taj postupak treba izbje-gavati.

1) Radi pojednostavljenja računa označen je debljinski stepen 12,5 sa 5, 17,5 sa 7 itd.



Izuzevši desnu trećinu, najveća moguća udaljenost stvarnog grafa visina od onog koji se dobiva na osnovu od oko 120 izmjerenih stabala nije velika<sup>1)</sup>. Kod bukve i smrče, kod kojih se broj izmjerenih stabala ne razlikuje od 120, kreće se od cca 0,5 do 1,5 m ako se ne ide udesno preko debljinskog stepena 45. Kod jele je ona mnogo manja i kreće se od cca 0,2 do 1,0 m.

Ostaje nam da vidimo kolika je greška koja se čini prilikom utvrđivanja visine prosječnog stabla za debljinsku klasu, uz pretpostavku da se to vrši na bazi potpuno realnog grafa visina.

No prije treba da učinimo jednu napomenu. Kod uređajnih radova obračun zapremine se vrši po debljinskim klasama, ne samo zbog toga da se dobije što tačnija ukupna zapremina sastojina, a zbog poznatih dendrometrijskih razloga, **nego i zato da znamo zapreminu pojedinih deblj. nsk. h klasa.** Razlozi su poznati i nema potrebe da se ovdje ulazi u njih.

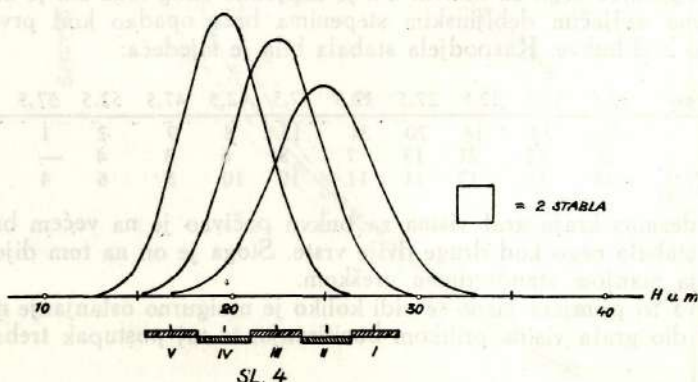
Veličina standardne greške koja se čini prilikom utvrđivanja visine srednjeg stabla za debljinsku klasu pomoću grafa, na bazi pretpostavke da je realan, jednaka je:

$$\frac{S_y}{\sqrt{n}} \dots \dots \dots (3)$$

gdje je —  $n'$  broj stabala debljinske klase, a —  $\bar{S}_y$  standardna devijacija residiuma. Ova se može odrediti na bazi grafa koji je dobiven izjednačenjem, i to po formuli (1). Kod toga se, međutim, ne mogu upotrebiti residiumi na bazi kojih je utvrđena standardna greška grafa jer su oni određeni na osnovu raspodjele stabala po debljinskim stepenima. Ako se to vrši na bazi debljinskih klasa, što treba ovdje uraditi, onda su residiumi veći jer se radi o razlikama između visina pojedinih stabala klase i očitane visine sa grafa za srednje stablo u klasi.

Kod naša tri odjeljenja standardna devijacija residiuma, obračunata na taj način (deblj. klase: 10—20, 20—30, 30—40, 40—50, 50—60, 60—80) iznosi kod jele (110) 2,55, smrče (7) 2,69 i bukve (115) 2,43 m. Veće su od onih na bazi debljinskih stepena za 22, 27 odnosno 110%.

Rasturanje visina stabala debljinske klase od one koja se očitava sa grafa visina za srednje stablo je vrlo veliko. Zahvaljujući tome da se u praksi uvijek radi sa prosječnim visinama za debljinske stepenove ili klase, to se često gubi iz vida i precjenjuje tačnost taksacionih podataka koji počivaju na prosječnim visinama.



SL. 4

1) Podvlačimo, u 95% slučajeva, dok u ostalih 5 slučajeva ona može biti znatno veća.

Za ilustraciju rasturanja stabala s obzirom na njihove visine, oko njihove srednje visine, prikazali smo na slici 4 raspodjelu u tom pogledu, i to za debljinsku klasu 30—40 jela, spomenutih privremenih oglednih parcela. Za izjednačenje raspodjele primjenjena je Gausova funkcija za normalnu raspodjelu, po postupku koji je izložen u Croxton-Cowden-ovom poznatom udžbeniku za statistiku (4). Funkcija glasi:

$$y = \frac{N \cdot i}{s \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2s^2}}$$

Na apscisi su nanese visine stabala.  $x$  označava udaljenost od aritmetičke srednje visine u debljinskoj klasi, a  $y$  ordinatu na udaljenosti  $x$ . U formuli dalje znače:

$i$  širina intervala koji je odabran za visine stabala i  
 $s$  standardna devijacija visine stabala u klasi.

Potčinom koju obuhvata graf sa apscisom prikazan je broj stabala klase, a njena forma raspodjelu s obzirom na njihove visine.

Graf približno izražava raspodjelu jer nisu u potpunosti postojali uslovi za primjenu funkcije za normalnu raspodjelu. To smo učinili zbog toga što se radi samo o sticanju uvida u veličinu rasturanja, a znači znatno pojednostavljenje posla.

Na dnu slike prikazana je širina pojaseva koji otpadaju na krivulje visina za jela debljinske klase 30—40, a koje odgovaraju II, III i IV razredu bonitetne dispozicije. Razmjera koincidira sa onom na apscisi.

Kako se iz slike vidi, vrlo velik broj stabala svake parcele rasturen je s obzirom na njihove visine daleko izvan pojasa krivulje visina sa kojom se, kako je ranije istaknuto, graf visina parcele poklapa. Tako npr. kod parcele, na koju se odnosi srednja figura, amplituda rasturanja je jednaka širini pojaseva svih pet krivulja, uzevši ih zajedno. Od ukupnog broja stabala parcele leži izvan otpadajućeg pojasa odgovarajuće krivulje visina kod prve, idući s lijeva na desno, 54%, kod druge 57%, i kod treće 62% stabala. Dakle, vrlo mnogo.

Kad bi se stabla parcela debljinske klase 30—40 posmatrala kao izolovani kolektivi, nezavisno od stabala susjednih debljinskih klasa, onda se po usvojenim statističko-matematičkim principima ne bi moglo reći da se oni međusobno razlikuju. I to ne samo parcele koje su predstavljene susjednim figurama, nego ni one koje su predstavljene prvom i trećom figurom.

Budući da kod primjene reprezentativnog metoda nije poznat stvarni graf visina, to kod utvrđivanja standardne greške koja se čini prilikom utvrđivanja visine za srednje stablo debljinske klase (u cilju obračuna zapremine klase) treba uzeti u obzir i grešku grafa i malo prije spomenutu grešku. Ta sveukupna standardna greška, koju ćemo u daljem izlaganju nazvati standardna greška, jednaka je:

$$\sqrt{\sigma_y^2 + \left(\frac{S_y}{n}\right)^2}$$

tj. jednaka je drugom korijenu sume kvadrata određenih vrijednosti po formulama (2) i (3).

Ako se dobiveni izraz pomnoži sa 2 i obračuna njegova vrijednost za one apscise koje koincidiraju sa srednjim stablima pojedinih debljinskih klasa, zatim ako se te vrijednosti nanesu iznad i ispod grafa i dobivene tačke spoje, dobiva se pojas unutar koga će ležati stvarne visine srednjih stabala debljinskih klasa sa 95% vjerovatnoćom. Pri tome treba za  $n'$ , kako je već istaknuto, uzeti one brojeve stabala (debljinskih klasa) koji su konstatovani na položenim prugama u odjeljenju odnosno odsjeku u cilju utvrđivanja broja stabala u odjeljenju odnosno odsjeku i njihove raspodjele (kasnije i zapremine), a ne brojeve stabala čije su visine mjerene.

Za ilustraciju odnosa između širine ovog pojasa i pojasa greške grafa visine obračunali smo za naša tri odjeljenja dvostruke vrijednosti ove standardne greške, pri čemu smo za  $n'$  uzeli broj stabala na koji se oslanjalo prilikom utvrđivanja grafa visina. Dobiveni pojasevi su prikazani na sl. 3 linijama koje su obilježene tačkicama.



Iz slike se mogu povući sljedeći zaključci: prvo, da su razlike između pojaseva s obzirom na širinu to veće što je manji broj stabala  $n'$  i drugo, da je uticaj ovog faktora vrlo veliki. Ako se mnogo poveća  $n'$ , što znači ako se poveća procent primjernih pruga u odjeljenju odnosno odsjeku, i ako je njihova površina velika, onda se može veličina standardne greške, praktično uzevši, svesti na standardnu grešku grafa visina stabala.

Za rješavanje našeg zadatka treba, prema tome, znati koliki je prosječni broj stabala na primjernim prugama (po debljinskim klasama i ukupno) u odjeljenju odnosno odsjeku prosječne veličine i uz prosječni procent sa kojim participiraju površine pruga na površini odjeljenja odnosno odsjeka, i to današnjim načinom rada.

Prosječna površina najmanje jedinice za koju se utvrđuje zapremina drveta — odsjeka odnosno odjeljenja (ukoliko nema odsjeka — u odjeljenju) — iznosi 38 ha u jelovim, smrčevim i bukovim šumama. To je prosjek za tri gospodarske jedinice kod kojih je nedavno vršena revizija uređajnog elaborata („Klekovača“, „V. Usora“ i „Oskova“). Prosječni procent primjernih pruga iznosi 3<sup>0</sup>%. Kod visokih vrijednih šuma on je nešto veći, a kod jako iskorišćenih i degradiranih šuma nešto manji. Ovdje se ušlo u obračun sa 4<sup>0</sup>%.

Prosječni broj stabala na ha utvrđen je na osnovu onih naših parcela III bonitetnog razreda, kod kojih se sklop kretao od 0,60 do 0,75. Ti stepeni sklopa su najčešći. U vezi s time formirali smo 4 kategorije, i to na bazi učešća bukve. U prvu su svrstane parcele kod kojih je bukva participirala ispod 16<sup>0</sup>% s obzirom na zapreminu, u drugoj je bukva participirala sa 16 do 50<sup>0</sup>%, a u trećoj od 51 do 90<sup>0</sup>%. U četvrtu kategoriju su svrstane one parcele koje su položene u čiste bukove sastojine. Broj parcela kretao se po kategoriji od 17 do 27. Prosječan broj stabala je iznosio po ha:

Deblj. klasa:	10—20	20—30	30—40	40—50	50—60	60—80	80— $\Sigma$
Kod I kategorije:	164	106	89	55	21	12	3 450
Kod II kategorije:	193	118	78	44	22	14	3 462
Kod III kategorije:	192	113	73	40	21	17	5 461
Kod IV kategorije:	149	82	49	28	16	15	5 344

Obračun standardne greške izvršen je kod svake od naše tri vrste, i to za ova tri slučaja: za jelu i smrču na bazi pretpostavke da vrsta participira sa 10, 50 i 90<sup>0</sup>%, a za bukvu na bazi pretpostavke da ona participira sa 10, 55 i 100<sup>0</sup>%. Naime, uzeti su slučajevi sa minimalnim i maksimalnim omjerom smjese, a kao treći je uzet onaj koji leži na sredini između ova dva. Kao maksimalni udio uzet je kod jele i smrče 90<sup>0</sup>% zbog toga što su vrlo rijetke čiste jelove odnosno smrčeve sastojine.

Ukupna površina primjernih pruga po odsjeku odnosno odjeljenju iznosi, uzevši u prosjeku,  $0,04.38 = 1,52$  ha. Za utvrđivanje prosječnog broja stabala na toj površini za spomenute slučajeve, upotrebljeni su malo prije izneseni brojevi stabala po ha formirane kategorije, a prema sljedećoj šemi:

	I	II	III	IV	
	kategorije				
jela za slučaj kad je participirala sa	90	50	10	—	0 <sup>0</sup>
smrča za slučaj kad je participirala sa	50 i 90	—	10	—	0 <sup>0</sup>
bukva za slučaj kad je participirala sa	10	—	55	100	0 <sup>0</sup>

Ovim postupkom se nastojalo da se dobiveni rezultati što više približe realnosti.

Na osnovu dobivenih prosječnih brojeva stabala koji se mogu javiti za vrstu drveta na primjernim prugama odsjeka odnosno odjeljenja uz navedene omjere smjese obračunate su standardne greške utvrđivanja visine srednjeg stabla debljinske klase. Pri tome smo se za sve tri vrste poslužili greškom grafova visine o kojim je bila riječ.

Kolika je vjerovatnoća da će realna visina srednjeg stabla debljinske klase ležati u pojasu one krivulje visina kojoj je graf visina najbliži, zavisi u najvećoj mjeri i od položaja grafa u odnosu na krivulju. Ako se graf poklapa sa krivuljom visina, onda će vjerovatnoća biti veća nego ako se on nalazi uz njen donji ili gornji rub pojasa. Za utvrđivanje prosječne vjerovatnoće potrebno bi bilo, uz pretpostavku jednake vjerovatnosti raznih položaja grafa u odnosu na krivulju, obračunati vjerovatnoće za mnogo slučajeva, pomjerajući graf od donjeg do gornjeg ruba pojasa za jednake intervale. To je i urađeno: razdijeljen je pojas krivulja visina u 9 jednakih užih pojaseva i pretpostavljeno da njihovim sredinama prolazi graf visina, a zatim je izračunat za svaki takav slučaj i procent vjerovatnoće, kao i prosječni procent za debljinske klase. Naravno, to je izvršeno za sve klase, po vrstama odnosno odabranim slučajevima njihovog učešća. Zapravo, obračunata je dopuna te vjerovatnoće do 100 ili, drugim riječima, procent vjerovatnoće da će se realna visina klase srednjeg stabla nalaziti izvan pojasa krivulje visina kojoj je graf visina odsjeka odnosno odjeljenja najbliži. Rezultati su izneseni u tablici 5, a obračunati su prema tablicama koje su sadržane u spomenutom Croxton-Cowdenovom djelu (4).

VJEROVATNOĆA DA ĆE REALNA VISINA SREDNJEG STABLA DEBLJINSKE KLASA LEŽATI IZVAN POJASA KRIVULJE VISINA

Tablica 5

Debljinska klasa:		10—20	20—30	30—40	40—50
Jela ako participira sa	10%	43,6	25,8	20,7	26,4%
	50%	26,2	13,4	11,1	18,7%
	90%	24,4	12,2	8,7	15,1%
Smrča ako participira sa	10%	35,9	21,1	20,6	27,1%
	50%	24,1	11,6	10,5	15,7%
	90%	22,2	9,7	7,7	15,8%
Bukva ako participira sa	10%	34,9	24,1	20,5	25,4%
	55%	23,1	14,4	11,4	13,9%
	100%	22,0	13,3	10,5	12,8%

Radi lakšeg shvatanja problema može se značenje cifara u tablici izraziti praktičnije. Tako npr. cifra 43,6, znači, da se od 100 slučajeva utvrđivanja visine srednjeg stabla za jelu kod debljinskog stepena 10—20, realna visina stabala nalazi u 43,6 slučajeva izvan pojasa krivulje visina pri kojoj se vrši to utvrđivanje (ako se radi o omjeru smjese od 0,1). Približno uzevši ovo se dešava u svakom drugom slučaju. Cifra od 7,7 za smrču uz omjer smjese 0,9 u klasi

30—40 znači da će se to dogoditi u svakom  $\frac{100}{7,7} = 14$ -tom slučaju.

Ove cifre predstavljaju i amplitudu u kojoj se kreće spomenuta vjerovatnoća. Ali samo za slučajeve koji su izneseni u tablici. Namjerno smo izostavili debljinske klase 50—60 i 60—80, koje bi zbog velikih grešaka



grafova visina (vidi sliku 2) proširili amplitudu vrlo mnogo, i to u nepovoljnom smislu. Nismo ih ovdje spomenuli jer se radi o ekstremima.

Za naša izlaganja bio bi još ilustrativniji prosječni procent vjerovatnoće za sve razmatrane debljinske klase. Riječ je o vjerovatnoći da će realna visina stabla ležati izvan pojasa krivulje visina. Za odabrane omjere smjese, idući od manjih prema većim, on iznosi kod:

jele . . . . .	32,8,	17,3	i	18,6 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
smrče . . . . .	28,5,	16,8	i	15,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
bukve . . . . .	27,8,	18,0	i	17,0 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Ovi podaci ne predstavljaju aritmetičke sredine podataka iz tablice 5 nego odnos zbira broja slučajeva kod kojih realna visina srednjeg stabla pojedinih debljinskih klasa leži izvan pojasa krivulje visina i ukupnog broja slučajeva. U ovom prosjeku dolazi jako do izražaja u negativnom smislu debljinska klasa 10—12, zahvaljujući velikom broju stabala i velikom procentu vjerovatnoće da će se realna visina naći izvan pojasa krivulje visina (vidi prvu kolonu u tablici 5.). Ako se ona izuzme i ograniči na debljinske klase 20—30, 30—40, i 40—50, onda prosječni procenti vjerovatnoće da će visina srednjeg stabla klase ležati izvan pojasa krivulje visina, iznosi za spomenute kategorije s obzirom na omjer smjese:

kod jele . . . . .	23,3,	11,5	i	13,7 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
kod smrče . . . . .	22,1,	12,1	i	10,3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
kod bukve . . . . .	23,1,	13,4	i	12,3 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>

Iz ovih podataka proizilazi da je amplituda u pogledu broja slučajeva kod kojih će realna visina srednjeg stabla ležati izvan pojasa krivulje visina, (po kojoj se vrši utvrđivanje njegove visine), od ukupnog broja slučajeva sljedeća: približno svaki deseti slučaj do svaki četvrti. Ako se uzmu u obzir sve četiri klase onda je amplituda: svaki sedmi do svaki treći slučaj. Izrazivši se neposredno, prva amplituda znači: utvrđujući visinu srednjeg stabla debljinske klase realna njegova visina biće u svakom desetom do u svakom četvrtom slučaju bliža visini koju određuje susjedna krivulja visina. Ako se uzmu u obzir sve četiri klase, onda će se promašiti u svakom sedmom do u svakom trećem slučaju.

Ovi zaključci su izvedeni na osnovu standardnih greški koje su konstatovane kod svega tri grafa visina, po jednog za svaku od naše tri vrste. Stoga ne može biti ni govora o dobivenim rezultatima kao o podacima prosječne vrijednosti. U tome, međutim, ne treba gledati nikakav naročiti nedostatak kad je u pitanju rješavanje našeg zadatka. Dovoljno je ako se možemo uvjeriti da je stvarna prosječna vjerovatnoća slučajeva kod kojih realna visina srednjeg stabla debljinske klase leži izvan pojasa krivulje visina veća od one do koje se ovdje došlo ili da između njih ne može biti većih razlika. Naravno, na bazi metoda koji se sada primjenjuje u praksi uređivanja šuma NR BiH.

Već je ranije istaknuto da naša tri odjeljenja spadaju, s obzirom na veličinu standardne devijacije visina stabala, u kategoriju odjeljenja odnosno odsjeka sa manjim devijacijama. Prosječne devijacije bi, prema tome, trebalo da budu veće. Broj izmjerenih stabala za konstrukciju njihovih grafova visina bio je veći od onog koji se mjeri u praksi. U obračun standardnih greški ušlo se sa pretpostavkom da se primjernim prugama obuhvata 4<sup>0</sup>/<sub>0</sub> površine, dok je u praksi taj procent manji. Kako je malo prije istaknuto,



prilikom obračuna procenta vjerovatnoće nisu uzete u obzir debljinske klase iznad 50 cm, kod kojih su standardne greške grafova visina vrlo velike. Sve to znači osjetno manju standardnu grešku prilikom utvrđivanja visina za srednja stabla debljinske klase kod naša tri primjera u odnosu na prosječne, kao i, naravno, manju vjerovatnoću da će realne visine srednjih stabala ležati izvan pojaseva krivulja po kojim se vrši utvrđivanje njihovih visina. Dakle, postoje osnovi za očekivanje da je ova vjerovatnoća u prosjeku za sve šume veća od one koja proizilazi iz naših primjera. Vrlo malo ima izgleda da je jednaka, a isključeno je da je manja, bar osjetno manja.

Ranije je već istaknuto da se kod statističko-matematskih metoda ne ide ispod 95% vjerovatnoće. U našem slučaju to znači da realna visina srednjeg stabla mora ležati u pojasa krivulje visina u 19 slučajeva od 20, a samo u svakom dvadesetom slučaju da leži izvan pojasa. Kod uređivanja šuma, primjenjujući dosadašnji način rada i pet krivulja visina, ležaće realna visina izvan pojasa, prema izloženom, približno u svakom trećem do sedmom slučaju. Dakle, mnogo češće. Prema tome, sa današnjim načinom rada mi ne možemo opravdati 5 krivulja visina. Ako bi se njihov broj povećao, onda bi realna visina srednjeg stabla debljinske klase još mnogo češće ležala izvan pojasa krivulje visina po kojoj se njegoja visina utvrđuje.

Na osnovu izloženog može se ne samo povući zaključak da se povećanje broja krivulja sa pet na više ne može opravdati, nego da se ne može opravdati ni postojeći njihov broj, naravno, sa današnjim načinom rada kod uređivanja šuma. Povećavanje njihovog broja moći će se opravdati ako se poveća obim mjerenja visina stabala po odsjeku odnosno odjeljenju i procent primjernih površina. Naročito onda kad je mali procent kojim vrsta participira u mješovitim sastojinama. Nije moguće određenije govoriti o tome koliki bi trebalo da bude obim jednih i drugih snimanja koji bi opravdao sadašnji broj krivulja visina, ili neki veći njihov broj, sve dok se ne izvrše odgovarajuća istraživanja. Možemo biti, međjutim, sigurni u to da bi npr. dvostruko povećanje broja krivulja visina pretpostavljalo vrlo veliko povećanje obima snimanja, mnogo više nego za dvostruko.

Zadržali smo se na problemu broja krivulja visina vrlo mnogo. To će biti korisno i zbog jednog drugog razloga.

U našoj uređajnoj praksi se vrlo često šablonski pristupa izboru procenta primjernih pruga za pojedina odjeljenja odnosno odsjeke, kao i pri izboru broja stabala čije će se visine mjeriti. Izlažući problem broja krivulja visina istovremeno je dotaknuta materija koja ukazuje na greške koje se čine u praksi u tom pogledu. On će doprinijeti sazrijevanju ubjedenja da dosadašnji način rada treba napuštati i razviti metode koje će omogućiti utvrđivanje potrebnog obima snimanja za ostvarenje unaprijed odabrane tačnosti, naravno, uz odabrani procent vjerovatnoće.

### c) Nerealnost bonitetnih krivulja koje se primjenjuju u uređajnoj praksi NR BiH

Ovdje ćemo se ograničiti na razmatranje toka postojećih bonitetnih krivulja visina. To je jedina njihova osobina koja, s obzirom na potrebe prakse i sticaj prilika, dolazi u obzir za razmatranje kada je riječ o njihovoj zamjeni.

Ispitivanje realnosti toka naših krivulja visina na statističko-matematskoj osnovi, nažalost nismo mogli obaviti zbog toga, što nije razrađen metod



za funkcije koje dolaze u obzir za izjednačenje visina stabala, bar koliko je nama poznato. Zapravo to se tiče samo Levakovićeve funkcije, koja je navedena kao druga po redu. Po našoj ocjeni jedino sa njom bi se moglo postići ono rješenje prilikom izjednačenja koje je neophodno potrebno za ovo ispitivanje. Obraden je metod ispitivanja za tzv. „logistic” funkciju (33), koja glasi:

$$y = \frac{B}{e^{-Ax} + C}$$

I ako bi se, s obzirom na broj parametara, mjesto infleksione tačke kao i s obzirom na činjenicu da se asimptotički približava gornjoj konačnoj vrijednosti, moglo očekivati dobro izjednačenje, ali nismo bili sigurni u to i nismo se zbog toga mogli upustiti u ovaj ogroman posao.

Kao prvu indiciju koja govori u prilog realnosti toka konačnih naših krivulja visina treba istaknuti vrlo dobro međusobno praćenje krivulja koje su se dobile neposredno sa aritmetičkim sredinama grafova parcela, predstavljenih na slici 1, kao i činjenicu da su odstupanja između njih i krivulja do kojih se došlo kasnijim izjednačenjima vrlo mala. Budući da su se spomenute aritmetičke sredine utvrđivale nezavisno za svaku grupu parcela, to je spomenuto praćenje moguće samo onda ako je tok krivulja realan, tačnije da je njegovo odstupanje od realnog vrlo neznatno. Ne postoje nikakve osnove da se to smatra posljedicom slučaja, jer se radi o 15 krivulja. Njihovo pomjeranje koje je uslijedilo u vezi sa izvršenim izjednačenjima bilo je vrlo malo u apsolutnim iznosima. I sa pretpostavkom da naši postupci nisu bili pravilni, nije se mogla stoga smanjiti realnost toka krivulja od kojih se počelo.

U prilog realnosti naših krivulja govori i njihov oblik izduženog slova S. Dakle, oblika koji je karakterističan za rasteње, između ostalog i drveća, te koje se javlja kod krivulja visina i u slučaju kad se uzmu kao varijable debljinski stepenovi, kao što je kod nas slučaj.

Za ocjenu realnosti toka krivulja može poslužiti kao indikator i njegov odnos sa tokom krivulja do kojih se došlo u drugim zemljama, ukoliko se ne radi o većim razlikama u stanišnim prilikama. Ako ove postoje, onda ovo može da ima orijentacionu vrijednost, ali ipak vrlo korisnu. Takvu ćemo imati ako izvršimo to upoređenje između naših i Prodanovih krivulja visina koje je on izradio za preborne šume na osnovu materijala koji je snimljen na oglednim parcelama u Badenu i Württembergu (31). To su zapravo, koliko nam je poznato, jedine krivulje visina koje su do sada objelodanjene u Srednjoj Evropi za preborne šume.

Za ovu svrhu obračunati su relativni odnosi između veličine ordinate za pojedine debljinske stepene i ordinate za debljinske stepene od 50 cm, i to za krivulje koje odgovaraju najboljim i srednjim staništima. Podaci su izneseni u tablici 6. Za bukvu Prodan nije izradio krivulje visina.

Ako se ima u vidu da razlika u visini stabala od 1 m povlači sobom razliku u koeficijentima od cca 0,03, onda iz tablice proizilazi da nema bitnih razlika između jednih i drugih krivulja. Nešto su veće razlike kod smrče, koje se mogu dijelom objasniti zapaženom pojavom da se ova vrsta sporije razvija u mladosti u humidnijim prilikama nego u aridnijim, kakve su naše u odnosu na Baden i Württemberg, i da kasnije nastupa obrnuta situacija (36 i 37).

KVOCIJENTI IZMEĐU ORDINATA KRIVULJE VISINA KOD DEBLJINSKIH STEPENOVA I ORDINATE DEBLJINSKOG STEPENA OD 50 CM

Tablica 6

			Autor	Debljinski stepen					
				10	20	30	40	50	60
Jela	Krivulje visina koje odgovaraju staništu	najboljem	Prodan	0,24	0,52	0,75	0,89	1,00	1,08
			Matić	0,23	0,50	0,73	0,90	1,00	1,07
			Eić	0,45	0,62	0,76	0,90	1,00	1,08
		srednjem	Prodan	0,26	0,54	0,75	0,90	1,00	1,07
			Matić	0,26	0,53	0,75	0,90	1,00	1,06
			Eić	0,37	0,60	0,78	0,88	1,00	1,05
Smrča	Krivulje visina koje odgovaraju staništu	najboljem	Prodan	0,24	0,52	0,73	0,89	1,00	1,08
			Matić	0,27	0,53	0,76	0,91	1,00	1,06
			Eić	0,41	0,65	0,79	0,90	1,00	1,08
		srednjem	Prodan	0,25	0,52	0,74	0,90	1,00	1,06
			Matić	0,28	0,55	0,76	0,91	1,00	1,06
			Eić	0,41	0,60	0,77	0,90	1,00	1,08
Jela Smrča	Krivulje visina koje odgovaraju staništu	najboljem	Šurić	0,36	0,55	0,74	0,89	1,00	1,11
			Šurić	0,35	0,56	0,75	0,88	1,00	1,10
		srednjem	Šurić	0,33	0,61	0,79	0,93	1,00	1,07
			Matić	0,32	0,58	0,77	0,91	1,00	1,06
Bukva	Krivulje visina koje odgovaraju staništu	najboljem	Eić	0,44	0,66	0,81	0,91	1,00	1,08
			Šurić	0,35	0,58	0,78	0,91	1,00	1,05
			Matić	0,35	0,58	0,77	0,90	1,00	1,06
		srednjem	Eić	0,40	0,65	0,79	0,91	1,00	1,07

Uoporede li se naše krivulje visina sa bonitetnim krivuljama visina koje se sada primjenjuju u praksi (7, 8), ispoljavaju se vrlo velike razlike u njihovom toku. Priroda odstupanja vidi se iz slike 2, gdje su ucrtane postojeće bonitetne krivulje za jelu isprekidanim linijama. Medusobna odstupanja su, s obzirom na svoju prirodu, ne samo ista za naše tri vrste nego i za druge ispitivane vrste (hrast, bijeli i crni bor).

Kako se vidi iz slike, postojeće bonitetne krivulje uopće nemaju oblik koji je karakterističan za rastenje; izuzevši krivulju V bonitetnog razreda, sve druge ne mogu se spojiti sa odgovarajućom tačkom u ishodištu ( $d_{1,3}$ ,  $h = 1,3$ ), s time da očuvaju kontinuelan tok i da se prije toga javi infleksiona tačka na njima. One imaju neprirodan tok i stoga su nerealne.

Prirodu i veličinu odstupanja, zahvaljujući podudaranju naših i bonitetnih krivulja kod debljinskog stepena od 50 cm, vidimo na tablici 6. Odstupanja su najveća kod najtanjeg debljinskog stepena, kod koga npr. jelova stabla na najboljim staništima ispadaju dvostruko viša prema bonitetnoj krivulji nego prema odgovarajućoj našoj krivulji. Prema jačim debljinskim stepenovima odstupanja se, zahvaljujući postupku pri izradi naših krivulja, naglo smanjuju, nestaje ih kod debljinskog stepena 50, da bi se kasnije opet postepeno povećavala.

Bonitetne krivulje su izrađivane i dopunjavane onako kako su se uređajni radovi razvijali i kako je proširivana površina šuma koja je s njima obuhvatana. Zahvaljujući tome, kao i postupku koji se primjenjivao, one su se sve više i više udaljavale od svog prirodnog oblika. Za dalje unapre-



denje uređajnih radova one će stoga predstavljati ozbiljnu smetnju i treba ih stoga čim prije zamijeniti.

U tablici 6 izneseni su koeficijenti za Šurićeve tablice za jelu, smrču i bukvu (34). Razlike između njih i koeficijenata koji se odnose na naše krivulje su za bukvu neznatne, što ukazuje na vrlo veliku podudarnost toka jednih i drugih krivulja za tu vrst. Znatna su, međutim, odstupanja za jelu i smrču, za koja je Šurić izradio iste krivulje. One leže, s obzirom na njihov tok, između naših krivulja i dosadašnjih bonitetnih krivulja i znatno su bliže ovim drugim.

## 2) Visine jelovih, smrčevih i bukovih stabala na području Bosne

Naše interesovanje svodi se na pitanje: kolike su, za neki odabrani debljinski stepen — maksimalne, minimalne i prosječne visine stabala. Kad je riječ o maksimalnim i minimalnim visinama, onda, sa stanovišta prakse, nas ni ne interesuju visine pojedinačnih stabala nego prosječne visine.

Odgovore na ova pitanja možemo dati na osnovu krivulja visina stabala, ali s tim da se prethodno raspravi da li su s krivuljama visina obuhvaćena staništa sa najvišim odnosno najnižim stablima i kakav je odnos između naše srednje krivulje visina prema visini stabala na prosječnim staništima s obzirom na njihov bonitet.

U izlaganju ćemo se najprije osvrnuti na ovo drugo pitanje. Ne toliko radi argumentacije koliko u cilju orijentacije, iznijecemo najprije podatke nekih autora u tom pogledu.

Kod debljinskog stepena od 50 cm i za srednje stanišne prilike iznose visine stabala prema:

Vrst drveta:	jela	smrča	bukva
Prodanovim krivuljama visina:	26,1	28,5	— m
Šurićevim krivuljama visina:		26,0	27,5 m
Postojećim bonitetnim krivuljama (i našim):	26,8	28,7	26,8 m

Prema bonitetnoj dispoziciji koju je dao Flury za Švajcarsku, u srednjim stanišnim prilikama jelova stabla su viša za oko 3 m nego prema Prodanovim krivuljama, a smrčeva za oko 2,5 m (10). Budući da ne raspoložemo sa odgovarajućim visinama bukovih stabala u prebornim sastojinama srednjeevropskih zemalja, to ćemo se za naša razmatranja poslužiti prosječnom visinom za srednje stanišne prilike i srednji prečnik od 50 cm za jednodobne sastojine. Prema Wiedemannovim tablicama za jaku proredu ona bi trebalo da iznosi oko 30,0 m, dakle, oko 3 m više nego prema našoj srednjoj krivulji (38).

Kako se iz ovog pregleda vidi, dosta dobro je podudaranje između visina stabala za srednje stanišne prilike prema našim i Prodanovim krivuljama visina. Nešto veća razlika kod jele može se objasniti.

Ranije smo imali iste bonitetne krivulje visina za jelu i smrču. Kako su smrčeva stabla viša od jelovih istog debljinskog stepena, za stepen od 50 cm oko 2,5 m, to je objedinjavanje ovih dviju vrsta povuklo visinu stabala za srednje stanišne prilike prema gore u odnosu na istu visinu kad bi

se ona utvrđivala samo za jelu, a prema dolje kad bi se isto utvrđivalo samo za smrču. Zahvaljujući većoj zastupljenosti jele nego smrče u Republici, približno kao 2 : 1, uticaj manjih visina jelovih stabala na položaj srednje krivulje visina bonitetne dispozicije bio je veći nego uticaj većih visina smrčevih stabala; razlike između visina stabala prema toj dispoziciji i realnih visina bile su za smrču oko dva puta veće nego za jelu. Za debljinski stepen od 50 cm to bi iznosilo oko 2/3 od spomenuta 2,5 m za smrču, a za jelu oko 1/3 (obratno proporcionalno spomenutom uticaju). Za smrču su baš zbog tih većih razlika nedavno izradene posebne bonitetne krivulje visina (8), koje leže više u odnosu na ranije, približno za taj iznos. Za jelu tada nisu izradene posebne bonitetne krivulje zbog manjih spomenutih razlika, kao i zbog razloga koji su ranije navedeni. Da je to učinjeno, nestalo bi skoro potpuno razlike između visina jelovih stabala za srednje stanišne prilike prema našim i Prodanovim krivuljama visina.

1954. godine su razvrstane sve sastojine na području Bosne i Hercegovine prema bonitetu staništa (19). Za sastojine jele i smrče to je izvršeno na bazi bonitetnih krivulja koje su izradene za obadvije vrste. Dobila se pravilna simetrična binomna krivulja, čije se tjeme podudaralo sa visinom srednje krivulje. To znači da je ona doista odgovarala srednjim stanišnim prilikama Republike, s obzirom na njihov bonitet. Ne samo to. Na osnovu toga se može, imajući u vidu malo prije izloženo, zaključiti da srednja krivulja visina novih bonitetnih krivulja za smrču odgovara našim srednjim stanišnim prilikama za tu vrstu, a zatim da bi srednja krivulja za jelu trebalo da leži nešto niže, za oko 1/2 m.

Razlike između naših visina za srednje stanišne prilike i Fluryevih ne mogu se, s obzirom na izloženo, a naročito istaknute razlike između Flurya i Prodana, uzeti kao osnov za sumnju u realnost naših srednjih krivulja visina kod debljinskog stepena od 50 cm. Uzrok može da leži u tome da su švajcarske stanišne prilike za odgovarajući stepen bolje ili pak u tome da je visina stabala sistematskim i dobro provedenim doznakama u toku proteklih decenija povećana u Švajcarskoj. Naravno, nisu isključeni i neki drugi uzroci.

Zbog istih razloga ne mogu se uzeti kao osnov za istu svrhu ni razlike između naših i Šuričevih srednjih krivulja visina.

Razvrstavanjem čistih bukovih sastojina dobila se asimetrična binomna krivulja za raspodjelu njihovih površina s obzirom na bonitet staništa, a prema postojećoj bonitetnoj dispoziciji za ovu vrstu. Tjeme binomne krivulje bilo je udaljeno od srednje bonitetne krivulje za oko 1/2 bonitetnog razreda, što iznosi kod debljinskog stepena od 50 cm oko 1,5 m, a ležalo je prema lošijim bonitetima. To znači da srednja bonitetna krivulja za čiste bukove sastojine ne odgovara prosječnom njihovom bonitetu staništa i da je previsoko postavljena za 1,5 m.

Za mješovite sastojine jele—smrče—bukve, čija je ukupna površina samo nešto manja nego čistih bukovih sastojina i kod kojih na bukvu otpada više od polovine njihove površine, dobila se binomna krivulja vrlo male asimetričnosti istog smjera.

Ako se uzmu u obzir obadvije kategorije, onda bi se mogao povući zaključak da je srednja krivulja visina za bukvu postavljena previsoko za oko 1 m.



Razlika između Šurićevih i naših srednjih krivulja visina za bukvu vjerovatno je nastupila zbog toga što je on imao u vidu staništa čitave zemlje, čiji je prosjek viši od prosjeka za našu Republiku. Veća visina stabala prema Wiedemannovim prinosnim tablicama mogla bi se jednim dijelom objasniti, uz pretpostavku da se radi o istim staništima, konstatovanom pojavom da stabla postižu veće visine, uz ostale iste uslove, u sklopljenim sastojinama nego u vrlo rijetkim gdje su ona jako izložena udaru vjetrova. Pošto, su, međutim, stanišne prilike različite — što ne mora da znači i različnu ekološku vrijednost u pogledu visine koju ona postižu kod debljinskog stepena od 50 cm — to i ovo upoređenje odnosno objašnjenje ima samo grubu orijentacionu vrijednost.

Ovdje treba da učinimo jednu napomenu: kako smo ranije istakli, bonitiranje je vršeno na bazi debljih stabala, među kojim zauzima centralno mjesto debljinski stepen od 50 cm. Visine ovih stabala bile su odlučujuće. Stoga su za ova razmatranja bili najpouzdaniji podaci koji se očitavaju sa krivulja kod ovog stepena. Ovo tim više što su visine postojećih bonitetnih krivulja visina nerealne, zbog nerealnog njihovog toka.

Iz izloženog proizilazi da je naša praksa za debljinski stepen od 50. cm dosta dobro utvrdila visine stabala za prosječna staništa jele, smrče i bukve na području Bosne i Hercegovine. Postoje indicije da bi one za jelu i bukvu trebalo da budu nešto niže, za 0,5 odnosno 1 m. Sa predstojećim melioracijama zemljišta i stručno provođenim doznakama podići će se prosječna visina stabala i ukloniti taj eventualni nedostatak u doglednom vremenu.

Ove prosječne visine predstavljaju prosjek onih šuma kod kojih postoje uslovi za šumsko gospodarenje. Prema tome, ne odnose se na one šume koje su se kod nas izdvajale u kategoriju „šuma izvan redovnog gospodarenja“. Na njih ćemo se još vratiti malo kasnije.

U prethodnom poglavlju smo konstatovali da naše krivulje imaju tok koji može da odstupa samo neznatno od realnog. Iz te konstatacije i konstatacije koju smo malo prije učinili proizilazi da su srednjim krivuljama realno predstavljene visine stabala koje odgovaraju raznim debljinskim stepenima za prosječne stanišne prilike vrste drveta (s obzirom na bonitet) u prebornim šumama naše Republike. Numerički podaci su izneseni u tablici 4, u koloni „bonitetni razred III“.

Za te stanišne prilike odnos između visina jelovih, smrčevih i bukovih stabala nije isti za sve debljinske stepenove; ako se označe visine jelovih stabala sa indeksom 100 kod svakog debljinskog stepena, onda odgovarajući indeksi iznose:

Debljinski stepen:	10	20	30	40	50	60	70
za smrču	116	111	109	107	107	106	106
za bukvu	133	111	102	100	100	100	100

Smrčeva i bukova stabla su kod najtanjeg debljinskog stepena znatno viša, za 16 odnosno 33<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Idući prema jačim debljinskim stepenima, te se razlike smanjuju. Između bukve i jele nestaje ih, praktično uzevši, već kod stepena 30. Razlike između smrče i jele održavaju se sve do najjačih debljinskih stepenova, kod kojih su smrčeva stabla viša za 60<sup>0</sup>/<sub>0</sub>.

Za debljinski stepen od 50 m amplituda visina stabala, idući od najgorih do najboljih staništa svake vrste, iznosi prema krivuljama visina:



	jela	smrča	bukva	
Prodanovim:	13,3(20,9—34,2)	12,3(23,3—34,1)	—	m
Fluryevim:	19,2(20,8—40,0)	18,2(21,6—39,8)	—	m
Šurićevim:	17,0(17,8—34,8)		19,5(17,5—37,0)	m
Eić (—Matić):	18,3(17,2—35,5)	19,7(18,8—38,5)	16,6(18,5—35,1)	m

Prilikom izračunavanja amplitude uzeta je razlika između gornjeg ruba otpadajućeg pojasa najviše krivulje visine i donjeg njegovog ruba najniže krivulje visine.

Kako se vidi iz podataka, postoji dosta veliko šarenilo u pogledu širine amplitude. Naročito se odvaja od ostalih amplituda, amplituda koja proizlazi iz Prodanovih krivulja visina. Razlike u tom pogledu su posljedica toga kako se daleko išlo u obuhvatanju najboljih i najlošijih staništa, **imajući u vidu potrebe prakse**, a u manjoj mjeri od stvarne veličine amplitude koja se javlja između ekstremno najboljih i ekstremno najgorih staništa u okviru šuma koje ostaju po izdvajanju kategorije „šume izvan redovnog gospodarenja”. Različna shvatanja u tom pogledu uglavnom su povukla sa sobom spomenuto šarenilo.

Osvrnućemo se samo na pitanje u kojoj mjeri su našim krivuljama visina obuhvaćene stvarne amplitude za jelu, smrču i bukvu u Republici, jer ne raspoložemo odgovarajućim podacima za druge.

Kad je izvršeno razvrstavanje svih sastojina jele i smrče, o čemu je bilo ranije riječi, ispostavilo se da je ukupna površina onih sastojina koje pripadaju I i V bonitetnom razredu vrlo mala u odnosu na površine koje pripadaju ostalim bonitetnim razredima. Od ukupne površine otpalo je na I bonitetni razred svega oko 20%, a na V svega oko 30%. Budući da se udio površina koje pripadaju pojedinim bonitetnim razredima vrlo naglo smanjuje, idući od III bonitetnog razreda prema I i V, to se može zaključiti da, praktično uzevši, ni nema površina čiji bi bonitet staništa bio bolji od I ili gori od V bonitetnog razreda.

Situacija se u tom pogledu nije izmijenila za smrču zavodenjem njenih posebnih bonitetnih krivulja.

Iz izloženog proizilazi da je krivuljama visina obuhvaćena stvarna amplituda visina stabala za ove dvije vrste na površinama koje su ostale poslije izdvajanja šuma iz kategorije „šume izvan redovnog gospodarenja”. Najvišim i najnižim krivuljama visina određene su najviše odnosno najniže visine stabala.

Ostalo je još da vidimo šta bi bilo sa amplitudom ako bi se uzele u obzir i „šume izvan redovnog gospodarenja”.

Radi se isključivo o lošijim staništima i, prema tome, u pitanju je samo donja granica. Površina ove kategorije je u odnosu na ukupnu površinu jelovih i smrčevih šuma vrlo mala. Ako se izuzme površina onih sastojina, čiji graf ne leži ispod donjeg ruba pojasa najnižih krivulja visina, onda se ostaje na upravo neznatnoj površini, koja se može zanemariti. Učini li se to, onda je našim najvišim i najnižim krivuljama visina uopće određena amplituda visina jelovih i smrčevih stabala na području Bosne, a srednje krivulje odgovaraju prosječnim staništima s obzirom na bonitet.

Površina bukovih šuma koje pripadaju I bonitetnom razredu je u odnosu na ukupnu njihovu površinu još manja nego kod jele i smrče. Stoga je gornjom rubom pojasa najviše krivulje visina i ovdje određena visina stabala za najbolja staništa. Sa donjom granicom je nešto drukčija situacija.



Zbog relativno velike zastupljenosti površina koje pripadaju V bonitetnom razredu može se očekivati da postoje sastojine kojim se redovno gospodari, a čiji graf leži ispod donjeg ruba pojasa najniže krivulje šuma. Prema tome vjerujemo da ova ne određuje visine stabala najgorih staništa naših privrednih bukovih šuma. Površina ovih staništa je vjerovatno mala, ali se ne bi mogla zanemariti. Prema našoj ocjeni, ne bismo učinili pogrešku ako bismo uzeli da su najviše visine stabala manje za širinu pojasa krivulja od najniže krivulje visina.

Površina bukovih šuma koje su izdvojene u kategoriju „šume izvan redovnog gospodarenja” je znatno veća nego kod jelovih i smrčevih šuma. Ova kategorija obuhvata dobrim dijelom zonu subalpinske bukve, i to pretežno one njene dijelove koji imaju veće nadmorske visine. Visina stabala, idući prema najvišim položajima, naglo se smanjuje i na kraju poprima klekaste forme. Visine stabala mogu da iznose, uprkos velikoj starosti, i manje od jednog metra.

Prema tome, našom amplitudom ne samo da nisu obuhvaćene visine bukovih stabala na najgorim staništima, nego njihov graf visina leži daleko ispod najniže krivulje visina. O tome kako on nisko leži, kao i o visinama koje odgovaraju prosječnim staništima, ne možemo konkretno govoriti, jer se u „šumama izvan redovnog gospodarenja” ne vrše, po pravilu, taksaciona snimanja.

Vrlo interesantno bi bilo pitanje u kakvoj zavisnosti su visine stabala od nadmorske visine. Osvjetljavanje ovog pitanja predstavlja vrlo složen problem koji bi bilo vrlo teško riješiti u danim prilikama. Stoga smo pokušali da sa podacima kojima raspolažemo učinimo bar nešto u tom pogledu, i to na bazi prosječnih visina stabala za parcele, razvrstane s obzirom na njihovu nadmorsku visinu. Intervali nadmorske visine i brojevi parcela svakog intervala izneseni su u tablici 1.

Broj parcela u pojedinim intervalima nadmorske visine je znatan. Izuzetak predstavlja samo prvi interval za jelu i smrču. Stoga se može očekivati da će srednje visine stabala svakog od intervala dosta dobro odgovarati njegovim prosječnim stanišnim prilikama i da će se zbog toga ispoljiti zakonitost spomenute zavisnosti. S obzirom da se radi o vrlo grubom metodi rada, rezultati mogu imati orijentacionu vrijednost.

Prosječne visine jelovih stabala bile su u zoni prvog intervala niže od visina koje odgovaraju srednjoj krivulji visina za oko  $1/3$  od širine njenog pojasa. Kod drugog i dalje sve do uključivo petog intervala bile su one uglavnom na istom nivou, i to iznad spomenute krivulje za oko  $1/5$  od širine njenog pojasa. Tek iznad 1250 m nadmorske visine javlja se veće smanjivanje visina jelovih stabala.

I kod smrče se ta pojava ispoljava kod iste nadmorske visine. Do 1250 m, visine smrčevih stabala su više od srednje krivulje visina za  $1/3$  do  $1/2$  širine njenog pojasa. Iznad 1250 m visine su niže.

Visine bukovih stabala su bile najviše u zoni prvog intervala. Odgovarale su visinama srednje krivulje visina. Prema višim položajima one se dosta ujednačeno smanjuju sve do 1250 m, gdje su niža od srednje krivulje za oko  $1/2$  širine njenog pojasa. Iznad 1250 m one se naglo smanjuju.

Na osnovu dobivenih rezultata ne može se određenije govoriti o nadmorskoj visini kod koje su, u našim prilikama, najviša jelova i smrčeva stabla odnosno kod kojih su najbolja staništa za ove dvije vrste, uzevši ih u pro-

sjeku. Može se zaključiti jedino to da ona leže negdje između 450 i 1250 m nadmorske visine i da postoje indicije da, uzevši u prosjeku, nema nekih razlika u bonitetu u toj zoni. U dobivenim rezultatima određenije se ispoljava pojava da se najbolja staništa bukve, prosječno uzevši, nalaze na našim najnižim položajima. Naravno, ne dolaze u obzir doline rijeka.

Na osnovu prikupljenog materijala u prebornim šumama u Švajcarskoj, u kojim je bila, po pravilu, najzastupljenija jela, Flury je došao do zaključka da se kod tankih stabala u prebornim sastojinama bonitet staništa ne ispoljava u njihovoj visini (10). Drugim riječima, da su visine takvih stabala podjednake, bez obzira na bonitet staništa. Po njegovom nalazu diferenciranje u tom pogledu počinje kod stabala sa prečnikom od oko 25 cm.

Naše krivulje visina ne potvrđuju taj nalaz. To se jasno ispoljava u podacima tablice 7, u kojoj su prikazani relativni odnosi između krivulja visina. U njoj su izneseni odgovarajući indeksi za krivulje na najboljem i na najlošijem staništu ako se krivulje na srednjim staništima označe indeksom 100.

RELATIVNI ODNOSI IZMEĐU KRIVULJA VISINA

Tablica 7

Debljinski stepen:	10	20	30	40	50
Jela na I b. r.:	111	120	124	125	126
Jela na V b. r.:	89	80	76	75	74
Smrča na I b. r.:	122	124	127	128	127
Smrča na V b. r.:	78	76	73	72	73
Bukva na I b. r.:	116	124	125	125	124
Bukva na V b. r.:	83	76	75	75	74

I ako se raspon između krivulja na najboljem i najlošijem staništu u apsolutnom iznosu naglo smanjuje, idući od najdebljih stabala prema tankim, njegovo relativno smanjivanje nije, izuzev kod jele, veliko. Kod nje on pada sa 52% (od ordinate krivulja za debela stabla za srednja staništa) na 22%, kod bukve sa 50% na 33% i smrče sa 54% na 44%. Uprkos ovom smanjenju kod jele, još se uvijek sačuvao uticaj boniteta na visinu, kod tanjih stabala u znatnoj mjeri, kod bukve još u većoj, a kod smrče je on samo nešto manji nego kod debelih stabala. U ispoljavanju boniteta staništa na visinu srednjih i debelih stabala gotovo i nema razlike. Ovim se dovodi u pitanje i njegova preporuka da se bonitiranja staništa vrše isključivo na bazi debelih stabala, sa motivacijom da se kod tanjih stabala ne ispoljava bonitet staništa u njihovoj visini. Mogu doći u obzir i srednja stabla, a naročito kad je u pitanju naš dosadašnji način izbora stabala za utvrđivanje grafa visina. Budući da su, naime, debela stabla po pravilu predstavljena u malom broju kod konstrukcije grafa, to je i dio grafa koji se odnosi na njih, kako smo vidjeli u prethodnom poglavlju, nesiguran.

### 3) Odnosi između visina jelovih, smrčevih i bukovih stabala u mješovitim sastojinama ovih vrsta

Ovi odnosi mogu, razmatrajući ih za razna staništa i međusobno ih upoređujući, da pruže osnove za poduzimanje nekih mjera radi podizanja prinosa. Uslov je da se prethodno izdvoje tipovi staništa, tako da unutar svakog od njih budu podjednaki uslovi za razvoj svake od ovih vrsta i da su prinosi podjednaki. U uvodnom dijelu je već istaknuto, da mi nismo



mogli na toj osnovi da izvršimo naša ispitivanja i navedeni su i razlozi. Stoga ćemo se i ovdje morati zadovoljiti grubim kategorijama u tom pogledu. Formirali smo tri kategorije, i to na bazi: udjela vrsta, nadmorske visine i geološkog supstrata.

U okviru pripreme materijala obračunate su relativne vrijednosti za visine stabala po debljinskim klasama za svaku parcelu, naravno, po vrstama drveta, pri čemu je označena visina jelovih stabala u svakoj klasi sa indeksom 100.

S obzirom na sastav vrsta, razlikovali smo svega dvije kategorije: šume smrče—jele i jele—bukve. Dakle, kao i u jednom našem ranijem radu (19). U prve smo svrstali one parcele u kojima je bukva participirala sa manjim procentom od 15 s obzirom na zapreminu drveta, a u druge parcele u kojim je bukva participirala sa 15% ili više. Šume prve kategorije nalaze se, po pravilu, na zaravnim ili blaže nagnutim terenima nadmorskih visina od 1000—1400 m. Kod prve kategorije se zastupljenost jele i smrče odnosi približno kao 1 : 1, a kod druge kao 3 : 1.

Nakon razvrstavanja parcela obračunati su prosječni indeksi visina stabala za debljinske klase. Dobiveni rezultati su izneseni u tablici 8.

Zbog znatnog broja parcela može se očekivati da podaci koji se odnose na svaku od ove dvije kategorije šuma dosta dobro odgovaraju njenim prosječnim stanišnim prilikama, uzevši u obzir sve šume iste kategorije na području Republike. U tome i vidimo osnov za neke zaključke koji mogu da imaju vrijednost za planiranja širokih razmjera.

Kako se vidi iz tablice, veće su razlike između visina smrčevih i jelovih stabala u šumama smrče—jele nego u šumama jele—bukve. To znači da

Tablica 8

Vrst drvet a	Kategorija šuma	Broj par-cela	Debljinska klasa					
			15	25	35	45	55	65
jela			100	100	100	100	100	100
smr.	smrča-jela	61	110,2	109,5	107,5	106,1	104,6	106,0
"	jela-bukva	134	107,3	106,7	106,0	105,0	104,7	103,7
buk.	smrča-jela	61	110,9	95,7	90,7	88,6	87,3	88,3
"	jela-bukva	134	119,6	109,5	99,4	96,7	94,9	93,4

su uslovi za razvoj smrče u odnosu na uslove za razvoj jele bolji u prvoj kategoriji šuma nego u drugoj i da se mogu postići bolji rezultati u pogledu povećanja prinosa s povećanjem udjela jele u drugoj kategoriji šuma nego u prvoj. S time, naravno, ne plediramo na ograničavanje u proširavanju fonda jele, kao vrste s kojom se mogu postići vrlo visoki prinosi na našim velikim šumskim površinama, na šume jele—bukve. Dolaze u obzir i druge šume, kao što su čiste bukove šume.

Osjetno manje visine bukovih stabala od jelovih u šumama smrče—jele nego u šumama jele—bukve ukazuje na mnogo lošije uslove za razvoj bukve u odnosu na uslove za razvoj jele u prvoj kategoriji. To potvrđuje već ranije zapaženu pojavu od strane praktičara da su u prvoj kategoriji bukova stabla manje tehničke vrijednosti nego u drugoj. Stoga se i forsiranje bukve u prvoj kategoriji preko onog udjela koji se može opravdati aktivnošću na podizanju prirasta jele i smrče, ili sa stanovišta zaštite šuma, ne može opravdati sa ekonomskog stanovišta.

Tablica 9

Vrst drveta	Kategorija šuma	Nadmorska visina u m.	Broj parcela	Indeks debljinske klase					
				15	25	35	45	55	65
Jela Smrča	Šume smrče—jele	600—800	4	100	100	100	100	100	100
		800—1000	8	107,0	106,7	104,4	100,9	100,8	100,9
		1000—1200	24	103,6	106,6	106,0	104,7	104,3	106,5
		1200—1400	19	110,6	109,3	106,6	105,0	104,3	104,2
		preko 1400	6	112,6	111,8	109,3	107,9	107,3	108,1
	Šume jele—bukve	600—800	20	105,4	107,3	107,5	107,8	108,0	108,4
		800—1000	45	99,5	105,6	104,2	99,7	95,2	91,8
		1000—1200	35	113,6	110,8	108,7	107,8	108,5	105,4
		1200—1400	16	107,1	105,8	105,1	104,2	104,0	104,5
		preko 1400	12	107,5	106,5	106,2	105,3	105,0	103,2
Bukva	Šume smrče—jele	600—800	4	105,2	106,3	106,2	105,8	105,3	104,2
		800—1000	8	93,7	90,4	89,2	88,6	88,9	—
		1000—1200	24	113,3	95,7	90,2	88,5	86,2	83,5
		1200—1400	19	111,5	95,2	90,5	89,4	88,2	88,9
		preko 1400	6	118,3	99,8	92,2	86,5	78,9	83,9
	Šume jele—bukve	ispod 600	6	102,2	92,9	90,2	90,9	92,2	94,2
		600—800	20	127,2	109,7	99,4	96,0	94,9	94,6
		800—1000	45	115,9	103,2	98,6	94,2	96,3	95,5
		1000—1200	35	120,2	106,2	101,3	98,2	96,6	94,9
		1200—1400	16	113,6	102,0	98,0	95,1	93,6	93,1
preko 1400	12	115,5	105,4	98,7	94,4	92,5	89,4		
				142,1	114,4	102,1	95,7	92,0	88,9



U tablici 9 prikazani su međusobni odnosi ovih triju vrsta s obzirom na visine njihovih stabala u zavisnosti od nadmorske visine, odvojeno za spomenute dvije kategorije. Zbog malog broja parcela u pojedinim kategorijama, formiranih na bazi nadmorskih visina, naročito u šumama smrče—jele, nije se mogla ispoljiti jasno zakonitost, jer postoji čitav niz drugih faktora koji nisu uzeti u obzir i koji različito djeluju. Može se govoriti samo o nekim tendencijama.

Tako iz pregleda proizilazi da su u šumama smrče—jele uslovi za smrču u odnosu na jelu povoljniji što je veća nadmorska visina. U šumama jele—bukve postoji nagao porast u istom smislu od 600—800 m do 800 do 1000 m, ali onda sa porastom nadmorske visine uslovi za smrču u odnosu na jelu najprije nešto padaju i dalje se održavaju na istom nivou.

O tome kako se mijenjaju uslovi za bukvu u odnosu na jelu u šumama smrče—jele, vrlo je teško nešto reći na osnovu raspoloživog materijala, čemu je, pored malog broja parcela, doprinijela velika varijabilnost od parcele do parcele istih kategorija, uslovljena malim udjelom bukve.

Isto tako i kod šuma jele—bukve ne ispoljava se jasnija zakonitost u promjenama uslova za bukvu u odnosu na jelu sa promjenom nadmorske visine. Jedino se kod prve dvije debljinske klase zapažaju veće visine stabala kod najviših i najnižih položaja, što bi bilo u skladu sa činjenicom da u našim prilikama gornja granica bukve leži više nego kod jele (i smrče) odnosno da je donja granica areala bukve mnogo niža nego kod jele.

Prilikom snimanja nismo imali odgovarajuće stručnjake za sigurno utvrđivanje tipa zemljišta i geološkog supstrata. Stoga i analize na toj bazi ne bi bile pouzdane. Jedino što smo mogli sigurno učiniti u tom pogledu, jeste odvajanje parcela na krečnjaku od ostalih parcela. Odnosi na toj bazi prikazani su u tablici 10.

Tablica 10

Vrst drveta	Kategorija šume	Geološki supst.	Broj parcela	Debljinska klasa					
				12	25	35	45	55	65
Jela Smrč.	smrče—jele	krečnjak	48	100	100	100	100	100	100
		ostalo	13	111,1	110,3	107,9	106,3	104,5	106,1
	jele—bukve	krečnjak	68	106,4	106,2	105,7	105,2	104,6	105,7
		ostalo	66	106,7	106,8	106,2	105,6	105,2	104,0
Buk.	smrče—jele	krečnjak	48	109,2	106,1	105,0	102,7	102,4	102,6
		ostalo	66	110,5	95,0	90,1	88,9	86,5	88,0
	jele—bukve	krečnjak	13	112,1	97,2	92,4	91,3	90,4	91,6
		ostalo	68	120,2	105,6	99,9	96,5	94,4	92,8
	jele—bukve	ostalo	66	118,9	105,1	98,9	97,0	95,3	94,0

Iz prikazanog proizilazi da su na krečnjaku nešto bolji ulovi za smrču u odnosu na jelu nego na ostalim supstratima, i to kod obadva tipa šuma. Kod bukve se ne zapažaju u tom pogledu izrazitije razlike. Istina, prema indeksima izlazi da su u šumama smrča—jela bolji uslovi za bukvu u odnosu na jelu na ostalim supstratima nego na krečnjaku, ali zbog malog broja parcela to treba primiti sa velikom rezervom.

## 4) Uticaj sječa na visinu stabala u sastojini

U prebornim sastojinama s doznakama se zahvataju prvenstveno stabla s malim priraštajem. Izuzev najdeblje klase, po pravilu, to će biti niža stabla, naravno, u okviru istog debljinskog stepena. Kao logičnu posljedicu toga trebalo bi očekivati da će graf visina doznačenih stabala biti nešto niži nego graf visina svih stabala sastojine. Kao krajnja konsekvencija svega toga trebalo bi da bude povećavanje visina stabala sastojine. Ono ima prvenstveno računski karakter i, prema tome, ne znači i odgovarajuće povećanje prinosa. S dobro provedenim sječama iscrpljuju se, prema Fluryevom nalazu, rezerve u tom pogledu u toku 2—3 decenija, a mogu da iznose oko 1/2 bonitetnog razreda (10, 11 i 2). Tada se graf visina za sastojinu stabilizuje, naravno, uz pretpostavku racionalnih sječa i da se ne primjenjuju meliorativne mjere u cilju podizanja plodnosti zemljišta.

Radi osvjetljavanja ovog pitanja u našim prilikama iskorišćen je materijal koji se odnosi na provedenu doznaku stabala na našim parcelama. Ona je izvršena prvenstveno radi drugih razloga, a provedena je prema važećim uputstvima za doznake stabala u praksi. Za nas je ovdje značajan njihov propis koji se odnosi na način zahvatanja u kategoriji loših stabala. Propisano je da se ona imaju prvenstveno uklanjati iz šuma, ali tako da se ne iscrpljuje etat samo sa njima nego da se doznače i tehnički vrijednija stabla u slučaju kad to nije sasvim u oprečnosti sa težnjom podizanja vrijednosti prinosa (u grupama koje sačinjavaju samo dobra stabla, dobra stabla koja se nalaze na mjestima sa dobrim podmlatkom i sl.). Radi sprečavanja eventualnog prekomjernog zahvatanja u kategoriji vrijednijih stabala, uputstva sadrže propis da stanje poslije sječe mora biti bolje u pogledu njihovog procentualnog udjela nego prije sječe.

Doznaka stabala provedena je za jelu na 148, za smrču na 116 i za bukvu na 74 parcele.

Na svakoj parceli izračunate su, po vrstama drveta i debljinskim stepenima, srednje visine doznačenih stabala i svih stabala prije doznake, a zatim su izračunati kvocijenti između jednih i drugih. Prosječne njihove vrijednosti iznosile su:

Deblj. step.:	12,5	17,5	22,5	27,5	32,5	37,5	42,5	47,5	52,5	57,5	62,5	67,5	72,5
jela	0,94	0,98	0,94	0,96	0,96	0,98	0,98	0,96	0,99	0,98	0,97	0,97	0,99
smrča	0,89	0,89	0,94	0,92	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,97	0,98	0,97
bukva	0,94	0,92	0,93	0,93	0,95	1,00	0,97	0,98	1,00	0,95	1,00	0,98	0,98

Iz ovih podataka proizilazi da su razlike između visina jednih i drugih stabala veće kod tankih debljinskih klasa te da su, uzevši u cjelini, male. Tome je pridonio, po našoj ocjeni, vrlo veliki udio stabala lošeg kvaliteta (natrulih nepravilne deblvine itd.) koja doznaka u prvom redu zahvata, a koja nisu niža od normalnih stabala, ili bar nisu primjetno niža.

Budući da odstupanja doznačenih stabala od stabala sastojine, s obzirom na njihove visine, još leže unutar pojasa greške, o kojem je bilo riječi u prethodnom poglavlju, ne postoje za sada osnovi da se njihove zapremine obračunavaju po drugim tarifama nego stabla sastojine. Kad se smanji udio loših stabala s obzirom na kvalitet, možda će se javiti veća razlika u pogledu visine stabala i ukazati potrebe za to.



## II PROJEKCIJA KRUNE STABLA

Površine horizontalnih projekcija kruna pojedinih stabala predstavljaju taksacioni element čije poznavanje može korisno da posluži kod utvrđivanja normalnog stanja (18). U tome je i ležao glavni razlog da se pristupilo odgovarajućim snimanjima. Nisu, međutim, od sporednog značaja ni druge koristi od utvrđivanja ovog taksacionog elementa; on će nam poslužiti za objašnjenje nekih drugih pojava. Konačno njegovo poznavanje predstavlja već samo po sebi naučno interesantnu činjenicu. Uprkos tome nismo mogli, s obzirom na postavljene rokove i raspoložive kadrove, da sprovedemo snimanja na svim parcelama i na način koji bi nas mogao u potpunosti zadovoljiti. Zbog istog razloga nismo mogli ni misliti na utvrđivanje zapremine krune i vanjske njene površine, i ako se radi o naučno vrlo interesantnim elementima.

Predmet našeg razmatranja će biti:

- a) zavisnost projekcije krune od debljine stabla, boniteta staništa (izraženog visinom stabala), sklopa i srednjeg prečnika sastojine, i
- b) veličina površine projekcije krune.

Izvorni materijal za naše analize projekcija kruna predstavljaju očitane vrijednosti sa grafova veličina kruna pojedinih parcela. Broj parcela u kojim je vršeno utvrđivanje površine projekcija kruna iznosio je za jelu 108, za smrču 79 i za buku 145.

Nedostaci materijala o kojima je bila riječ u uvodnom dijelu, prvenstveno se odnose na veličinu krune. Ona u najvećoj mjeri zavise od toga na kojim se principima provodi sječa i od dužine perioda u kojem su se sječe provodile. Ujednačenost u pogledu veličine ovog taksacionog elementa pretpostavlja sistematski provedene sječe na istim principima u toku vrlo dugog perioda. Strogo uzevši, u toku perioda koji je potreban za rastenje najdebljih stabala, jer ona pretpostavlja, uzevši u prosjeku, istu osvijetljenost i isti raspoloživi prostor u toku rastenja drveta.

U našoj Republici, kako je istaknuto, svega toga nije bilo. Zbog kratkog perioda od vremena kada se počelo sa prevođenjem prašuma u priredni oblik, vrlo velike njegove varijabilnosti od područja do područja, neujednačenih principa na bazi kojih su provedene doznake itd. nije još moglo nastupiti ujednačenje veličina kruna i stabilizacija u tom pogledu. To će se javiti mnogo kasnije. Prema tome, podaci od kojih mi polazimo kao od izvornih odražavaju stanje jednog vremenskog razdoblja. Pošto će se ono mijenjati, to podaci, kao i rezultati naših analiza, imaju vremenski ograničenu vrijednost. To je njihova prva karakteristika. Druga je, vrlo velika varijabilnost koja je uslovljena izloženim.

### 1 Zavisnost projekcije krune od drugih taksacionih elemenata

Kod ove analize uzeti su kao nezavisni oni taksacioni elementi sa čijim se uticajem moglo unaprijed računati, ne samo kao vjerovatnim nego i znatnim. To su bili, kako je već istaknuto, debljinski stepen, bonitet staništa za vrstu čija se veličina kruna razmatra, sklop i srednji prečnik sastojine. Ostali taksacioni elementi su zanemareni (bonitet staništa za ostale dvije vrste, omjer smjese i dr.).

S jednostavnim funkcijama, tj. sa onim kod kojih se ne javljaju produkti varijabli kao sumandi, dobre rezultate može dati regresivna analiza onda, ako je uticaj jedne nezavisne varijable isti za različite vrijednosti druge, ili bar približno isti. Takva međusobna povezanost nije se mogla očekivati u našem slučaju između debljinskog stepena i sklopa, kao ni između debljinskog stepena i boniteta staništa. Očividno je bilo da smanjivanje stepena sklopa npr. od 1,0 na 0,5 ne može povlačiti iste promjene, ni relativne ni apsolutne, u pogledu veličina kruna kod najtanjih i najdebljih stabala, jer su krune kod ovih drugih najvećim dijelom slobodne i uz potpun sklop. Isto tako nije se moglo očekivati da će promjene u bonitetu staništa imati isti uticaj kod svih debljinskih stepenova.

Ako bi se to zanemarilo, onda bi se jednostavnim funkcijama dobio kao rezultat prosječni uticaj sklopa odnosno boniteta na sve debljinske stepene. Na osnovu njih bi se dobila kriva predstava o uticaju ova dva taksaciona elemenata na veličinu visina. Da bi se to izbjeglo — ukoliko se ostaje na spomenutim jednostavnim funkcijama — moraju se izvršiti međusobno nezavisne regresivne analize po debljinskim stepenima. U njima će otpasti, naravno, debljinski stepen kao nezavisna varijabla. Do uticaja ovog taksacionog elementa doći će se na kraju, povezivanjem dobivenih rezultata ovih analiza.

Kod svake od ovih regresivnih analiza treba izvršiti ogroman računski posao. Stoga smo se morali ograničiti samo na one debljinske stepenove kod kojih je to bilo neophodno nužno radi utvrđivanja promjena veličina kruna od stepena do stepena. Analiza je izvršena za sljedeće stepenove: 12,5, 17,5, 27,5, 37,5, 52,5, 67,5. Kod tanjih stabala razmak između stepena je manji, a kod debljih je veći. To je učinjeno zbog toga što smo očekivali kod prvih veće promjene u veličini kruna, promjenom debljine stabala, nego kod drugih.

Ako se zavisnost površina projekcija kruna od spomenutih taksacionih elemenata izrazi matematski, dobiva se sljedeća opća regresivna funkcija:

$$y = f_x(x) + f_\varphi(\varphi) + f_d(d) + k$$

u kojoj predstavlja:

- y . . veličinu površine projekcije kruna debljinskog stepena;
- x . . bonitet staništa za razmatranu vrstu drveta;
- $\varphi$  . . stepen sklopa;
- d . . srednji prečnik sastojine u prsnoj visini i
- k . . konstantnu veličinu koja vrši istu onu ulogu koju ima slobodni parametar, npr. kod funkcije parabole.

Kao prvi posao u okviru regresivne analize treba izabrati one funkcije za pojedine varijable ( $f_x$ ,  $f_\varphi$  i  $f_d$ ) koje će najbolje odgovarati uticaju svake od njih na veličinu površine projekcija kruna. U našem slučaju može se uticaj svake od njih vrlo dobro izraziti, kako se pokazalo, funkcijom parabola. Izuzetak predstavlja uticaj srednjeg prečnika kod nekih stepenova. Prema tome, gornja funkcija glasiće:

$$y = a_1x^2 + a_2x + g_1\varphi^2 + g_2\varphi + c_1d^2 + c_2d + k \dots \dots \dots (4)$$

za većinu debljinskih stepenova.

Slobodni parametri odabranih funkcija za uticaje pojedinih taksacionih elemenata slivaju se u zajednički slobodni parametar — k.

Ako odabrane funkcije doista mogu realno da izraze uticaje odgovarajućih taksacionih elemenata, onda se metodom najmanjih kvadrata dobivaju za parametre  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $g_1$ ,... i slobodni parametar-k vrijednosti uz koje je funkcijom (4) realno izražena zavisnost veličine površina projekcija kruna od spomenutih taksacionih elemenata. Međutim, vrlo često nije moguće na osnovu logičnog rasuđivanja realno odabrati funkcije te se prave greške u



tom pogledu. One se ispoljavaju ako se nanese residiumi na grafove uticaja pojedinih varijabli. I ne samo to. Sistem tačaka koji se dobiva nanašanjem residiuma određuje, po pravilu, funkciju koja može realno da izrazi uticaj dotične varijable. Samo u slučajevima, kad su pri izboru funkcija učinjene veće greške za dvije ili više varijabli, onda se na osnovu dobivenog sistema tačaka mogu povući krivi zaključci, ali sa manjim greškama nego što je to učinjeno pri prvom izboru. Ponavljanjem čitave analize dolazi se i u najtežim slučajevima do sistema tačaka koji određuje realne funkcije — za uticaj pojedinih nezavisnih varijabli. Po pravilu, mora se postupak ponoviti bar dvaput.

Postupak je jednostavan. Nakon prvog izbora funkcija za uticaj pojedinih nezavisnih taksacionih elemenata, odrede se metodom najmanjih kvadrata vrijednosti parametara funkcije (4). Zatim se obračunaju veličine površina projekcija kruna za svaku parcelu po dobivenoj funkciji. Označe li se one sa  $y_1, y_2, \dots$ , a sa  $Y_1, Y_2, \dots$  veličine kruna koje su očitane sa grafova projekcija kruna parcela (naši izvorni podaci), onda su sa  $y_1 - Y_1, y_2 - Y_2, \dots$  predstavljeni residiumi.

Radi razmatranja realnosti izbora funkcija za uticaj svakog od nezavisnih taksacionih elemenata potrebno je u dobivenu složenu funkciju uvrstiti srednje vrijednosti svih elemenata, izuzev onog za koji se to razmatranje vrši. Tako npr. ako se radi o razmatranju uticaja boniteta staništa, treba u funkciju uvrstiti aritmetičke sredine stepenova sklopa i prečnika za sve parcele koje su analizom obuhvaćene. Na taj način dolazi se u našem slučaju do funkcija parabole. Ona se grafički prikaže i nanese residiumi iznad i ispod dobivenog grafa, već prema njihovom predznaku, kod odgovarajuće apscise (na apscisi koja odgovara bonitetu parcele za razmatranu vrstu). Na taj način se dolazi do sistema tačaka koji određuje funkciju koja može da izrazi uticaj boniteta staništa, ukoliko nije učinjena gruba greška kod izbora funkcije za uticaj sklopa i srednjeg prečnika. To isto se zatim izvrši i za ostala dva taksaciona elementa, uvrštavajući u složenu funkciju srednje vrijednosti za bonitet staništa i srednji prečnik, ako se radi o razmatranju uticaja sklopa, a ako se radi o razmatranju uticaja srednjeg prečnika, onda srednje vrijednosti za bonitet staništa i sklop.

Pokaželi se da neka od funkcija nije dobro izabrana, bira se novu na osnovu sistema tačaka koji se dobio nanašanjem residiuma i čitav postupak ponavlja: najprije se metodom najmanjih kvadrata određuju ponovno parametri složene funkcije, a zatim se obavlja ostali dio izloženog postupka.

Može nastupiti situacija da se metodom najmanjih kvadrata ne može doći do rješenja koje može da nas zadovolji. To se događa onda ako je zastupljenost izvornih podataka unutar pojedinih intervala nekog taksacionog elementa vrlo različita, a njihovo je rasturanje inače vrlo veliko. Takvi slučajevi su kod nas vrlo česti, što je i razumljivo kada se ima u vidu da se radi o biološkoj oblasti.

Tako npr. zastupljenost parcela sa najboljih i najlošijih staništa je vrlo mala u odnosu na zastupljenost parcela sa srednjih staništa. To je nastupilo, kako je već istaknuto zbog toga, što su takva staništa vrlo rijetka. Za razmatranje veličine kruna za jelu npr. raspoložemo svega sa 4 parcele za najlošija i 8 za najbolja staništa. Broj parcela kod smrče za ista staništa iznosi 2 odnosno 4. Zbog njihovog malog broja, dakle, i malog sveukupnog uticaja na položaj funkcije izjednačenja, te velikih varijabilnosti, događa se u takvim slučajevima, da se metodom najmanjih kvadrata dođe do funkcije u kojoj nije došao da izražaja realan uticaj boniteta staništa, uprkos tome što se on jasno ispoljava u sistemu tačaka koji se dobiva nanašanjem residiuma.

U takvim slučajevima može doći do zadovoljavajućeg rješenja metodom sukcesivne aproksimacije (9). On je, sa nekim izmjenama, primijenjen za analizu površina projekcija kruna i koeficijenta prekrivanja, kao i za neke druge naše regresivne analize.

Metod je razrađen za slučajeve kad ne postoji podesna funkcija za izražavanje uticaja nekog ili više faktora, nego se čitav problem rješava dijelom numerički, a dijelom grafički. Sam postupak je u suštini jednostavan, ali traži velike računске radnje.



Najprije se provede linearna regresivna analiza. U našem slučaju to znači da bi se za uticaj boniteta staništa, sklopa i srednjeg prečnika uzele funkcije pravca. Složena funkcija bi glasila:

$$y = a x + g \varphi + c d + k \dots \dots \dots (5)$$

Metodom najmanih kvadrata odrede se parametri funkcija. Uvrštavajući u funkciju redom: prosječni sklop i prosječni srednji prečnik, prosječni srednji prečnik i prosječni bonitet staništa, prosječni bonitet i prosječni sklop, dolazi se do tri funkcije pravca: s prvim će biti predstavljen uticaj boniteta staništa, s drugim uticaj sklopa i s trećim uticaj srednjeg prečnika. Ti uticaji će biti predstavljeni u najboljem slučaju samo vrlo grubo, po pravilu, krivo.

Po izvršenom obračunu površina projekcija krana za pojedine parcele, a prema dobivenoj funkciji, izračunavaju se residiumi  $y_1 - Y_1, y_2 - Y_2 \dots$  i nanesu na spomenute pravce koji se prethodno grafički prikažu. Ne mora se nanositi posebno svaki residium; oni se mogu grupisati po odabranim intervalima taksacionih elemenata i nanijeti njihove aritmetičke sredine. Tako npr. ako se radi o uticaju srednjeg prečnika, mogu se formirati sljedeći intervali: do 25, od 26 do 28, od 29 do 31 itd. Prilikom utvrđivanja srednjih vrijednosti, ne utvrđuje se samo aritmetička sredina za residiume nego i za srednje prečnike unutar intervala. Dobivenim sistemima tačaka (za uticaj boniteta staništa, sklopa i srednjeg prečnika) povlače se prostom rukom krivulje. One moraju da budu što pravilnije, kontinuelno da mijenjaju svoj nagib, s time da izjednačuju sisteme tačaka.

Krivulje bolje izražavaju uticaj funkcija nego pravci, ali se još nije došlo do zadovoljavajućeg rješenja. U tu svrhu je potrebno ponoviti postupak, po pravilu nekoliko puta.

Kod ponavljanja postupka prvo se određuju residiumi, koristeći u tu svrhu krivulje do kojih se došlo u prethodnom. Od vrijednosti koja proizilazi iz njih za svaku parcelu odbija se projekcija koja je očitana ranije sa grafa projekcija krana za parcelu, tj. sa kojom se kao izvornom ušlo u analizu. Označimo na taj način dobivene residiume sa  $y'_1 - Y_1, y'_2 - Y_2 \dots$  kod kojih  $y'_1, y'_2 \dots$  predstavljaju „vrijednost koja proizilazi...”. Određivanje ovih vrijednosti je nešto složenije.

Slobodni parametar polazne funkcije (5) triput je došao do izražaja prilikom utvrđivanja uticaja pojedinih taksacionih elemenata: kod utvrđivanja funkcija pravca za uticaj boniteta staništa, zatim sklopa i na kraju, srednjeg prečnika. Prema tome, on je došao triput do izražaja i u krivuljama do kojih se došlo u prvom postupku. Do nerealnih vrijednosti bi se stoga došlo za  $y'_1, y'_2 \dots$  ako bi se za parcele očitale vrijednosti za sve tri krivulje, ove jednostavno zbrojile i na tome ostalo. Tako dobivene vrijednosti treba još linearno smanjiti za jednu konstantnu veličinu, i to takvu da suma residiuma bude jednaka nuli. Veličina konstante jednaka je:

$$\frac{\sum [f(x)_1 + f(\varphi)_1 + f(d)_1 + f(x)_2 + f(\varphi)_2 + f(d)_2 + \dots + f(x)_n + f(\varphi)_n + f(d)_n]}{n} - \frac{\sum (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n)}{n}$$

gdje su obilježeni sa:

$Y_1, Y_2 \dots$  utvrđene površine projekcija sa grafa projekcija krana parcele 1, 2... (izvorni podaci);

$f(x)_1, f(x)_2 \dots$  očitane vrijednosti sa dobivene krivulje kod prvog postupka za uticaj boniteta, staništa i to kod boniteta staništa parcele 1, 2... za razmatranu vrstu;  $f(\varphi)_1, f(\varphi)_2 \dots$  i  $f(d)_1, f(d)_2 \dots$  analogne očitane vrijednosti sa krivulja koje su dobivene za uticaj sklopa odnosno srednjeg prečnika.

Residiumi se zatim razvrstavaju na izloženi način, određuju se prosječne njihove vrijednosti za odabrane intervale i one nanose na krivulje do kojih se došlo u prvom postupku. Sistem tačaka koji se time dobio, izjednačuje se na isti način kao i kod prvog postupka.

Krivulje do kojih se dolazi u drugom postupku realnije izražavaju uticaj varijabli nego one do kojih se došlo u prvom. Ali to još ne znači da nas one mogu zadovoljiti. To će biti onda kada se, ponavljajući postupak, praktično uzevši izgube razlike u obliku i položaju između dobivenih krivulja u dva uzastopna postupka.

Naše izmjene u ovom metodu sastojale su se u sljedećem:

a) sistemi tačaka koji su dobiveni nanašanjem residiuma izjednačivani su metodom najmanjih kvadrata na bazi funkcije koja je najbolje odgovarala. Nisu nanašani residiumi za svaku parcelu nego prosječne njihove vrijednosti za odabrane intervale razmatranog taksacionog elementa. Naravno, prilikom izjednačenja uzeto je u obzir, sa koliko je slučajeva bila



predstavljena svaka ordinata. Kako je već istaknuto, primjenjene su skoro isključivo parabole drugog reda, a samo iznimno pravci;

b) od dobivenih funkcija slobodni parametri su odbačeni, a od ostalih dijelova formirana je složena funkcija tipa (4). Provizorna vrijednost njenog slobodnog parametra određena je na jedan približan način koji za nas ovdje uopće nije interesantan;

c) na osnovu tako dobivene funkcije obračunate su provizorne površine projekcije kruna  $y'_1, y'_2, \dots$ , uvrštavajući u funkciju bonitet staništa razmatrane vrste, sklop i srednji prečnik parcela 1, 2, ...;

d) zatim je provizornoj vrijednosti slobodnog parametra dodana, odnosno oduzeta vrijednost:

$$\frac{\Sigma (y'_1 + y'_2 + \dots + y'_n) - \Sigma (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n)}{n}$$

već prema njenom predznaku. Na taj način konstanta je dobila onu vrijednost uz koju je suma residiuma jednaka nuli;

e) nakon ove korekcije obračunate su ponovno površine projekcija kruna za parcele po korigovanoj složenoj funkciji.

Postupak je ponavljan, kao i kod metoda sukcesivne aproksimacije, sve dotle dok se nije došlo do rezultata koji se daljnjim ponavljanjem ne bi, praktično uzevši, mijenjao.

Kako se vidi iz izloženog, suštinska izmjena se sastoji u tome što izjednačenje sistema tačaka, dobivenih nanašanjem residiuma, nije vršeno grafički nego metodom najmanjih kvadrata na bazi matematski izraženih funkcija. U tome ne treba gledati način rada koji daje bolje rezultate. Naprotiv, po našem mišljenju, od grafičkog rješavanja mogu se očekivati bolji rezultati u slučaju kad se radi o obimnim izvornim podacima i o manjoj varijabilnosti, tj. onda kada izvorni podaci preciznije predodređuju međusobne odnose pojava. Matematski izražene funkcije, koje radi pojednostavljenja računskih radnji treba da budu jednostavnije, su krute za tu svrhu. Vrlo je mala vjerovatnoća, međutim, da bi se kod nas grafičkim rješavanjem postigli bolji rezultati, zbog velike varijabilnosti izvornih podataka i, relativno uzevši, malog njihovog obima.

Prednost naših izmjena ogleda se donekle u tome, što je izbjegnuto očitavanje vrijednosti sa grafova i što su izbjegnute greške koje iz toga proizilaze. Svi podaci, koji se kod metoda sukcesivne aproksimacije očitavaju iz grafova, kod nas su određeni numerički. Glavna prednost, međutim, ogleda se u tome što su naše izmjene omogućile šematiziranje svih radnji, izuzev izbor funkcija za izjednačenje, tako da su najveći teret posla mogle preuzeti pomoćne tehničke sile. To je doprinijelo u velikoj mjeri tome da se posao ubrzao i pojeftinio.

Na kraju treba da istaknemo da se metodom sukcesivne aproksimacije ne dolazi do funkcije uz koju je suma kvadrata odstupanja vrijednosti, koje proizilaze iz funkcija i izvornih podataka — minimalna, nego do funkcije uz koju je samo suma residiuma jednaka nuli. U tome mi ne vidimo nikakav naročiti nedostatak,

U tablici 11, izražene su funkcije do kojih se došlo na izloženi način. U zaglavlju je navedena složena funkcija u općem obliku, a u samoj tablici navedene su vrijednosti parametara za naše tri vrste drveta po debljinskim stepenima. Kako se vidi iz podataka tablica, uticaji sva tri taksaciona ele-

FUNKCIJE ZA POVRŠINE PROJEKCIJA KRUNA STABALA PREBORNIH ŠUMA U m<sup>2</sup>,  
(Funktionen der Schirmflächen von Einzelbäumen in Plenterwäldern)

Tablica 11

$$y = a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + g_1 \cdot \varphi + g_2 \cdot \varphi^2 + c_1 \cdot d^2 + c_2 \cdot d + k$$

Vrst drveta (Baumart)	Debilj. step. Stärkestufe	Vrijednosti parametara (Werte von Parametern)							Kor. koef.
		a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	k	
Jela (Tanne)	12,5	-0,257	1,06	-6,0	8,37	0,01380	-0,7914	14,6	0,796
	17,5	-0,321	1,72	0,2	-0,86	0,01989	-1,1944	26,0	
	27,5	-1,020	5,87	0,4	-8,89	0,03130	-1,9804	40,3	
	37,5	-0,460	2,76	-29,3	45,25	0,03262	-1,9777	30,9	
	52,5	-1,916	10,84	-2,3	15,58	0,02740	-2,0200	42,6	
	67,5	-4,110	23,40	46,4	-62,64	—	-0,0800	31,0	
Smrča (Fichte)	12,5	-0,397	2,93	9,8	-15,21	0,02951	-1,8458	35,6	0,680
	17,5	-0,970	6,28	5,5	-10,12	0,01640	-1,0410	20,1	
	27,5	-0,289	3,66	-20,7	28,96	0,05467	-3,5370	52,4	
	37,5	0,326	-1,55	-42,4	58,71	0,05900	-3,9690	66,0	
	52,5	0,938	-5,10	28,0	-33,34	0,07285	-5,0292	125,3	
	67,5	—	—	—	—	—	—	32,0	
Bukva (Buche)	12,5	-0,773	3,51	-39,2	55,94	0,02043	-0,9667	3,6	0,800
	17,5	-0,607	2,55	-37,8	53,37	0,03583	-1,9566	27,1	
	27,5	-0,809	3,74	-35,4	55,95	0,00206	0,4155	-6,9	
	37,5	-1,715	10,60	—	8,27	-0,01820	1,5104	-6,1	
	52,5	-1,879	10,27	103,4	-137,36	—	-0,4917	105,5	
	67,5	-2,211	16,03	95,3	-110,37	0,09050	-6,2573	187,5	

x predstavlja bonitet staništa (stellt die Höhenbonität dar)

φ predstavlja stepen sklopa (stellt den Beschirmungsgrad dar)

d predstavlja srednji prečnik sastojine (stellt den Bestandesmittelstamm dar)



menta predstavljeni su parabolama drugog reda, izuzev uticaja srednjeg prečnika kod jele za debljinski stepen 67,5 i uticaja istog tog elementa kod bukve za debljinski stepen 52,5, koji su izraženi funkcijom pravca. Za debljinski stepen 67,5 kod smrčice nismo iznijeli vrijednost parametara stoga, što je dobivena funkcija nepouzdana za razmatranje uticaja odabranih taksacionih elemenata, i to zbog vrlo malog broja parcela i stabala u parcelama. Za taj stepen navedena vrijednost u koloni — k predstavlja projekciju kruna smrčevih stabala za srednje vrijednosti razmatranih nezavisnih taksacionih elemenata, po funkciji do koje se došlo na osnovu oskudnog polaznog materijala.

Na slikama 5—7 prikazani su uticaji boniteta staništa, sklopa i srednjeg prečnika sastojine na površinu projekcija kruna stabala za naše tri vrste, i to po odabranim debljinskim stepenima. Prilikom utvrđivanja funkcija za uticaj jednog taksacionog elementa uvrštene su, kako je već ranije istaknuto, u složenu funkciju aritmetičke sredine za druga dva, određivši ih, naravno, na bazi svih parcela koje su se javile kod debljinskog stepena. Neće biti suvišno da ovdje još jednom podvučemo da su iz uticaja jednog taksacionog elementa, kako proizilazi iz njegove funkcije odnosno grafičkog prikaza, eliminisani uticaji druga dva taksaciona elementa. To ne znači, međutim, da je on potpuno „čist”. U njemu se pletu uticaji onih elemenata koji nisu uzeti u obzir. Vjerujemo da oni nisu veliki.

U grafičkim prikazima su sa kružićima označene veličine ordinata koje se dobiju kada se na ordinate funkcija dodaju odnosno oduzmu prosječni residiumi za grupe parcela koje pripadaju odabranim intervalima razmatranog taksacionog elementa. Sa tim tačkama predstavljene su realne vrijednosti projekcija kruna, onako kako proizilazi iz izvornog materijala. Prema tome, odnos grafova funkcija prema njima daje uvid u to u kojoj mjeri su funkcijama realno predstavljeni oni odnosi koji proizilaze neposredno iz izvornog materijala.

Sa — n su označeni brojevi parcela koje su ušle u pojedine intervale razmatranog taksacionog elementa (ili broj parcela koji predstavljaju pojedine tačke). Ostale oznake na slikama su jasne i suvišno je njihovo objašnjavanje.

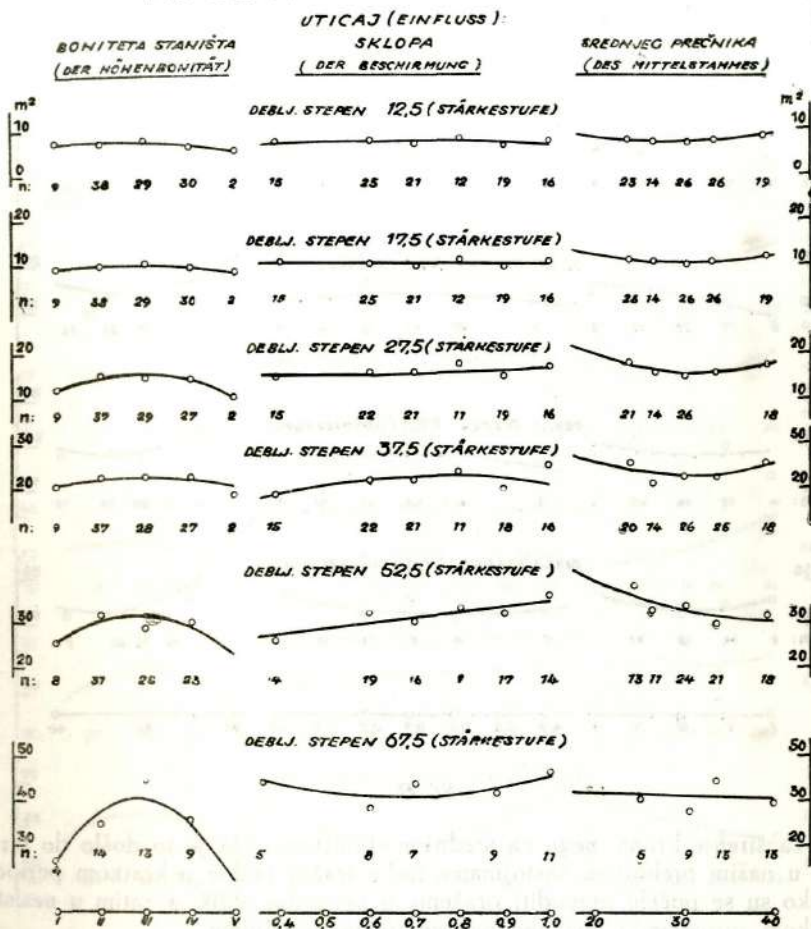
#### a) Uticaj boniteta staništa

Uticaj boniteta staništa je najpravilniji kod jele; kod svih debljinskih stepenova ove vrste su najveće projekcije kruna na srednjim staništima i stepen ispoljavanja uticaja ovog taksacionog elementa raste od najnižih prema najvišim debljinskim stepenovima. Kod dva najniža stepena njegov uticaj je neznatan.

Kod bukve se ispoljio uticaj boniteta staništa na projekciju kruna na sličan način ali sa nešto manjom pravilnošću. Najveće projekcije kruna kod prva tri i petog debljinskog stepena odgovaraju bonitetima staništa koji leže između drugog i trećeg razreda. Kod našeg četvrtog stepena su projekcije najveće kod srednjih boniteta, a kod posljednjeg je nastupilo pomjeranje kulminacione tačke prema lošijim bonitetnim razredima — prema četvrtom. Uticaj boniteta staništa je kod prva dva debljinska stepena znatniji nego kod jele.

Kod smrče se javljaju najveće projekcije kruna kod srednjih staništa samo kod prva dva debljinska stepena. Kod trećeg se počinje javljati obrt, da bi se kod petog jasno ispoljio: najmanje projekcije se javljaju kod srednjih staništa, a veće kod boljih i loših staništa.

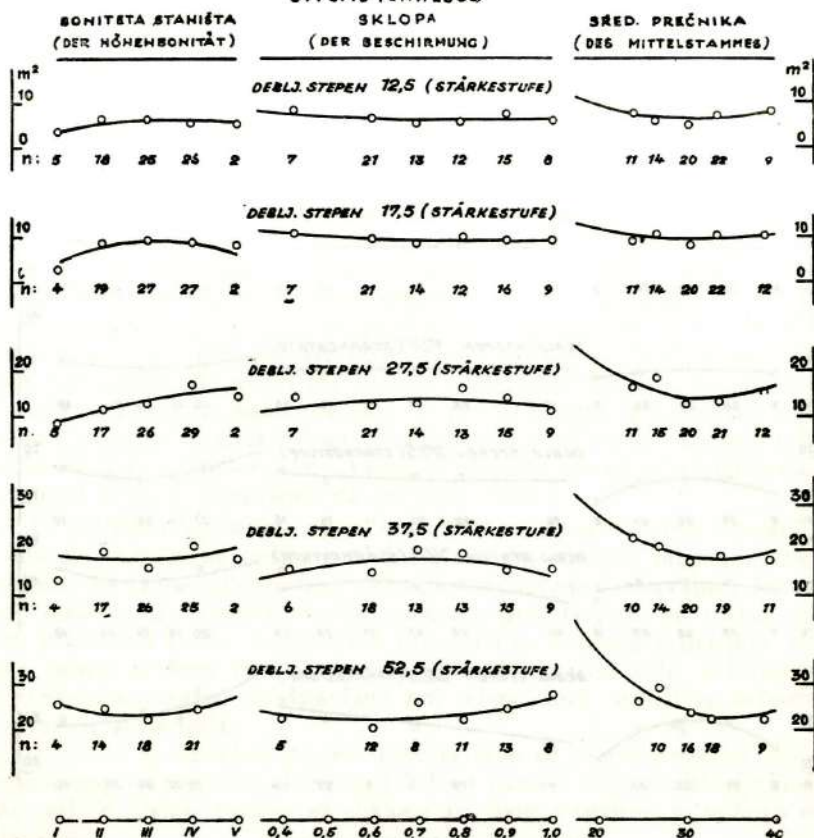
PROJEKCIJE KRUNA JELOVIH STABALA  
(TANNENSCHIRMFLÄCHEN VON EINZELBÄUMEN)



Prema tome, najveće projekcije kruna javljaju se, izuzimajući srednja i deblja smrčeva stabla, kod srednjih staništa. Naše je mišljenje da ta pojava nije karakteristična za preborne sastojine nego za prašume. U prašumama ona se može i objasniti. Na boljim staništima, zahvaljujući boljim uslovima, drveće može da izdrži veće zasjenjivanje nego na srednjim. Stoga u prašumama na boljim staništima ima više stabala nego na srednjim, naravno, uz pretpostavku iste njihove raspodjele po debljinskim stepenima. To znači manji prostor koji stablu stoji na raspolaganju i manja moguć-



PROJEKCIJE KRUNA SMRČEVIH STABALA  
(FICHTENSCHIRMFLÄCHEN VON EINZELBÄUMEN)  
UTICAJ (EINFLUSS)



SL. 6

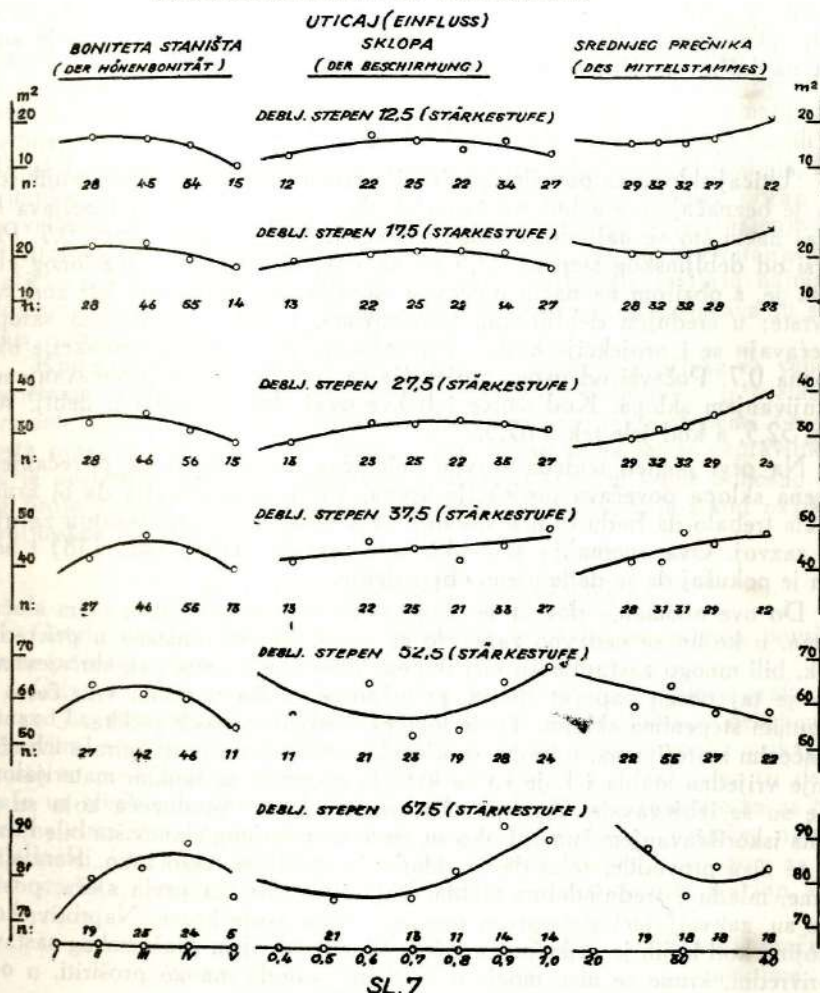
nost za širenje kruna nego na srednjim staništima. Da je to došlo do izražaja u našim prebornim sastojinama treba tražiti razlog u kratkom periodu otkako su se počele prevoditi prašume u privredni oblik, a zatim u nesistematskom provođenju doznaka na usvojenim principima.

Stoga je naše mišljenje da predstoji otupljivanje razlika između boljih i srednjih staništa u pogledu veličine kruna i da su konstatovani odnosi odraz samo jedne faze u preformiranju sastava šuma. Vjerujemo da će dobro provođenje sječe u velikoj mjeri izjednačiti uslove za razvoj kruna na spomenutim staništima — mislimo tu prvenstveno na prostor za razvoj kruna — te na taj način dobrim dijelom ukloniti uzroke koji su doveli do dosadašnjih odnosa.

Da odnosi do kojih se došlo nisu čvrsti i da se može računati sa spomenutim otupljivanjem, vidi se i po odnosu tačaka za jelu kod debljinskog stepena 52,5 koje su predstavljene kružićima. Tačkama kod II, III i IV. bo-

nitet razreda, koje predstavljaju veliki broj parcela u odnosu na broj parcela koje su predstavljene i tačke za I bonitet, nije predodreden onaj ishod do koga se došlo kad se uzme u obzir i položaj tačke za I razred. Ne treba da nas dovode u zabunu u tom pogledu odnosi kod debljinskog stepena 67,5, jer su oni dosta nepouzdati zbog malog broja parcela. Dalje, kod bukve je bilo na boljim staništima parcela koje su imale osjetno veće projekcije kruna nego na srednjim, što ukazuje također na labilnost konstatovanih odnosa već za sadašnju fazu preformiranja sastava šuma.

PROJEKCIJE KRUNA BUKOVIH STABALA  
(BUCHENSCHIRMFLÄCHEN VON EINZELBÄUMEN)



Za prva dva debljinska stepena veće projekcije kruna smrčevih stabala na lošijim staništima u odnosu na bolja staništa mogle bi se donekle objasniti konstatovanom pojavom da drveće u lošim uslovima teško pod-



nosi jače zasjenjivanje i da se u tom slučaju javlja tendencija širenja i skraćivanja kruna. Takvo objašnjenje, naravno, otpada, ako bi se htjelo objasniti veće projekcije kruna debljih smrčevih stabala na lošim u odnosu na srednja staništa. Nismo u mogućnosti da damo neko objašnjenje zbog čega je ovo nastupilo.

Veće projekcije kruna na boljim u odnosu na srednja staništa kod debljih smrčevih stabala bile bi u skladu sa našim uvjerenjem da bi na boljim staništima trebalo očekivati u prebornim sastojinama nešto veće krune nego na lošijim. To je, istina, teško i dokazati. Jedino se možemo pozvati na logiku stvari. Naime, izgleda nam logično da bi viša stabla trebala da imaju veće krune nego niža, pa prema tome i šire. Naravno, uz pretpostavku istog prečnika i približno istog raspoloživog prostora za širenje kruna. Ako je to doista tako, onda je i logično što su projekcije kruna jelovih i bukovih stabala na lošim staništima manje nego na srednjim.

### b) Uticaj sklopa

Uticaj sklopa na površinu projekcija kruna jelovih i smrčevih tanjih stabala je beznačajan. Za bukova tanja stabla on je nešto veći i ispoljava se na taj način što se najveće projekcije javljaju kod stepena sklopa 0,7. Počevši od debljinskog stepena 27,5 pa na više, uticaj ovog taksacionog elementa je, s obzirom na način njegovog ispoljavanja, uglavnom isti kod sve tri vrste; u srednjim debljinskim stepenovima, povećanjem stepena sklopa povećavaju se i projekcije kruna, a u najjačim su najmanje projekcije oko stepena 0,7. Počevši od ovog, projekcije se povećavaju sa povećavanjem i smanjivanjem sklopa. Kod smrče i bukve ovaj obrt se javlja u deblj. stepenu 52,5, a kod jele tek u 67,5.

Na prvi pogled izgleda sasvim nelogičan nalaz da se sa povećanjem stepena sklopa povećava projekcija kruna, jer to pretpostavlja da bi krune stabala trebalo da budu to uže što stoji veći prostor na raspolaganju za njihov razvoj. Ova anomalija je istaknuta u ranijem našem radu (18) i učinjen je pokušaj da se dade njeno objašnjenje.

Do ove anomalije dovela je okolnost da su, po pravilu, u onim slučajevima, u kojim se nedavno započelo sa prevodenjem prašume u privredni oblik, bili mnogo zastupljeniji niži stepeni sklopa, a u onim pak slučajevima, gdje je taj posao započet ranije, pretežno se radilo o višim, vrlo često o potpunim stepenima sklopa. To je logična posljedica naših prilika. U ranije korišćenim sastojinama, u kojim su s velikim procentom participirala tehnički manje vrijedna stabla i koje su se kasnije popunile sa tankim materijalom, sječe su se izbjegavale. Za njih nisu imala interesa preduzeća koja su se bavila iskorišćavanjem šuma. I ako su sječe sa uzgojnog stanovišta bile hitne, one se nisu provodile, tako da je sklapanje sastojina teklo brzo. Paralelno s time, mlađa i srednjedobna stabla, koja su ostala iza prvih sječa, postepeno su, zahvaljujući slobodnom prostoru, širila svoje krune. Naprotiv, kod sastojina kod kojih je nedavno započeto sa prevodenjem prašumskog sastava u privredni, krune se nisu mogle u kratkom periodu mnogo proširiti, u odnosu na dimenzije koje su dosegle u prašumi.

Razlike između projekcija kruna zbog razlika u stepenu sklopa ispale su u našem ranijem radu mnogo veće (18) nego ovdje. Razlog leži u tome što je jedan veliki dio razlika, zahvaljujući prirodi regresivne analize, pre-

uzeo ovdje uticaj srednjeg prečnika, naročito kod jelovih i smrčevih stabala. Naravno, ovaj taksacioni element je preuzeo svoj dio uticaja.

### c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine

Uticaj srednjeg prečnika sastojine — u kojem se ispoljava raspodjela stabala po debljinskim stepenima — na veličinu površine projekcija kruna debelih stabala je znatan. Kod najdebljih stabala smanjivanjem srednjeg prečnika naglo se povećavaju projekcije. To je i logično jer se na taj način najdebljim stablima, uz jednake ostale uslove, jako povećava slobodan prostor za razvoj kruna u širinu.

Zbog toga što promjena srednjeg prečnika sastojine ne povlači sobom bitnije promjene u pogledu ovog raspoloživog prostora za tanka stabla, to je i njegov uticaj na projekcije kruna najtanjeg debljinskog stepena malen. Naime, ovdje se radi, pretpostavivši jednake ostale uslove, samo o tome da li će stabla najtanjeg debljinskog stepena biti više zasjenjena od strane debelih i srednjih ili od strane srednjih i tankih stabala, jer smanjivanje srednjeg prečnika prati, s jedne strane, povećanje udjela stabala tanjih debljinskih stepenova i, s druge strane, smanjivanje udjela debljih stabala. Kod najtanjeg debljinskog stepena nameće se stoga pitanje, kakav odraz ima na veličinu projekcije kruna njegovih stabala njihovo veće zasjenjivanje od strane prve ili druge grupe ovih stabala. Odgovor na ovo pitanje daje grafički prikaz, iz koga se vidi da se kod sve tri vrste javljaju najmanje projekcije kruna uz srednji prečnik sastojine. Ako se on povećava ili smanjuje, projekcije se povećavaju, istina, neznatno.

Kod ostalih debljinskih stepenova, uticaji srednjeg prečnika na veličinu projekcija kruna stabala ispoljavaju se, uzevši slobodnije, u prelaznim formama između opisanih uticaja za ekstremne debljinske stepene. One su dosta pravilne kod jele i kod smrče, a kod bukve su se javile nepravilnosti, što je posljedica velike varijabilnosti u pogledu veličine kruna odnosno malog broja parcela. Zbog istog razloga, javilo se odstupanje i kod najjačeg debljinskog stepena za jelu.

### d) Uticaj debljine stabala

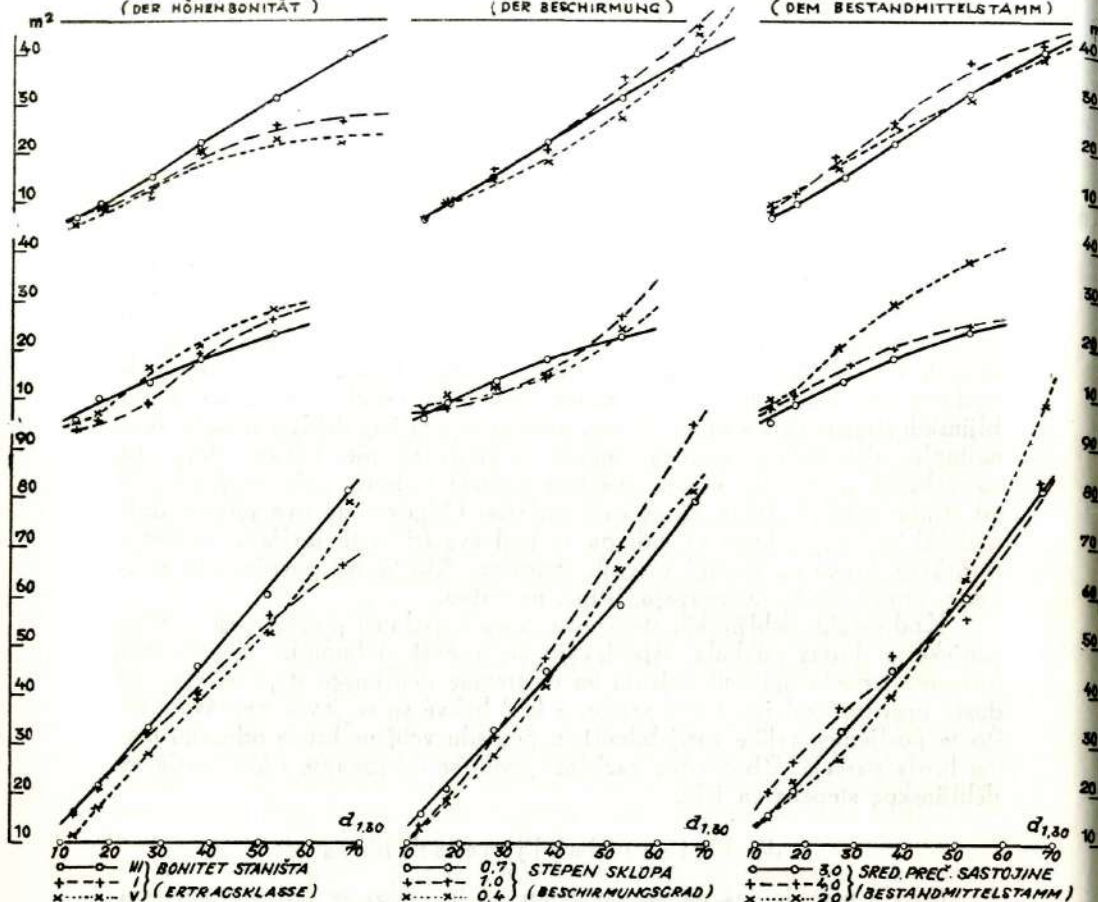
Ostalo nam je još da se osvrnemo na to, kako se mijenja površina kruna povećavanjem prečnika stabla.

Odnosi u tom pogledu prikazani su na slici 8. Sa tri lijeva grafa prikazano je povećavanje projekcije kruna sa porastom stabla u debljinu na najboljim, srednjim i najlošijim staništima, sa tri srednja grafa prikazano je isto to povećavanje uz stepene sklopa od 0,4, 0,7, i 1,0, a sa tri desna grafa uz srednje prečnike od 20, 30 i 40 cm. U složene funkcije su za taksacione elemente, čiji su uticaji ostali po strani. Uvrštene prosječne njihove vrijednosti, i to u prvom slučaju za sklop i srednji stepen, u drugom za bonitet staništa i srednji prečnik, a u trećem za bonitet staništa i sklop. One su iznosile:

	Bonitet staništa	Sklop	Srednji prečn. sastojine
za jelu	II,7	0,72	31
za smrču	III,0	0,74	31
za bukvu	III,3	0,78	30



ZAVISNOST PROJEKCIJE KRUNE OD DEBLJINE STABLA I OD:  
 (ABHÄNGIGKEIT DER EINZELBAUMSCHIRMFLÄCHEN VON D. BAUMSTÄRKE UND VON :)  
 BONITETA STANIŠTA (DER HÖHENBONITÄT) SKLOPA (DER BESCHIRMUNG) SRED. PREČNIKA SASTOJINE (DEM BESTANDMITTELSTAMM)



SL 8

Dužine ordinata, koje su omeđene oznakama za tačke, predstavljaju vrijednosti koje proizilaze iz dobivenih složenih funkcija, uvrštavajući vrijednosti onako kako je malo prije izloženo. Dobiveni sistemi tačaka su grafički izjednačeni, pri čemu se nastojalo da odstupanje krivulja od tačaka bude što manje i da krivulje imaju što pravilniji i što jednostavniji oblik.

Od prikazanih krivulja najpouzdanije su one, koje se odnose na srednje prilike i koje su na slici izvučene punim linijama. To je i razumljivo ako se ima u vidu da je njihov položaj i forma neposredno određena relativno velikim brojem parcela, mnogo većim nego što je to slučaj kod ostalih krivulja. Stoga su nepouzdanije sve one krivulje koje su izvučene isprekidanim linijama.

Kako se vidi iz slike, razlike u pogledu povećavanja projekcija kruna, uslovljenog porastom u debljinu za srednje prilike, vrlo su velike između bukve, jele i smrčce. Kod bukve se ovo odvija po jednoj vrlo strmoj krivulji koja

se povija prema gore, istina, u maloj mjeri, a kod smrče po mnogo položajnoj krivulji koja se, pored toga, povija prema dolje. Ova krivulja za jelu stoji po sredini, kako s obzirom na strmost tako i s obzirom na oblik; ona ima oblik vrlo izduženog slova S, tj. u početku se povija prema gore, a kod jačih debljinskih stepena prema dolje.

Velike razlike u pogledu povećavanja projekcija kruna, uslovljenog porastom stabla u debljinu, između bukve s jedne i jele i smrče s druge strane, poznate su i ne bi trebalo da se ovdje na tom pitanju zadržavamo. Zadržali bismo se na razlikama između jele i smrče.

Kod tanjih debljinskih klasa ne postoje velike razlike između jele i smrče u pogledu povećavanja projekcija kruna, uslovljenog porastom stabala u debljinu. Velike razlike se javljaju kod debljih stabala. U cilju objašnjenja možemo onom što je već izneseno dodati i konstatovanu pojavu da smrčeva stabla u starijoj dobi gube sposobnost širenja kruna i da se kod ove vrste postižu u starijoj dobi šire krune onda ako su stabla u toku mladosti i srednje dobi imala na raspolaganju veći slobodan prostor (37). U prilog ove konstatacije govore okolnosti koje su dovele do položaja krivulje koja se odnosi na slučaj kad srednji prečnik sastojine iznosi 20 cm. Takav prečnik se ne može postići u kratkom periodu ako se polazi od prašume, kao što je to bio slučaj kod nas. Za to treba više decenija. Stabla koja su bila mlada u doba prve sječe (u cilju prevođenja prašume u privredni oblik) imala su u toku daljnjeg njihovog rastanja mnogo veći slobodan prostor za razvoj kruna. Kako su ona postigla već znatne prečnike u doba naših snimanja, to se dohvaćala spomenuta krivulja koja odstupa u znatnoj mjeri od ostalih dviju.

Na tok ostalih krivulja ovdje se nećemo posebno osvrnuti, pošto bi to bilo samo ponavljanje onog što smo rekli malo prije i ranije.

## 2) Veličina površine projekcije kruna

Složene funkcije iz tablice 5 ne pružaju nam samo osnove za izložene analize nego nam daju obavještenja o tome kolike su **približno** projekcije kruna pojedinih stabala u našim jelovim, smrčevim i bukovim prebornim sastojinama za razmatrane debljinske stepene, naravno, s izvjesnom određenošću<sup>1)</sup>. Sa istom tom određenošću može se na osnovu njih doći do grafa projekcija kruna za svaku našu sastojinu ako nam je poznat njen bonitet staništa, stepen sklopa i srednji prečnik. Ograničenje se ogleda u tome, da se ne vrše ekstrapolacije. One će se izbjeći ako unutar sljedećih granica ostane:

s obzirom na debljinu stabala . . . . .	od 10 do 67,5 cm
s obzirom na bonitet staništa . . . . .	I do V (1,0 do 5,0)
s obzirom na sklop . . . . .	0,35 do 1,0
s obzirom na srednji prečnik	20-40 cm

1) „Približno” smo podvukli stoga što se na bazi formule mogu dosta tačno odrediti veličine projekcija kruna za slučajeve čiji se taksacioni elementi ne razlikuju mnogo od prosječnih za naše parcele. Kod ostalih slučajeva obračunate projekcije znatno će se razlikovati od realnih. Na ovo pitanje detaljno ćemo se osvrnuti u sljedećem poglavlju.



Za određivanje grafa projekcija kruna za sastojinu potrebno je obraditi projekcije za razmatrane debljinske stepene po funkcijama iz tablice 5, a onda izvršiti grafičko izjednačenje između debljinskih stepena. Dakle, onako kako je urađeno prilikom pripreme materijala za razmatranje uticaja debljinskog stepena na projekcije kruna (sl. 8).

O tome koliki je stepen određenosti, pokazuju korelacioni koeficijenti. Za određivanje korelacionog koeficijenta preporučuje Ezekiel (9) sljedeću formulu:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sigma_z^2}{\sigma_y^2} \left( \frac{n-1}{n-m} \right)}$$

gdje su označeni sa:

$z$  — residiumi,

$\sigma_z$  — standardna devijacija residiuma,

$\sigma_y$  — standardna devijacija naših izvornih veličina projekcija kruna (očitanih sa grafova),

$m$  — stepen slobode i

$n$  — broj izvornih podataka.

Ovu formulu mogli bismo upotrebiti u onom slučaju da smo regresivnu analizu izvršili sa jednom funkcijom, obuhvatajući istovremeno ne samo uticaj boniteta staništa, sklopa i srednjeg prečnika, nego uticaj debljinskog stepena. Uprkos tome ovo nam može dati, po našem mišljenju, rezultate koji nas mogu zadovoljiti ako se prethodno izvrše neke dopune.

Krivulje kojim je izvršeno grafičko izjednačenje projekcija kruna po debljinskim stepenovima na slici 8 mogu se predstaviti parabolom 4 reda, koja je već vrlo fleksibilna, tako da se između njihovih grafova i povučenih krivulja ne bi javila nikakva razlika. Ako bi se htjelo, da se jednom funkcijom obuhvate uticaji svih razmatranih taksacionih elemenata na projekciju kruna, onda bi se funkcijama za uticaj boniteta staništa sklopa i srednjeg prečnika sastojine pridružila i funkcija parabole 4 reda. Ali to se pridruživanje ne bi javilo kao prosto dodavanje nova 4 sumanda, nego bi došlo do množenja njenih članova, bilo svih, bilo jednim dijelom, sa svim sumandima kojim su u ovom radu bili predstavljeni uticaji naša tri taksaciona elementa. Uz pretpostavku da su sva tri uticaja predstavljena parabolama, dakle sa ukupno 7 tj.  $6+1$  (konstanta) sumandi, i da će doći do množenja sa svim sumandima funkcije parabola 4 reda (5), onda bi tako složena funkcija imala 35 sumandi <sup>1)</sup>. Vrlo je vjerovatno, da se ne bi trebalo ići tako daleko, kako je izneseno, ali ostanimo kod toga. Tada je  $m = 35$ . Dakle, uzeli smo za —  $m$  vrijednost za koju možemo biti sigurni da je veća nego što bi bila u stvari. Na taj način došli smo do vrijednosti za —  $m$ , uz jedan vrlo velik koeficijent sigurnosti.

Još je ostalo da se povećaju residiumi koji su se dobili za svaki pojedini razmatrani stepen, a zatim da se kvadriraju i sumiraju. Za koliko ih treba povećati?

Tačke koje su obilježene na slici 8 kružićima, i koje su dobivene za srednje prilike, predstavljaju rezultat izjednačenja u okviru pojedinih raz-

1) Određivanje koeficijenata pomoću metode najmanjih kvadrata u slučaju funkcije sa 35 sumanda, predstavljalo bi upravo nezavladiv posao za nas, jer bi trebalo, pored obraduna osnovnih podataka, rješavati jednačine sa 35 nepoznanica.

matranih stepenova. One odražavaju za svaki debljinski stepen vrijednost funkcija iz tablice 5 i imaju najveću težinu. Grafičko izjednačenje između debljinskih stepenova, koje se može, kako smo istakli, sasvim tačno izraziti funkcijom parabole 4 reda, svodi se na linearno povećanje ili smanjenje vrijednosti koje proizilaze iz spomenutih funkcija, tj. na povećanje ili smanjenje slobodnog parametra. To potrebno povećanje odnosno smanjenje predstavljeno je na slici razlikama ordinata između tačaka označenih kružićima i izvučenih punih linija, naravno, na istoj apscisi. Za njih treba povećati residiume koji su dobiveni prilikom izjednačenja u okviru pojedinih stepenova. To je izvršeno nakon ocjena ovih razlika, pri čemu se nastojalo da se po svaku cijenu izbjegne podbacivanje. Prema tome, i tu postoje izvjesne rezerve.

Na osnovu ovih vrijednosti dobiće se, prema tome, vrijednosti za korelacione koeficijente nešto niže od stvarnih. Dobivene vrijednosti su iznesene u tablici 5. Kod smrče nije uzet u obzir stepen 67,5 zbog malog broja parcela.

Kako se iz tablice vidi, korelacioni koeficijenti su visoki, što ukazuje na to da je sa dobivenim funkcijama dosta dobro obuhvaćena zakonitost u pogledu zavisnosti projekcija kruna od drugih faktora i da će stepen određenosti i tačnosti prilikom utvrđivanja grafova projekcija kruna za pojedine slučajeve, pomoću njih biti također prilično visok.

Ovdje treba da skrenemo pažnju na to da „pojedini slučajevi“ neće biti neke konkretne sastojine. Kako je već u uvodnom dijelu podvučeno, svrha osvjeljavanja pitanja projekcija kruna je ostvarenje jednog od osnova za utvrđivanje normalnog stanja i, prema tome, radiće se uopće o sastojini sa određenim karakteristikama.

Bilo bi vrlo interesantno kad bismo mogli uporediti veličine projekcija kruna prema našim funkcijama sa podacima do kojih se došlo na drugim mjestima. Međutim, zbog vrlo velike varijabilnosti ovog taksacionog elementa i malog obima izvršenih snimanja, upoređenja mogu da imaju samo orijentacionu vrijednost. Ovo tim više što na drugim mjestima nisu vršene regresivne analize, pa moramo uzeti naše rezultate koji se odnose na srednje prilike s obzirom na razmatrane taksacione elemente kao nezavisne faktore.

Za nas su najinteresantniji Badouxovi podaci koji se odnose na jelova i smrčeva stabla stalnih oglednih parcela, za preboran oblik gospodarenja Šumarskog instituta Švajcarske (1). On daje podatke sa 7 parcela za jelu i sa 8 za smrču. Ako se prosječne veličine projekcija kruna sa tih parcela označe sa 100, onda bi naše približno iznosile:

Deblj. stepen	10	20	30	40	50	60	70
Za jelu:	57	71	72	72	74	75	72
Za smrču:	58	97	111	85	72	60	55

Razlike između naših projekcija kruna i projekcija koje je dao Burger za jednu drugu parcelu istog Instituta su još veće (2).

Neosporno je da su ovim velikim odstupanjima u najvećoj mjeri pridonijele razlike u veličini prostora, koji je stajao na raspolaganju stablima u toku njihovog rasta u švajcarskim opitnim parcelama i u našim prašumskim uslovima, a zatim razlike u sprovođenju gospodarskih mjera, o čemu je već bilo riječi. Kad su u pitanju vrlo velike razlike kod najdebljih



smrčevih stabala, onda radi njihovog objašnjenja treba, pored rečenog, naročito podvući Wiedemannovu konstataciju da smrčeva stabla u starijoj dobi gube sposobnost za širenje kruna ako se oslobode (37). Naša deblja smrčeva stabla provela su najveći dio svog života u prašumskim uslovima.

Bilo bi ipak neoprezno u izloženom gledati jedini uzrok ovim odstupanjima. Nije isključeno da su tome jednim dijelom doprinijele razlike u ostalim stanišnim prilikama (humidnije prilike u toku vegetacionog perioda u Svajcarskoj nego kod nas!) ili različite forme i ekotipovi.

U zabunu nas dovode Franciškovićeви podaci (13). Čini nam se da se dvostruko veće projekcije kruna jelovih stabala u Gorskom Kotoru u odnosu na Bosnu ne bi mogle objasniti gore izloženim.

Projekcije kruna bukovih stabala, prema našim funkcijama, također su manje u odnosu na Badouxeve i Burgerove podatke. Pošto njihovi podaci potječu samo sa tri parcele, to ne bi upoređenje na bazi cifara imalo nikakve svrhe.

Sa obimnijim podacima, koji su prikupljeni u prebornim šumama naše zemlje, izuzev Franciškovićevih nismo raspolagali.

Raspolagali smo samo sa podacima jedne parcele koja je položena u bukovoj prebornoj sastojini (21). Na osnovu podataka koji su sadržani u ovom radu preračunali smo površinu projekcije kruna. One su osjetno manje nego naše u najtanjem debljinskom stepenu, a prema višim se razlike postepeno gube.

Raspolagali smo nešto obimnijim podacima koji se odnose na prašume: od Tregubova, koje smo uzeli od Miletića (22), zatim od Milina (25) i Drinića (5 i 6). Od ovih je najobimnija snimanja obavio Drinić (za jelu 14, smrču 14 i bukvu 21 parcelu).

Osjetnije razlike između naših projekcija i projekcija, do kojih je Drinić došao u prašumama, postoje samo za bukvu. Projekcije kruna su manje u prašumama. Projekcije jelovih stabala su ispalje nešto veće u prašumama, kao i kod smrčevih debelih stabala. Tanja smrčeva stabla imaju u prašumama manje projekcije kruna. Međutim, ove razlike kod jele i smrče ne mogu se uzeti kao vjerovatne zbog velikog variranja, ali se mogu uzeti kao indikator, i ako ne sasvim pouzdan, da ne postoje velike razlike između projekcije kruna u našim prebornim sastojinama i prašumama.

Između naših projekcija kruna i onih koje je našao Tregubov u Klekovači ne postoje veće razlike, kao ni između naših podataka i Milinovih. Bar ne tolike koje bi, zbog malo prije spomenutog razloga, dozvoljavale neke zaključke.

### III DEBLJINSKI (GODIŠNJI) PRIRAST

Debljinski prirast je, kako je poznato, dvostruka širina godova.

Poznavanje širine godova i njene zavisnosti od drugih taksacionih elemenata predstavlja jedan od vrlo značajnih osnova, ne samo s uređajnog stanovišta nego isto tako i s uzgojnog. Ono je interesantno i sa stanovišta ostalih užih grana šumarstva, kao i uopće sa biološkog. Stoga je ovom pitanju posvećena velika pažnja.

Razmatran je debljinski prirast u zavisnosti od boniteta staništa razmatrane vrste, od sklopa, omjera smjese, srednjeg prečnika sastojine i od debljine stabla. Dakle, od taksacionih elemenata koji se u okviru uređajnih

radova utvrđuju (za druge svrhe) ili se mogu vrlo lako utvrditi na osnovu materijala koji se inače prikuplja i sređuje.

Nije uzet u obzir kao nezavisan faktor projekcija kruna, uprkos tome što baš taj taksacioni elemenat spada među najuticajnije na širinu godova. To nije učinjeno stoga što se u okviru uredajne prakse nisu utvrđivale projekcije kruna niti će se za dogleđno vrijeme utvrđivati i, dosljedno tome, ona ne bi imala ni neposredne koristi od rezultata provedene analize na toj osnovi. Imajući u vidu to, kako smo vidjeli, nije ni izvršeno snimanje projekcija kruna na svim parcelama nego samo na jednom dijelu.

Izostavljanje ovog uticajnog elementa je, kako ćemo vidjeti, pridonijelo varijabilnosti debljinskog prirasta u znatnoj mjeri i otežaće nam obrazlaganje dobivenih rezultata.

Izvorni materijal za analizu predstavljale su očitane ordinate sa grafova debljinskog prirasta pojedinih parcela. Broj parcela sa kojim smo raspolagali naveden je u slikama 9—11, i to po pojedinim intervalima razmatranih taksacionih elemenata kao nezavisnih faktora. Grafovi su konstruisani grafičkim putem.

Srednji prečnik pojedinih parcela za ove analize određen je po ovoj formuli:

$$d = \frac{d_1 \cdot p_1 + d_2 \cdot p_2 + \dots + p_n \cdot d_n}{100}, \text{ gdje su sa:}$$

$p_1, p_2, \dots, p_n$  označeni procenti sa kojim su participirale zapremine pojedinih debljinskih klasa na ukupnoj zapremini parcela i sa:

$d_1, d_2, \dots, d_n$  srednji prečnici pojedinih debljinskih klasa.

Prilikom izbora načina definisanja srednjeg prečnika imali smo u vidu korišćenje rezultata kod utvrđivanja normalnog stanja. Ne možemo ovdje ulaziti u njegove prednosti kad je u pitanju ta svrha.

Očekivali smo kao vrlo vjerovatno da neće biti isti uticaj boniteta stanja kod svih debljinskih stepenova, ne samo u apsolutnom iznosu nego ni relativno. Osim toga bili smo uvjereni da će uticaj sklopa na širinu godova biti vrlo različan kod različnih debljinskih stepenova.

Zbog toga moralo se pribjeći regresivnoj analizi po debljinskim stepenima, kao i kod projekcija kruna. Odabrali smo sljedeće debljinske stepene: 12,5, 17,5, 25, 35, 45, 55 i 70.

Regresivne analize izvedene su u dvije etape.

Najprije je učinjen pokušaj da se metodom najmanjih kvadrata dode do rješenja. Uprkos tome što su na osnovu logike stvari odabrane, kako se kasnije pokazalo, dobre funkcije za obuhvatanje uticaja navedenih taksacionih elemenata kao nezavisnih faktora, ipak nismo došli do rješenja koja bi nas mogla zadovoljiti. U poglavlju o krunama smo naveli razloge zbog kojih se to događa. Baš kod regresivne analize debljinskog prirasta, koju smo vršili prije analize projekcija kruna, i ispoljio se nedostatak metoda najmanjih kvadrata u slučaju neravnomjerne raspodjele broja parcela s obzirom na intervale nekih ili više taksacionih elemenata.

U drugoj etapi je dovršena analiza pomoću sukcesivnih aproksimacija, i to s izmjenama o kojima je bilo govora u poglavlju o krunama.

Funkcije do kojih smo došli iznesene su u tablicama 12 i 13. Na kraju tablice 13 objašnjene su oznake u funkcijama.



FUNKCIJE DEBLJINSKOG PRIRASTA JELOVIH I BUKOVIH STABALA  
(Stärkezuwachsfunktionen von Tannen- und Buchenbäumen)

Tablica 12

Vrst drveta (Baumart):	Deblj. step. (Stärkestufe)	Funkcije u općem obliku i vrijednosti njihovih parametara (Funktionen in allgemeiner Form und Werte ihrer Parametern)											Korelacioni koeficijent (Korrelations- koeffizient)
Jela (Tanne)		$Z_d = a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + g_1 \cdot \varphi^2 + g_2 \cdot \varphi + p_1 \cdot \gamma^2 + p_2 \cdot \gamma + f_1 \cdot \lambda^2 + f_2 \cdot \lambda + c_1 \cdot d^2 + c_2 \cdot d + k$											R 0,600
	Parametar	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	k	
	12,5	-0,028	0,28	-1,59	-0,29	1,25	-0,03	1,05	-0,67	0,001719	-0,1542	5,90	
	17,5	-0,065	0,55	-0,90	-1,15	1,81	-0,62	0,72	-0,48	0,001990	-0,1827	6,98	
	25	-0,063	0,53	-1,86	0,70	2,52	-1,29	1,65	-1,21	0,001630	-0,1548	6,47	
	35	-0,124	0,77	-0,68	-0,79	3,62	-2,11	1,03	-0,82	0,002260	-0,2081	8,44	
	45	-0,171	0,96	-1,92	1,50	4,52	-2,51	1,61	-1,11	0,001550	-0,1434	6,27	
	55	-0,241	1,24	-4,14	4,82	4,01	-2,93	2,26	-1,71	0,000327	-0,0360	2,88	
70	-0,225	0,99	-3,13	1,92	0,74	-0,03	4,12	-3,04	-0,001114	0,1100	0,77		
Bukva (Buche)		$Z_d = a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + g_1 \cdot \varphi^2 + g_2 \cdot \varphi + t_1 \cdot \pi^2 + t_2 \cdot \pi + p_1 \cdot \gamma^2 + p_2 \cdot \gamma + c_1 \cdot d^2 + c_2 \cdot d + k$											R 0,493
	Parametar	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	p <sub>1</sub>	p <sub>2</sub>	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	k	
	12,5	-0,022	0,23	-0,13	-2,10	-0,80	0,22	0,86	-1,60	0,001168	-0,1111	6,09	
	17,5	-0,036	0,34	0,52	-2,93	-0,94	0,20	1,30	-1,84	0,000687	-0,0663	5,36	
	25	-0,032	0,38	1,08	-3,61	-0,30	-0,30	1,80	-2,43	0,000467	-0,0501	5,43	
	35	-0,015	0,22	2,10	-5,18	-0,30	-0,43	1,66	-2,52	0,000395	-0,0455	6,61	
	45	-0,034	0,30	4,19	-7,99	-0,91	-0,10	1,76	-2,59	0,000165	-0,0213	6,90	
	55	-0,061	0,42	5,83	-10,41	-1,16	0,08	1,77	-2,28	0,000168	-0,0254	7,76	
70	-0,057	0,27	5,94	-10,50	-1,32	0,22	3,86	-3,22	-0,000086	-0,0007	7,44		

FUNKCIJE DEBLJINSKOG PRIRASTA SMRČEVIH STABALA  
(Stärkezuwachsfunktionen von Fichtenbäumen)

Tablica 13

Debljinski stepen (Stärkestufe)	$Z_d = a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + g_1 \cdot \varphi^4 + g_2 \cdot \varphi^3 + g_3 \cdot \varphi^2 + g_4 \cdot \varphi + t_1 \cdot \pi^2 + t_2 \cdot \pi + f_1 \cdot \lambda^2 + f_2 \cdot \lambda + l_1 \cdot \delta^2 + l_2 \cdot \delta + c_1 \cdot d^2 + c_2 \cdot d + k$															Korelacioni koeficijent (Korrelationskoeffizient)
	Vrijednosti parametara (Werte von Parametern)															
	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	g <sub>4</sub>	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	f <sub>1</sub>	f <sub>2</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	k	
12,5	0,083	-0,25	5,9	-8,2	-0,53	1,71	1,8	-1,20	-0,8	1,13	1,9	-1,07	0,003080	-0,2531	6,96	
17,5	0,094	-0,22	5,2	-6,3	-1,68	1,57	2,1	-1,40	-3,0	3,05	4,5	-3,19	0,002531	-0,2198	6,89	
25	0,053	0,03	5,8	-8,6	0,38	1,60	3,2	-2,36	-4,0	3,95	2,0	-1,60	0,002494	-0,2279	7,17	
35	-0,020	0,41	5,4	-8,8	1,55	1,15	2,6	-1,79	-4,3	4,26	1,6	-1,09	0,001779	-0,1550	5,31	
45	-0,049	0,43	1,0	4,2	-12,06	7,35	1,0	-0,56	-1,7	1,74	1,9	-1,40	0,001341	-0,1234	4,40	
55	-0,096	0,66	3,5	-3,5	-2,63	1,91	1,2	-0,79	-2,0	1,68	1,9	-1,96	—	-0,0151	3,40	
70	-0,088	0,48	6,6	-8,5	-2,23	3,92	1,0	-1,13	-3,5	2,65	—	—	0,000126	-0,0278	3,07	

R=0,660

Oznake u tablicama 12 i 13. (Zeichenerläuterung in den Tafeln 12 und 13):

- Sa (Mit) x označen je bonitet staništa razmatrane vrste (ist die Höhenbonität der betreffenden Art bezeichnet)
- Sa (Mit) φ označen je sklop (ist der Beschirmungsgrad bezeichnet)
- Sa (Mit) π označen je omjer smjese jele (ist der Tannenanteil bezeichnet)
- Sa (Mit) γ označen je omjer smjese smrče (ist der Fichtenanteil bezeichnet)
- Sa (Mit) λ označen je omjer smjese bukve (ist der Buchenanteil bezeichnet)
- Sa (Mit) δ označen je omjer smjese b. bora (ist der Föhrenanteil bezeichnet)
- Sa (Mit) d označen je srednji prečnik sastojine (ist der Bestandesmittelstamm bezeichnet)



Iz složenih funkcija se može lako razabrati koje su funkcije odabrane za izražavanje uticaja pojedinih taksacionih elemenata.

### 1) Uticaj taksacionih elemenata na debljinski prirast

Na osnovu složenih funkcija iz tablica 12 i 13 obračunate su funkcije uticaja pojedinih taksacionih elemenata, uvrštavajući ih za ostale njihove srednje vrijednosti. One su grafički prikazane na slikama 9 i 11, u kojima su nanesene i prosječne vrijednosti residiuma za pojedine intervale taksacionog elementa čiji je uticaj razmatran. Naznačen je i broj parcela koje su pripadale ovim intervalima.

Naš je zadatak da utvrdimo zakonitosti uticaja pojedinih taksacionih elemenata na debljinski uzrast i da po mogućnosti damo objašnjenje za njih. Kod toga ćemo, kako je već rečeno, naići na teškoće. One izvire odatle što se kroz uticaje boniteta staništa, sklopa i srednjeg prečnika ispoljava i uticaj veličine projekcija kruna na debljinski prirast te ih na određen način modifikuje. Gledano matematski, razlog ispoljavanja leži u tome što su i projekcije kruna i debljinski prirast zavisni od pobrojanih taksacionih elemenata. Ako se stoga ne obuhvate projekcije kruna u regresivnu analizu kao poseban nezavisan faktor, kao što smo mi uradili iz posebnih razloga, onda mora doći do spomenutog uplitanja. Ono je i znatno jer, kako je već podvučeno, u projekcijama treba gledati vrlo uticajan faktor.

Stoga kod objašnjavanja uticaja razmatranih taksacionih elemenata kao nezavisnih faktora do kojih se došlo regresivnim analizama moraće se stalno posizati i za odnosom koji je konstatovan ranije između svakog od tih elemenata (izuzev omjera smjese) i veličine projekcije kruna kao pomoćnim sredstvima. S tim u vezi postavljamo pitanje kakav bi bio uticaj elementa kad bi se očistio od uticaja projekcije kruna, oslanjajući se na spomenuti odnos i dobiveni materijal prilikom regresivne analize debljinskog prirasta. To je zapravo za nas i najinteresantnije.

Vrijednost naših zaključaka u tom pogledu imaće samo orijentacionu vrijednost zbog toga što se u izvjesnoj mjeri međusobno razlikuju materijali od kojih smo pošli u regresivne analize debljinskog prirasta i projekcija kruna. Broj parcela bio je različan; kod druge je on bio za bukvu 0,5, a za jelu i smrču 2,4 puta manji nego kod prve.

Na kraju ovog uvodnog dijela treba da podvučemo da time što nismo posebno obuhvatili projekcije kruna, kao nezavisan faktor, naše složene funkcije nisu izgubile na vrijednosti, kao ni one koje su iz njih proizišle; one su odraz stvarnog stanja, uticaja boniteta staništa, sklopa itd., uz uslov da se ne vrši posebno obuhvatanje projekcija kruna kao nezavisnog faktora. A to se i htjelo zbog spomenutog razloga.

#### a) Uticaj boniteta staništa

Kod sve tri vrste tanka stabla imaju najuže godove na najboljim staništima. S opadanjem boniteta staništa povećava se širina godova. S obzirom na tok ovih promjena razlikuje se smrča od ostale dvije vrste; od najboljih do najlošijih staništa to povećavanje širine godova je kod nje progresivno, a kod jele i bukve se, kako se vidi iz slika, postepeno smanjuju razlike u širini godova.

# DEBLJINSKI PRIRAST JELOVIH STABALA

(STÄRKEZUWACHS D. TANNENBAUME)

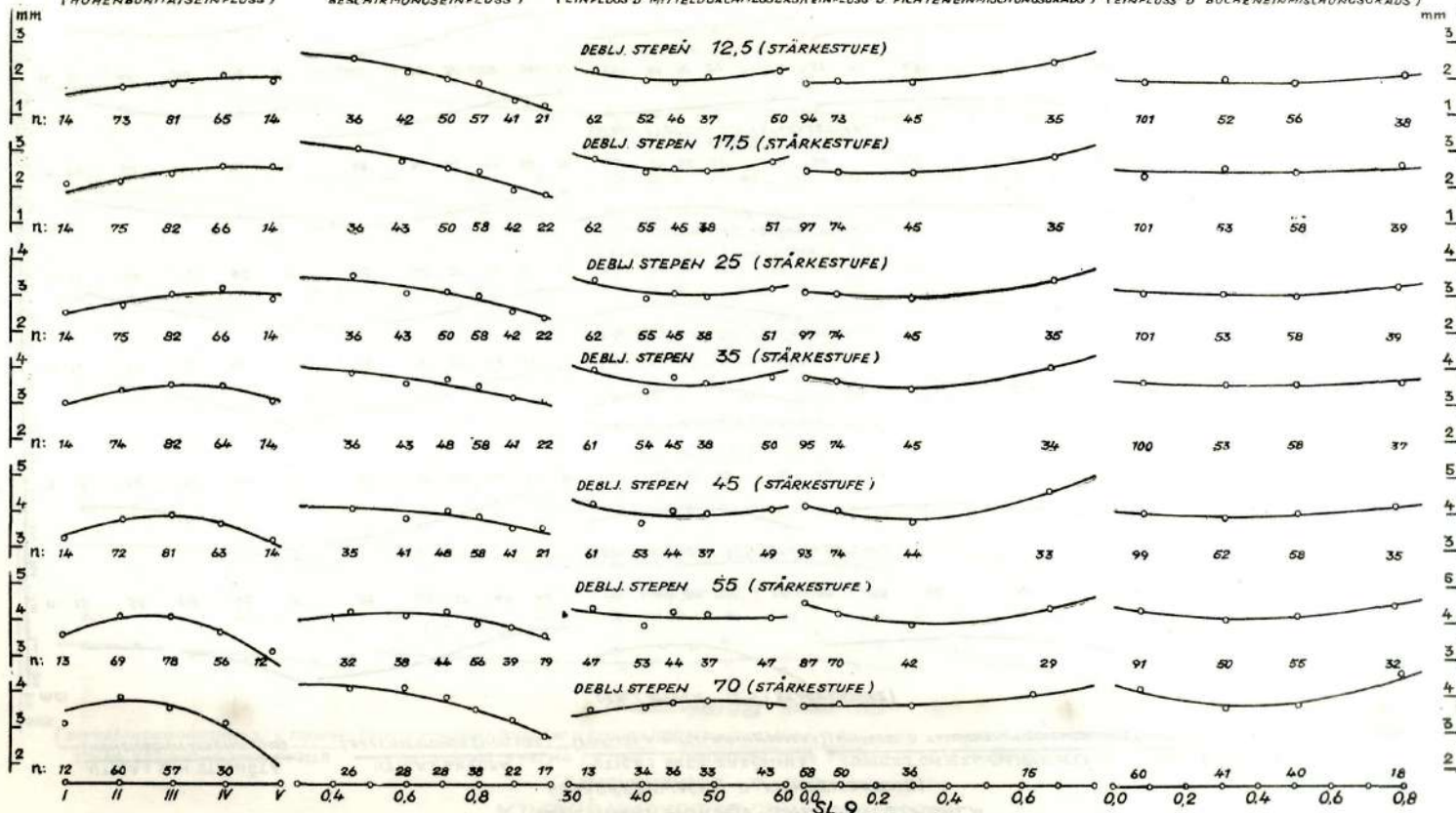
UTICAJ BON. STANIŠTA  
(HÖHENBONITÄTSEINFLUSS)

UTICAJ SKLOPA  
(BECHIRUNGSEINFLUSS)

UTICAJ SRED PREČNIKA  
(EINFLUSS D. MITTELDURCHMESSERS)

UTICAJ OMJERA SMJESE SMRČE  
(EINFLUSS D. FICHTEINEINMISCHUNGSGRADS)

UTICAJ OMJERA SMJESE BUKVE  
(EINFLUSS D. BUCHEINEINMISCHUNGSGRADS)





DEBLJINSKI PRIRAST SMRČEVIH STABALA  
(STÄRKEZUWACHS D. FICHTENBÄUME)

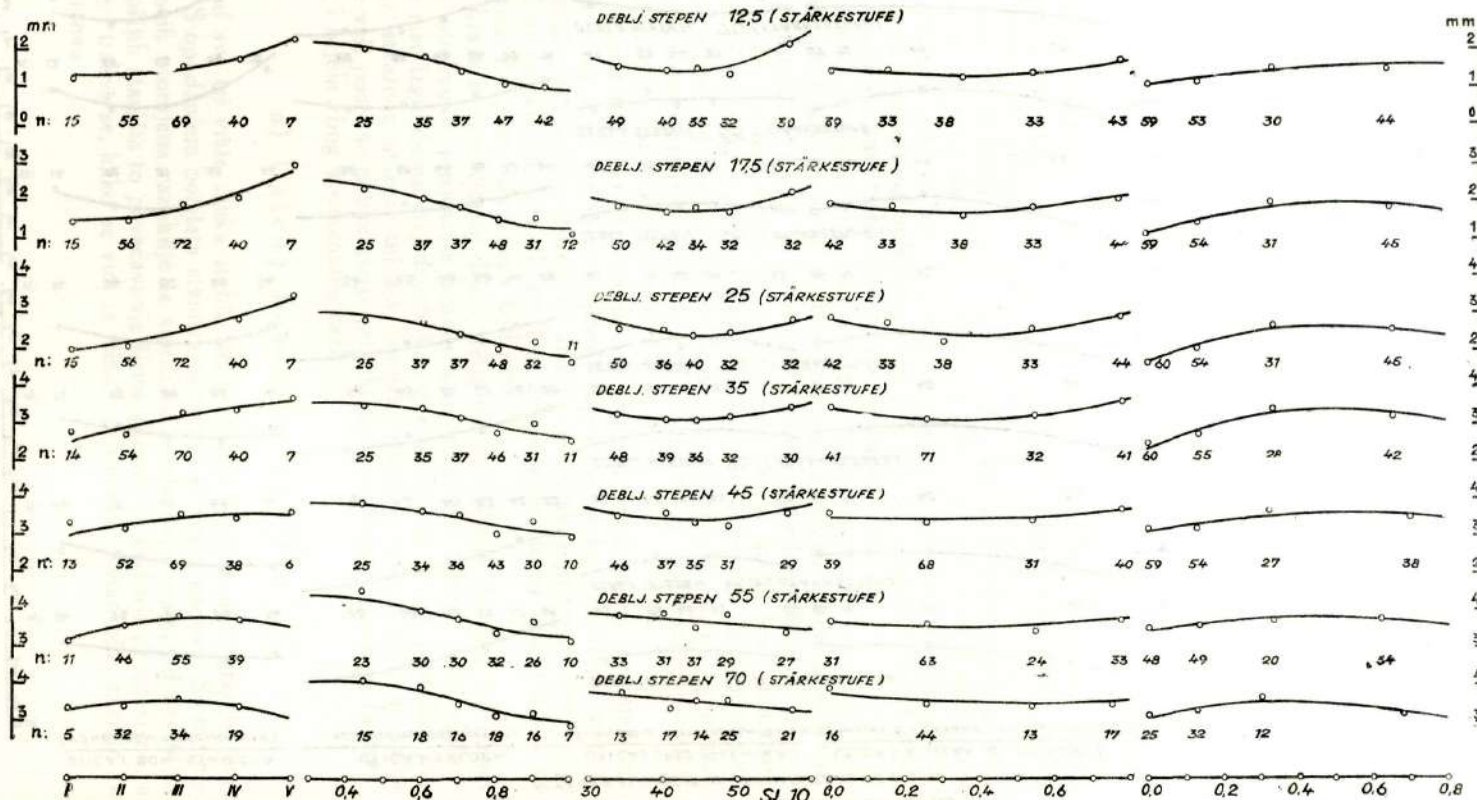
UTICAJ BON STANIŠTA  
(HÖHENBONITÄTSEINFLUSS)

UTICAJ SKLOPA  
(BESCHIRMUNGSEINFLUSS)

UTICAJ SRED PREČNIKA  
(EINFLUSS D. MITTELDURCHMESSERS)

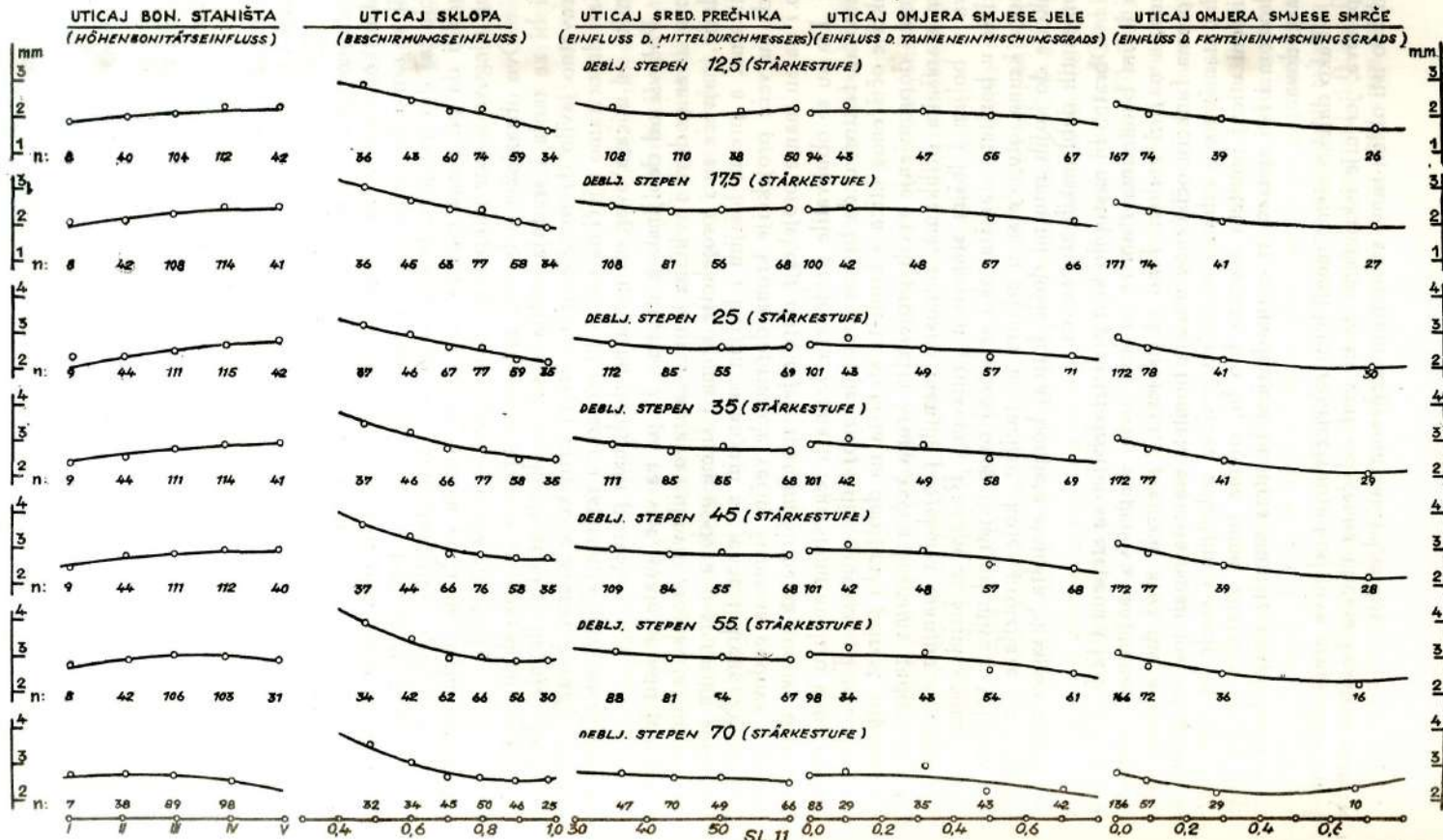
UTICAJ OMJERA SMJESE JELE  
(EINFLUSS D. TANNENEINMISCHUNGSGRADS)

UTICAJ OMJERA SMJESE BUKVE  
(EINFLUSS D. BUCHENEINMISCHUNGSGRADS)



## DEBLJINSKI PRIRAST BUKOVIH STABALA

(STÄRKEZUWACHS D. BUCHENBÄUME)





Prema jačim debljinskim stepenovima srednja staništa preuzimaju postepeno vodeće mjesto u širini godova. Kod jele se te promjene odigravaju najbrže; već za debljinski stepen od 35 cm su njeni godovi najširi na tim staništima, a kod bukve i smrče tek za stepen od 55 cm.

Uzevši općenito, najmanje se ispoljava uticaj boniteta staništa na širinu godova kod bukve. Kod jele je njegovo ispoljavanje izrazitije kod debljih, a kod smrče kod tanjih stabala.

Veća širina godova na lošim u odnosu na bolja staništa može se objasniti manjim međusobnim prekrivanjem kruna (većim koeficijentom prekrivanja) i manjom visinom stabala na prvim staništima.

Zbog prvog razloga može se pretpostaviti da ne postoje osjetne razlike u ukupno proizvedenoj organskoj supstanci između tankih stabala istog debljinskog stepena različitih boniteta staništa. Od ove, kako je poznato, troši se samo jedan dio za formiranje goda. I uz pretpostavku da je po stablu taj dio manji na lošijim nego na boljim staništima, ipak bi se moglo dogoditi da od njega otpada više na  $m^2$  plašta goda na prvim staništima zbog njegove manje ukupne površine (manja visina stabala).

Ovo obrazloženje bi bilo mnogo uvjerljivije da smo došli do grafova koji bi za tanja i srednja stabla imali još kontinuelnije dizanje. To bi se vjerovatno javilo da se nije upleo uticaj projekcije kruna. Stoga ćemo pokušati da ocrtaimo riječima kakav bi morao da izgleda očišćen uticaj boniteta staništa od uticaja ovog elementa na debljinski prirast.

Počevši od debljinskog stepena 35 pa na više, prate se kod jele dosta dobro širine godova i veličina kruna, zapravo njihovih projekcija; uzevši slobodnije, najveće su i projekcije kruna i širine godova u srednjim stanišnim prilikama, a prema lošijim i boljim smanjuju se jedne i druge. Neosporno je da su veće projekcije kruna doprinijele većim širinama godova u prvim, kao i da su manje projekcije doprinijele manjim širinama godova u drugim.

Da su se obuhvatile projekcije kruna u regresivnu analizu kao poseban nezavisan faktor, onda bi one preuzele svoj dio uticaja. Tada bi kod funkcije očišćenog uticaja boniteta staništa na debljinski prirast otpalo spomenuto doprinošenje većih projekcija kruna većim širinama godova u srednjim stanišnim prilikama, odnosno manjih projekcija manjim širinama godova u boljim i lošim stanišnim prilikama. Razlike u širini godova, zbog razlike u bonitetu staništa, ako se uticaj ovog očisti od uticaja veličine projekcija kruna, otupiće se u odnosu na razlike koje proizilaze iz složene funkcije do kojih smo mi došli. Uticaj boniteta staništa bi ispao manji kod spomenutih debljinskih stepenova.

Obratno bi nastupilo kod prva tri debljinska stepena (12,5, 17,5 i 25). Na lošim bonitetima staništa su kod ovih stepenova najmanje projekcije kruna, a najširi godovi. Kad bi projekcije preuzele svoj dio uticaja, onda bi prema funkciji očišćenog uticaja boniteta staništa ispali još širi godovi na lošim staništima u odnosu na širinu godova u boljim i srednjim staništima. Očišćeni uticaj boniteta staništa bio bi, prema tome, znatniji. On bi imao uglavnom i isti smisao, tj. s opadanjem boniteta staništa povećala bi se širina godova.

Tako daleko nismo mogli ići u zaključivanju kod prve grupe debljinskih stepenova, jer nije isključeno da bi graf očišćenog uticaja boniteta staništa zadržao isti oblik, samo sa manjim stepenom zakrivljenosti.



Kod bukve za prva tri debljinska stepena nastupila bi ista situacija kao i za iste stepenove kod jele. Kod naredna tri stepena imali bismo nešto drukčiju situaciju. Za razliku od jele, kod bukve za navedena tri stepena u lošim stanišnim uslovima širi su godovi nego u srednjim i boljim. Budući da su projekcije kruna manje, to bi njeno obuhvatanje u regresivnu analizu kao nezavisnog faktora povuklo sa sobom mnogo veće podizanje desnih krakova grafa uticaja očišćenog uticaja boniteta staništa u odnosu na lijevi i srednji dio kraka. Nastupilo bi i podizanje lijevog kraka u odnosu na srednji, ali nije sigurno da li bi širina godova prema funkciji prešla širinu za srednja staništa. Kao rezultat svega toga dobila bi se funkcija tako očišćenog uticaja boniteta staništa, čiji bi se graf od boljih prema lošim staništima najprije postepeno i polako dizao (možda i nešto spuštao do srednjih staništa), a zatim sve strmije i strmije. Kod posljednjeg debljinskog stepena vjerovatno bi širina godova stalno opadala od boljih prema lošijim staništima.

Kod smrče se za prva četiri debljinska stepena dosta dobro prate širine godova i veličina projekcija kruna. Obuhvatanje ove kao posebnog nezavisnog faktora povuklo bi sa sobom smanjivanje očišćenog uticaja boniteta staništa u odnosu na onaj koji proizilazi iz funkcija do kojih smo došli. S obzirom na to da je ovaj vrlo velik, vrlo je mala vjerovatnoća da bi se i smisao uticaja izmijenio. Kod posljednja dva debljinska stepena došlo bi se do funkcija očišćenog uticaja boniteta staništa čiji bi grafovi zadržali isti oblik samo bi imali nešto veću zakrivljenost.

Sve u svemu, samo za najjače debljinske stepenove očišćeni uticaj boniteta staništa ispoljio bi se na taj način, što bi u srednjim stanišnim prilikama bili ili najširi godovi ili bi širine godova opadale od boljih staništa prema lošijim, a za sve ostale stepenove, širine godova bi se povećavale s opadanjem boniteta staništa.

## b) Uticaj sklopa

Uticaj sklopa na debljinski prirast je mnogo veći nego uticaj boniteta staništa.

Uz ostale iste uslove, povećava se širina godova smanjivanjem stepenova sklopa. Razlozi su toliko očividni da je suvišno svako obrazlaganje te pojave. Nužno je, međutim, da obrazložimo neke druge pojave.

Veličina uticaja sklopa kontinuelno opada od tankih prema debljim stablima, ne samo relativno nego i apsolutno. U ovom drugom pogledu su izuzetak najdeblja stabla, na što ćemo se vratiti malo kasnije. I ova je pojava razumljiva ako se ima u vidu da smanjivanje sklopa, recimo od 1,0 pa na niže, ne povlači jednako relativno povećanje osvijetljenosti kod tankih i debelih stabala. Krune prvih su uz potpun sklop zasjenjene u velikoj mjeri, a kod drugih su skoro potpuno slobodne. Ako se smanji sklop, recimo, na 0,5, onda će se prosječni intenzitet svjetla povećati u donjim etažama mnogostruko, a u gornjim etažama je moguće samo neznatno povećanje u tom pogledu.

Sve se tri vrste razlikuju s obzirom na tok povećanja širine godova s opadanjem sklopa. Kako se vidi iz slika, jela reagira na najmanje prekidanje potpunog sklopa sa povećanim debljinskim prirastom, tako da se maksimalne promjene odigravaju kod smanjivanja sklopa od 1,0 do 0,8. Daljim smanjivanjem sklopa povećavanje debljinskog prirasta je sve manje i



manje. Kod smrče je, naprotiv, povećanje debljinskog prirasta neznatno ako se smanji sklop sa 1,0 na 0,8. Maksimalna reakcija se javlja u toku smanjivanja sklopa između stepenova 0,8 i 0,6, a poslije toga se uticaj sklopa naglo gubi.

Navedene razlike između jele i smrče, s obzirom na tok povećavanja debljinskog prirasta smanjivanjem sklopa, nije teško objasniti na osnovu poznatih osobina ovih dviju vrsta. Jela bolje podnosi zasjenu nego smrča. Uz onaj intenzitet svjetla uz koji smrčeva stabla odumiru, kod jelovih je još uvijek znatan pozitivan bilans između asimilacije i disimilacije i ona pri-raščuju. Ona mogu da izdrže još mnogo manji intenzitet. U mješovitim prebornim sastojinama jele, smrče i bukve, u kojima se na svakom koraku mijenja osvijetljenost, biće stoga u grupama gdje je veće međusobno zasjenjivanje stabala više zastupljena jela nego smrča u odnosu na grupe gdje je ono manje. Prekidanje sklopa, prema tome, ne može povući isto povećanje intenziteta svjetla za obadvije vrste; ono će uvijek biti veće za jelu nego za smrču. Naročito onda kad se polazi od potpunog sklopa.

Kod ovog objašnjavanja ne smije se potcjenjivati ni brže popunjavanje krune kod jele nego krune kod smrče.

Uticaj sklopa na širinu godova kod bukve se mnogo razlikuje u odnosu na jelu i smrču. Kod njenih tanjih stabala povećavanje debljinskog prirasta prati prilično ujednačeno smanjivanje sklopa. Već kod stabala debljinskog stepena 35 počinje primjetnije diferenciranje u tom pogledu; smanjivanjem sklopa sa 1,0 na 0,9 reakcija je debljinskog prirasta mala, a sa daljim njegovim smanjivanjem povećava se debljinski prirast progresivno do najnižih stepenova koje smo mi imali. Kod debljih stabala diferenciranje je još veće, tako da se kod najdebljih stabala ne primjećuje povećani debljinski prirast sve dok se stepen sklopa ne smanji ispod 0,7. Sa daljim smanjivanjem sklopa povećava se debljinski prirast vrlo jako.

Ove su pojave dobrim dijelom posljedica ispoljavanja uticaja projekcije kruna kroz sklop i stoga se mora, prilikom njihovih objašnjavanja, kao i kod razmatranja uticaja boniteta staništa, imati u vidu i uticaj projekcije kruna. Ne samo kod bukve nego i kod prve dvije vrste, jer i kod njih je konstatovan uticaj sklopa na veličinu projekcija kruna.

Kod bukve je konstatovano za prva tri debljinska stepena (12,5, 17,5 i 27,5), da su projekcije kruna najveće kod stepena sklopa 0,7 i da opadaju prema većim i manjim stepenovima. Time što projekcije kruna nisu obuhvaćene u analizi kao poseban nezavisan faktor to je ova pojava povukla sa sobom, s jedne strane, povećavanje debljinskog prirasta kod sklopa 0,7 i, s druge strane, smanjivanje tog prirasta kod stepena 0,4 i 1,0. Kod očišćenog uticaja sklopa od uticaja projekcije kruna, prema tome, bi trebalo očekivati nešto manje debljinske priraste kod prvog stepena sklopa, a nešto veće kod druga dva od onih do kojih smo mi došli. Graf očišćenog uticaja bio bi nešto savijeniji nego naš.

Kod posljednja dva debljinska stepena (52,5 i 67,5), prilikom razmatranja uticaja sklopa na veličinu projekcije kruna bukovih stabala, došli smo do sasvim drukčijih rezultata: najmanje projekcije kruna bile su za stepen sklopa 0,7 odnosno 0,6. Prema manjim i prema većim stepenima projekcije se naglo smanjuju. To ukazuje na to da bi kod očišćenog uticaja sklopa trebalo očekivati za ova dva debljinska stepena nešto manje debljinske priraste kod stepenova sklopa 0,4 i 1,0, a kod 0,6 odnosno 0,7 veće od



onih do kojih smo mi došli. Graf uticaja očišćenog uticaja bio bi manje sa-  
vijen nego naš.

Izloženo ukazuje i na to, da bi očišćeni uticaj na veličinu debljinskog  
prirasta bio znatno manji kod debljih nego kod tanjih stabala, ne samo u re-  
lativnom nego i u apsolutnom iznosu.

Ako imamo u vidu izloženo, onda možemo i kod bukve objasniti pro-  
mjene debljinskog prirasta sa promjenama sklopa, onim istim objašnjenjima  
koje smo naveli za jelu i smrču.

Sad da se vratimo još na uticaj sklopa na debljinski prirast jelovih i  
smrčevih stabala.

Za jelova i smrčeva stabla debljinskog stepena 67,5 odnosno 52,5 kon-  
statovano je da su projekcije kruna bile, kao i kod bukovih, najmanje kod  
stepenova sklopa 0,7 i 0,6 i da se povećavaju prema stepenima 0,4 i 1,0.  
Zbog toga je ta pojava, zahvaljujući tome što projekcije kruna nisu obu-  
hvaćene u analizi kao nezavisan faktor, pridonijela povećanju debljinskog  
prirasta kod stepenova sklopa 0,4 i 1,0 u odnosu na taj prirast kod 0,7 i 0,6.  
Kod očišćenog uticaja sklopa od uticaja veličine kruna smanjiće se razlike  
u debljinskom prirastu zbog razlika u sklopu. S time je objašnjeno oduda-  
ranje spomenutih debljinskih stepenova od ostalih u našim rezultatima od  
postavljenog pravila da uticaj sklopa na veličinu debljinskog prirasta mora  
da kontinuelno opada od tanjih prema debljim stablima.

### c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine

Uz iste ostale uslove zavisi debljinski prirast stabla od toga da li su  
u sastojini više ili manje zastupljena debela stabla u odnosu na tanja. Pret-  
postavljamo da su u jednom slučaju zastupljena više deblja, a u drugom  
tanja stabla. Uz iste ostale uslove, biće u prvom slučaju tanja stabla više  
zasjenjivana odozgo i manje sa strane u odnosu na situaciju u tom pogledu  
u drugom slučaju. Manjem zasjenjivanju sa strane pridružuje se u prvom  
slučaju i manja konkurencija u sloju zemljišta njihove rizosfere.

Budući da se moglo unaprijed računati s tim da variranje odnosa u  
tom pogledu mora imati odraza na veličinu debljinskog prirasta, pokušali  
smo da ih obuhvatimo analizom, i to pomoću srednjeg prečnika sastojina.  
On je u tu svrhu podesan jer se vrlo dobro prate povećavanja procentualnog  
udjela debljih stabala i povećavanje srednjeg prečnika.

Prema dobivenim funkcijama odnosno njihovim grafičkim prikazima  
iz slika 9—11 proizilazi da je, prije svega, uticaj ovog taksacionog elementa  
na debljinski prirast mnogo manji od uticaja sklopa, a zatim da je manji kod  
debljih nego kod tanjih stabala. Ovo je i logično jer se kod debelih sta-  
bala ne može mnogo mijenjati način zasjenjivanja promjenom srednjeg preč-  
nika sastojine, naravno, uz iste ostale uslove.

S obzirom na veličinu uticaja srednjeg prečnika sastojine na debljin-  
ski prirast i način njegovog ispoljavanja postoje razlike između jele i smr-  
če s jedne, i bukve s druge strane, i to ako se izuzmu posljednja dva de-  
bljinska stepena. Kod prvih je on veći. Kod bukve se sa porastom srednjeg  
prečnika debljinski prirast stalno i prilično ujednačeno smanjuje, a kod jele  
i smrče se on najprije smanjuje, do prečnika od približno 45 cm, a poslije  
se povećava.



Da bi se objasnile ove pojave, mora se opet posegnuti za projekcijom kruna. To znači da moramo postaviti pitanje kako bi izgledao očišćeni uticaj srednjeg prečnika od uticaja projekcija kruna. Ovaj mora da se ispoljava kroz uticaj prvog taksacionog elementa jer smo ranije vidjeli da veličina projekcije kruna zavisi od srednjeg prečnika.

Budući da su projekcije kruna jelovih i smrčevih stabala veće kod manjih prečnika sastojina nego kod većih, to je razlika u veličini projekcija doprinijela i sa svoje strane navedenim razlikama debljinskog prirasta zbog razlika u srednjim prečnicima sastojina. Stoga bi kod grafova očišćenog uticaja srednjeg prečnika na debljinski prirast od uticaja projekcija trebalo očekivati izvjesno spuštanje lijevih i podizanje desnih njihovih krakova u odnosu na one do kojih smo mi došli. Da li bi to išlo do te mjere da bi nestalo minimuma kod grafa za tanja i srednja stabla ili bi ipak ostali, kao i to da li bi se izgubio uopće uticaj srednjeg prečnika na debljinski prirast debelih stabala ili ne bi, nije moguće ništa određeno reći. Mogući su ovi zaključci: prvo, očišćen uticaj srednjeg prečnika bio bi kod debelih stabala ovih vrsta neznatan i, drugo, kod tanjih i srednjih stabala debljinski prirast uglavnom bi se povećavao, povećavanjem srednjeg prečnika.

Ovo pak znači da je kod ovih kategorija stabala veće negativno djelovanje zasjenjivanja sa strane i veće konkurencije u zemljištu nego od zasjenjivanja odozgo. Ovo se ne bi slagalo sa Mitscherlichovim nalazom, prema kome je podjednak uticaj jednog i drugog (28).

Očišćen uticaj srednjeg prečnika za tanka i srednja bukova stabla razlikovao bi se od našeg samo po tome što bi se stepen opadanja njegovih grafova povećavao sa povećavanjem prečnika. Ovo stoga što su kod manjih srednjih prečnika sastojine i projekcije kruna manje. Kad bi se one obuhvatile kao zaseban nezavisan faktor, tj. kad bi one preuzele svoj dio uticaja, onda bi se to reflektovalo kod očišćenog uticaja srednjeg prečnika na debljinski prirast na taj način, što bi se lijevi krakovi od grafova njegovih funkcija podigli, a desni spustili, u odnosu na naše. Kod stabala posljednja dva debljinska stepena nastupila bi obratna situacija. Ni ovdje nije moguće određeno reći da li bi se on potpuno izgubio ili ne bi.

Iz izloženog proizilazi da je, za razliku od jele i smrče, negativno djelovanje zasjenjivanja odozgo veće od zasjenjivanja sa strane.

#### d) Uticaj omjera smjese

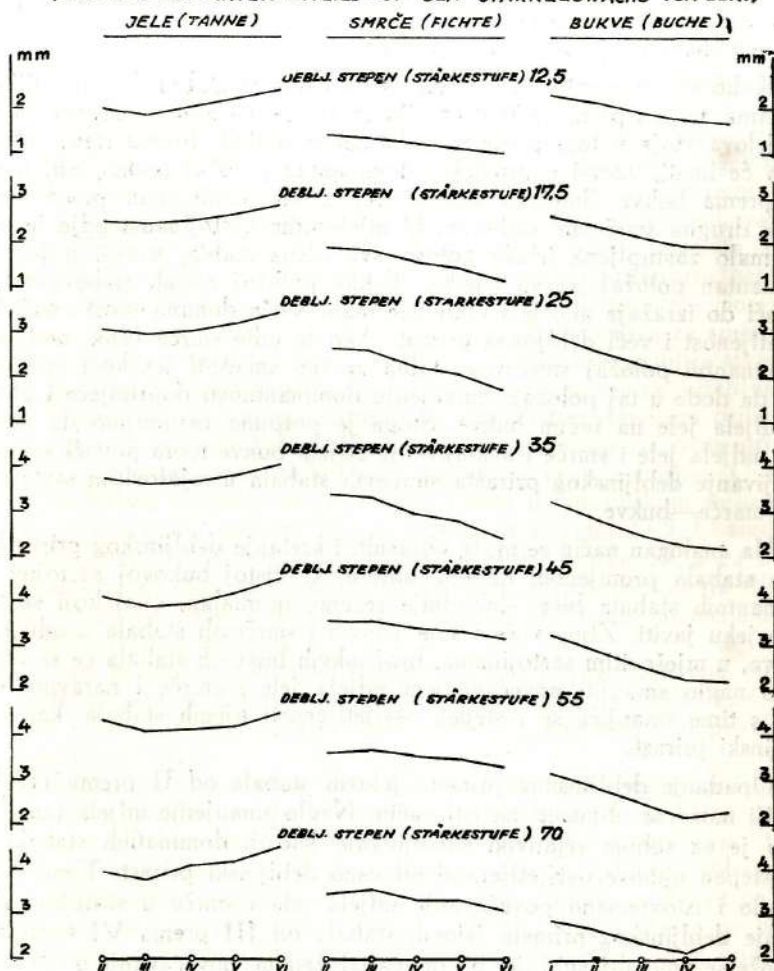
Veličina debljinskog prirasta svake od naše tri vrste zavisi u znatnoj mjeri od omjera smjese.

Veličina debljinskog prirasta jedne vrste razmatrana je u zavisnosti od udjela druge dvije vrste. S time je obuhvaćen i uticaj udjela vrste čiji se prirast razmatra, jer se oni svi dopunjuju uvijek na 1,0. Pri razmatranju zavisnosti debljinskog prirasta jedne vrste njen omjer smjese je izražen udjelom drugih dviju.

Realno značenje dobivenih rezultata je vrlo teško sagledati ako se izolovano razmatra uticaj udjela pojedinih vrsta. Teškoće proizilaze otuda što razmatranje uticaja udjela jedne vrste pretpostavlja stalne promjene srednjih vrijednosti udjela drugih dviju, idući od intervala do intervala njenog udjela. Korist od grafičkih prikaza svodi se uglavnom stoga na to, da bi se dobio uvid u veličinu prosječnih residiuma za pojedine intervale udjela vrste, čiji se uticaj na veličinu debljinskog prirasta razmatra.

Radi dobivanja uvida u to kako se mijenja debljinski prirast, promjenom omjera smjesa, izračunali smo prirast po dobivenim funkcijama (iz tablice 12 i 13) za nekoliko karakterističnih slučajeva i prikazali rezultate grafički na slici 12. Na donjoj strani slike navedeni su podaci tih slučajeva. Ovi su odabrani tako da predstavljaju, uzevši u širokim konturama, mijenjanje sastava šuma jele, smrče i bukve ako se ide u Bosni iz nižih položaja prema višim, i to do visoravni kod kojih dominiraju smrča i jela.

UTICAJ OMJERA SMJESE NA DEBLJINSKI PRIRAST:  
(EINFLUSS DES ARTENANTEILS AUF DEN STÄRKEZUWACHS VON DER:)



KOMBINACIJE S OBZIROM NA UUDIO VRSTA:  
(KOMBINATIONEN RÜCKSICHTLICH AUF  
DEN ANTEIL DER ARTEN):

	I	II	III	IV	V	VI
JELA (TANNE)	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4
SMRČA (FICHTE)	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6
BUKVA (BUCHE)	10	0,6	0,3	0,1	0,1	0,1

SL. 12



Debljinski prirast jelovih stabala je najmanji kod mješovitih sastojina jele, smrče i bukve, kod kojih je udio jele 0,5, smrče 0,2 i bukve 0,3. Povećavanjem udjela jele i smrče i istovremenim smanjivanjem udjela bukve debljinski prirast jelovih stabala se povećava, kao i smanjivanjem udjela jele i smrče te istovremenim povećanjem udjela bukve.

Smanjivanjem udjela bukve i istovremenim povećavanjem udjela jele i bukve smanjuje se debljinski prirast i smrčevih i bukovih stabala. Najširi su godovi bukovih stabala u čistim bukovim sastojinama, a smrčevih u mješovitim sastojinama u kojim su ove dvije vrste četinara malo zastupljene.

Promjene veličine debljinskog prirasta zbog promjena omjera smjese mogu se kod smrče i bukve objasniti razlikama u visini stabala naših triju vrsta u njihovim mješovitim sastojinama.

Kako smo konstatovali u poglavlju o visinama stabala u mješovitim sastojinama, uz isti prsni prečnik najviša su smrčeva stabla, a najniža bukova, dok jelova stoje u tom pogledu približno u sredini. Prema tome, smrčeva stabla će imati, uzevši u prosjeku, dominantan položaj prema jeli, a naročito prema bukvi. Smrčevo stablo neće imati dominantan položaj samo prema drugim smrčevim stablima. U mješovitim sastojinama gdje je smrča vrlo malo zastupljena imaće gotovo sva njena stabla, uzevši u prosjeku, dominantan položaj jer su rijetka. Takav položaj njenih stabala naročito će doći do izražaja ako je i udio jele mali. Veća dominantnost znači bolju osvjetljenost i veći debljinski prirast. Ako je udio smrče velik, onda će se i dominantni položaj smrčevog stabla znatno smanjiti jer koči stablo ove vrste da dođe u taj položaj. Smanjenju dominantnosti doprinijeće i povećanje udjela jele na račun bukve. Stoga je potpuno razumljivo da povećavanje udjela jele i smrče i smanjivanje udjela bukve mora povući sa sobom smanjivanje debljinskog prirasta smrčevih stabala u mješovitim sastojinama jele—smrče—bukve.

Na analogan način se može objasniti i kretanje debljinskog prirasta bukovih stabala promjenom omjera smjese. U čistoj bukovoj sastojini broj dominantnih stabala biće, slobodnije rečeno, normalan, onaj koji se može u prosjeku javiti. Zbog veće visine jelovih i smrčevih stabala u odnosu na bukova, u mješovitim sastojinama, broj takvih bukovih stabala će se procentualno naglo smanjiti povećavanjem udjela jele i smrče i naravno, paralelno s time smanjiće se i stepen osvjetljenosti njenih stabala, kao i sam debljinski prirast.

Opadanje debljinskog prirasta jelovih stabala od II prema III kombinaciji može se objasniti na isti način. Naglo smanjenje udjela bukve povuklo je sa sobom relativno smanjivanje jelovih dominantnih stabala, a s time stepen njihove osvjetljenosti odnosno debljinski prirast. Tome je pridonijelo i istovremeno povećavanje udjela jele i smrče u sastojini. Povećavanje debljinskog prirasta jelovih stabala od III prema VI kombinaciji ne može se time objasniti, jer bi, prema izloženom, povećavanje udjela smrče i smanjenje udjela bukve u mješovitim sastojinama trebalo da izazove obratan efekat, tj. opadanje debljinskog prirasta jelovih stabala od III prema VI kombinaciji.

Nije isključeno da je ovu pojavu izazvala rjeda kruna smrčevih stabala.



Kako se vidi iz slike 12 omjer smjese je najuticajniji na debljinski prirast kod bukve, a najmanji kod jele. Smrča stoji u tom pogledu negdje po sredini.

Ostalo nam je još da se osvrnemo na to kako se mijenja debljinski prirast od debljinskog stepena do stepena ili da ostanemo kod naših termina na: uticaj debljinskog stepena na debljinski prirast.

### e) Uticaj debljine stabla

U tu svrhu su obračunati debljinski prirasti za razmatrane debljinske stepene po funkcijama iz tablica 12 i 13, i to za karakteristične kombinacije s obzirom na bonitet staništa, sklop, srednji prečnik i omjer smjese. Unutar svake vrste odabrane su po tri kombinacije s obzirom na bonitet staništa, sklop i srednji prečnik i četiri s obzirom na omjer smjese. Podaci kombinacija su navedeni u legendi slike 13, na kojoj su nanese obračunate vrijednosti za debljinski prirast i grafički izjednačene. Prilikom njihovog obračunavanja po funkcijama, za taksacione elemente koji nisu neposredno razmatrani, uvrštavane su vrijednosti koje su se samo neznatno razlikovale od njihovih srednjih vrijednosti. Srednje vrijednosti za bonitet staništa, sklop itd. za pojedine debljinske stepenove, međusobno su se razlikovale, naravno, unutar iste vrste. Da bismo mogli izvesti naša dalja razmatranja morale su se uzeti iste srednje vrijednosti kod svih debljinskih stepenova za spomenute taksacione elemente. Odabrali smo za njih one koje su bile najbliže stvarnim.

Iz grafičkih prikaza sa slike 13, koji se odnose na kretanje debljinskog prirasta od debljinskog stepena do stepena u različitim stanišnim prilikama, jasno se razabire da u lošim stanišnim uslovima kulminacija ovog prirasta se javlja kod mnogo tanjih debljinskih stepenova nego u boljim. U lošim stanišnim uslovima on kulminira za jelova stabla u debljinskom stepenu od 32,5 cm, za smrčeva u stepenu 35 i za bukova u stepenu 37,5. U srednjim stanišnim uslovima kulminacioni su stepeni za jelu i smrču 55, a za bukvu 50. Za najbolja staništa kulminacije debljinskog prirasta bi morale da leže kod nešto jačih debljinskih stepenova, ali na osnovu našeg materijala nije moguće dati precizan odgovor.

Ni ovdje ne možemo mimoći posredan uticaj projekcije kruna, tj. moramo postaviti pitanje kako bi izgledale naše krivulje za slučaj kad bi ih izradili na bazi očišćenog uticaja boniteta staništa na debljinski prirast od uticaja projekcija kruna.

Na osnovu ranije izloženog to bi prouzrokovalo malo podizanje i lijevog i desnog kraka krivulje za jelu V bonitetnog razreda, malo spuštanje desnog kraka za njen III bonitetni razred, a za I bonitetni razred spuštanje lijevog i podizanje desnog kraka. U drugom slučaju to bi povuklo sa sobom pomjeranje kulminacionog mjesta ulijevo i u trećem udesno u odnosu na kulminaciona mjesta koja proizilaze iz naših funkcija, dok u prvom ne bi nastupile nikakve promjene. Pomjeranje kulminacionih mjesta bilo bi vrlo malo jer veća mogu izazvati samo znatna pomjeranja krakova prema gore odnosno dolje.

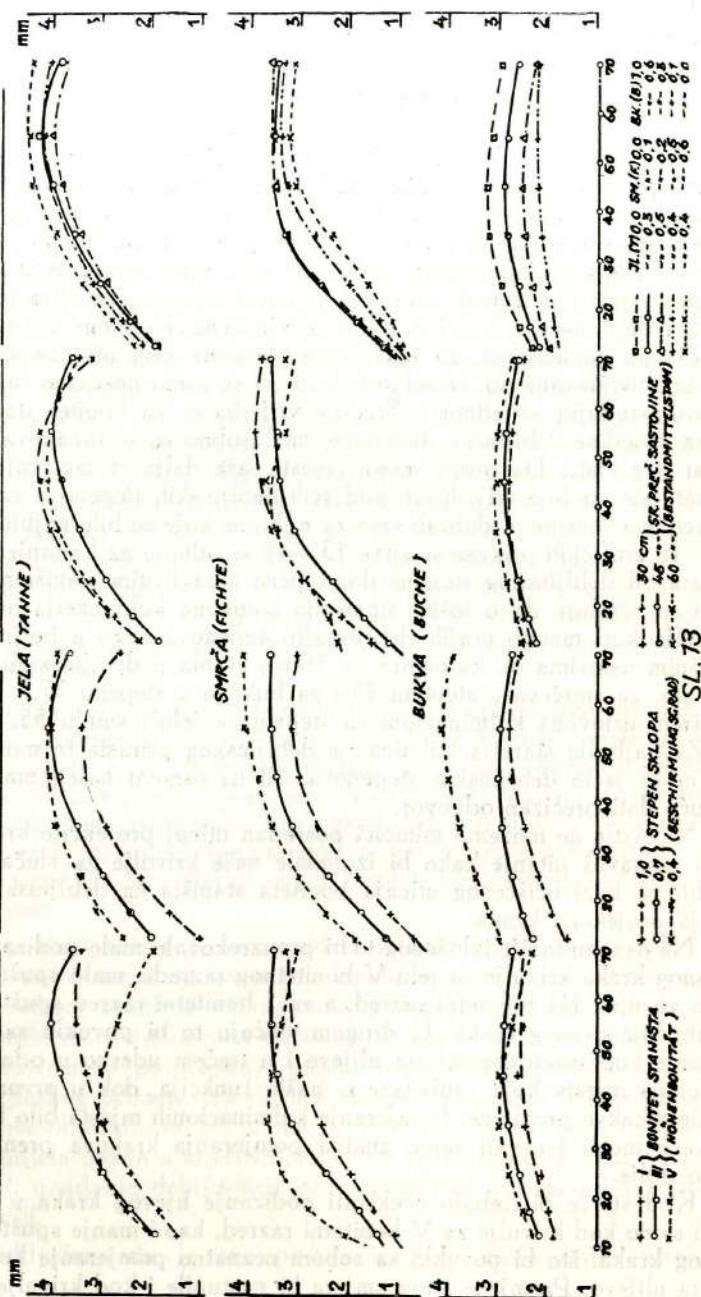
Kod smrče bi trebalo očekivati podizanje lijevog kraka u nešto većoj mjeri samo kod krivulje za V bonitetni razred, kao i manje spuštanje desnog njenog kraka, što bi povuklo sa sobom neznatno pomjeranje kulminacionog mjesta ulijevo. Promjene istog smjera bi nastupile i kod krivulje za I boni-



tetni razred, ali bi one bile znatno manje, a kod krivulje III bonitetnog razreda trebalo bi očekivati samo pomjeranje desnog njenog kraka prema gore. Sve ovo ne bi povuklo, praktično uzevši, nikakve promjene u kulminacijama u odnosu na one do kojih smo došli.

ZAVISNOST DEBLJINSKOG PRIRASTA OD DEBLJINE STABLA I OD:  
(ABHÄNGIGKEIT DES STÄRKEZUNWACHSES VON D. BAUMSTÄRKE UND VON:)

BOHITETA STANIŠTA (PER HÖHENBONITÄT) SKLOPA (DER BESCHÜMMUNG) SREDNJEG PREC. GASTOVINE (DEM BESTANDESMITTELSTAMMES) O MJERA SMJESE (DEM ANTEIL DER ARTEN)



Kod bukve bi se nešto bitnije promjene mogle očekivati kod lijevih krakova krivulja. Kod krivulje za V bonitetni razred trebalo bi očekivati nešto veće podizanje lijevog dijela kraka, kao i njegovog srednjeg dijela, što bi izazvalo malo pomjeranje njene kulminacione tačke ulijevo. Kod ostalih krivulja ne bi se javile značajnije promjene.

Na osnovu logike stvari trebalo bi očekivati da bi smanjivanje sklopa moralo da povuče sa sobom, uz ostale jednake uslove, pomjeranje kulminacione tačke ulijevo. Ovu tvrdnju zasnivamo na konstatovanoj činjenici da smanjivanje sklopa izaziva i relativno i apsolutno veće povećanje debljinskog prirasta kod tanjih nego kod debljih stabala. U našim rezultatima se ta zakonitost ispoljava samo u jednom dijelu slučajaeva: odnos krivulja za sklop 0,4 i 0,7 kod jele, za 0,7 i 1,0 kod bukve i donekle za 0,7 i 1,0 kod smrče. Kod ostalih se slučajeva nije javila, što je prouzrokovalo uplitanje uticaja projekcija kruna u uticaj sklopa.

Iz ranije izloženog proizilazi da bi nastupilo spuštanje desnog kraka krivulje za sklop 0,4 kod bukve ako bi se uticaj sklopa očistio od uticaja projekcija, kao i podizanje lijevog njenog kraka. To bi povuklo sa sobom pomjeranja njene kulminacije ulijevo. Zbog istih razloga nastupilo bi manje pomjeranje kulminacije ulijevo kod krivulje za sklop 1,0, dok bi se kod krivulje za sklop 0,7 kulminacija pomjerila udesno. Sve bi to dovelo do usklađivanja sa navedenim zakonitostima.

Kad je bila riječ o tome kako bi trebalo da izgleda očišćen uticaj sklopa na debljinski prirast najdebljih jelovih i smrčevih stabala u odnosu na onaj do kojeg smo došli, rekli smo da bi on bio mnogo manji. To znači da bi desni krakovi svih triju krivulja za ove dvije vrste bliže ležali jedan drugom. Budući da desni krakovi ne bi promijenili svoj položaj, bar ne osjetnije, to bi te promjene dovele do onih položaja kulminacija koji bi bili također u skladu sa navedenim zakonitostima.

Kako smo vidjeli ranije, ostavljanje po strani uticaja projekcija kruna, doprinijelo je znatnom udaljavanju naših rezultata o uticaju srednjeg prečnika na debljinski prirast od onog koji bi se javio kad bi se ovaj očistio od uticaja prvog. To se, naravno, tiče i krivulja sa slike 13.

Kad bi se uticaj srednjeg prečnika očistio od uticaja projekcija kruna, onda bi, prema ranije izloženom, trebalo kod ovih krivulja za jelu i smrču očekivati sljedeći njihov međusobni položaj: najviše bi ležao lijevi krak za krivulju srednjeg prečnika od 60 cm, a ispod njega za srednje prečnike od 45 i niže od 30, dok bi se desni njihovi krakovi sasvim približili jedan drugom. To znači da bi kulminaciona tačka krivulje za srednji prečnik od 60 cm ležala lijevo od kulminacione tačke krivulje za prečnik od 45, a ova opet lijevo od krivulje za prečnik od 30 cm.

Kod bukve bi bio obratan međusobni položaj lijevih krakova krivulje: najviši bi položaj imao krak krivulje srednjeg prečnika od 30 cm, a ispod ovog redom krakovi krivulja za srednje prečnike od 45 i 60. Sa desnim krakom bi nastupilo isto kao i kod jele odnosno bukve. Prema tome, kod bukve bi bio i obratan međusobni razmještaj kulminacionih tačaka.

Uticaj debljinskog stepena na debljinski prirast, u zavisnosti od omjera smjese, dosta je određen. Kod bukve i smrče se kulminaciona tačka javlja kod tanjih stabala za kombinacije kod kojih je debljinski prirast veći, a kod jele se prate sve krivulje do te mjere da se kulminacione tačke javljaju kod istog debljinskog stepena.



Do sada nije, koliko nam je poznato, određivana zavisnost debljinskog prirasta na izloženim osnovama za jelu, smrću i bukvu u prebornim sastojinama. Stoga jedva da i dolazi u obzir upoređenje naših rezultata sa rezultatima do kojih su došli drugi autori i povlačenje zaključaka iz tih upoređenja. Pored toga, izvršena ispitivanja su bila, po pravilu, mala po obimu tako da ona nisu mogla da pruže potreban materijal na osnovu koga bi se mogla izvršiti analiza zavisnosti debljinskog prirasta od drugih taksacionih elemenata, naravno, na bazi jednostavnih metoda koji su jedino primjenjivani. Izuzetak u tom pogledu predstavljaju, koliko nam je poznato, Mitscherlichovi i Prodanovi radovi.

Ipak ćemo u tom pogledu učiniti ono što možemo. Najprije ćemo izvršiti upoređenje naših rezultata sa rezultatima ove dvojice autora.

Mitscherlich je vršio razmatranja zavisnosti debljinskog prirasta debljinske klase — (imao je svega tri: 7—25, 26—49, 50—), od broja stabala iste i jače klase, odnosno jačih klasa. Konstatovao je za jelu i smrću da prirast razmatrane klase opada sa njegovim porastom (28). Budući da se porast broja ovih stabala može izraziti porastom sklopa i srednjeg prečnika sastojine, izraženih zajedno, to se njegov nalaz slaže sa našim. S tim ne mislimo reći da je opadanje (ni relativno ni apsolutno) isto kod njega i kod nas. To je sve što se moglo izvući iz ovog upoređenja.

Na osnovu većeg broja parcela, Prodan je izradio 5 krivulja debljinskog prirasta za jelu u prebornim sastojinama (31). On ih je dobio na taj način što je grafove tog prirasta za pojedine parcele razvrstao u pet grupa na bazi njegove veličine, zatim je za svaku grupu utvrdio srednju krivulju i nakon korekcija, dobio je pet pravilnih krivulja koje se prate potpuno, sa jednakim međusobnim razmakom kod pojedinih debljinskih stepenova. Takve krivulje odudaraju od naših rezultata, jer su zasnovane na pretpostavci da sastojine imaju isti tok krivulja debljinskog prirasta ako imaju kod nekog debljinskog stepena ili klase ovaj prirast podjednak. Prema našim rezultatima one mogu imati debljinski prirast različnog toka ako se sastojine razlikuju s obzirom na pojedine taksacione elemente, naročito na one koji su uticajniji (sklop).

Između naših rezultata i Badouxovih podataka, koje je on dao za svega 8 parcela (1), ne postoje razlike koje bi imale principijelan karakter. Iz njegovih podataka proizilazi da na lošijim staništima krivulja debljinskog prirasta kod tanjih debljinskih stepenova kulminira u odnosu na bolja, a zatim da ima slučajeva kod kojih su za tanja i srednja stabla veći debljinski prirasti na lošijim nego na boljim staništima. I njegova dva zaključka (od tri) su u skladu sa našim rezultatima: da su debljinski prirasti smrčevih stabala manji nego kod jelovih u najboljim mješovitim sastojinama jele—smrče—bukve i da je ovaj prirast kod najtanjih bukovih stabala veći nego kod istih takvih smrčevih, a da je obratna situacija kod njihovih debljih stabala. Jedino, njegov zaključak da je debljinski prirast jelovih stabala to veći što su bolji stanišni uslovi jako odudara od naših rezultata. S obzirom na to da je on ovaj zaključak zasnivao na svega nekoliko parcela, kao i s obzirom na činjenicu da su se zakonitosti do kojih smo mi došli ponovile kod sve tri vrste — i ako su obrađivane nezavisno jedna od druge, to se naš zaključak može prihvatiti kao vjerodostojan. Među spomenutih 8 parcela postoji čak jedna sa najboljim stanišnim prilikama, koja ima manje debljinske priraste nego druge sa lošijim stanišnim uslovima.



U našoj zemlji su u toku dosta obimna ispitivanja u ovom pogledu, ali ne ipak tolika da bi se na osnovu dobivenog materijala mogle obaviti analize debljinskog prirasta od drugih taksacionih elemenata. Stoga ćemo se morati ovdje ograničiti samo na neke konstatacije.

S obzirom na tok krivulja debljinskog prirasta i njihove kulminacije nema između naših rezultata i podataka koje daju Klepac (14) i Milojković (26) takvih razlika koje ne bi ušle u amplitudu variranja. Naši rezultati ne mogu ni potvrditi ni negirati Klepčev nalaz u pogledu javljanja odnosno izostajanja kulminacije kod fitocenoza koje je obradio, jer se naši rezultati odnose na, vjerovatno, gotovo sve koje se nalaze u Bosni. Ako se pažljivije uporede naši rezultati sa podacima koje daje Drinić za prašume (5 i 6), onda se može povući zaključak da se kod krivulja visina za ove, kulminaciona tačka pomjerila prema jačim debljinskim stepenima.

## 2) Veličina debljinskog prirasta

Funkcije u tablicama 12 i 13 određuju i približnu veličinu debljinskog prirasta za sastojine različitih taksacionih elemenata. U tu svrhu je potrebno uvrstiti vrijednosti ovih, nanijeti dobivene rezultate po debljinskim stepenovima i izvršiti izjednačenje između njih. Ograničenje je da se ne vrše ekstrapolacije. Ekstrapolacije će biti izbjegnute ako se ostane unutar sljedećih granica:

za bonitet staništa . . . . .	I do V (1,0 do 5,0)
za sklop . . . . .	0,35 do 1,00
za srednji prečnik sastojine . . . . .	25 do 60
za omjer smjese za smrču . . . . .	0,0 do 0,8
za omjer smjese za jelu i bukvu . . . . .	0,0 do 1,0

Zbog malog broja čistih smrčevih sastojina i mješovitih sastojina sa velikim udjelom smrče nisu pouzdani rezultati za interval 0,8—1,0 s obzirom na omjer smjese smrče.

Kako smo vidjeli u poglavlju D/I/1/b, najmanja greška grafova visina bila je za srednje debljinske stepene. To isto bi se javilo i kod grafova debljinskog prirasta za uticaj boniteta staništa sklopa itd. da smo ih utvrđivali. Stoga je za debljinske stepene najsigurnije utvrđen debljinski prirast za srednji bonitetni razred, srednji stepen sklopa itd. a dosljedno tome i krivulja debljinskog prirasta za sastojinu kod koje taksacioni elementi imaju srednje vrijednosti. Ovoj su vrlo blizu sastojine čije su krivulje debljinskog prirasta izvučene punom linijom na slici 13.

Srednje vrijednosti taksacionih elemenata, nakon uklanjanja njihovih malih razlika između debljinskih stepenova, bile bi sljedeće:

	Bon. razr.	Stepen sklopa	Omjer smjese za			Srednji preč. sastojine
			jelu	smrču	bukvu	
za jelu	2,9	0,72	—	0,17	0,33	45
za smrču	2,8	0,72	0,37	—	0,24	43
za bukvu	3,4	0,75	0,30	0,10	—	45

Što se taksacioni elementi budu više udaljavali od ovih vrijednosti, to će biti nepouzdanija i krivulja debljinskog prirasta.

Korelacioni koeficijenti prikazuju koliki je stepen pouzdanosti utvrđivanja krivulja debljinskog prirasta na taj način. Oni su utvrđeni na isti

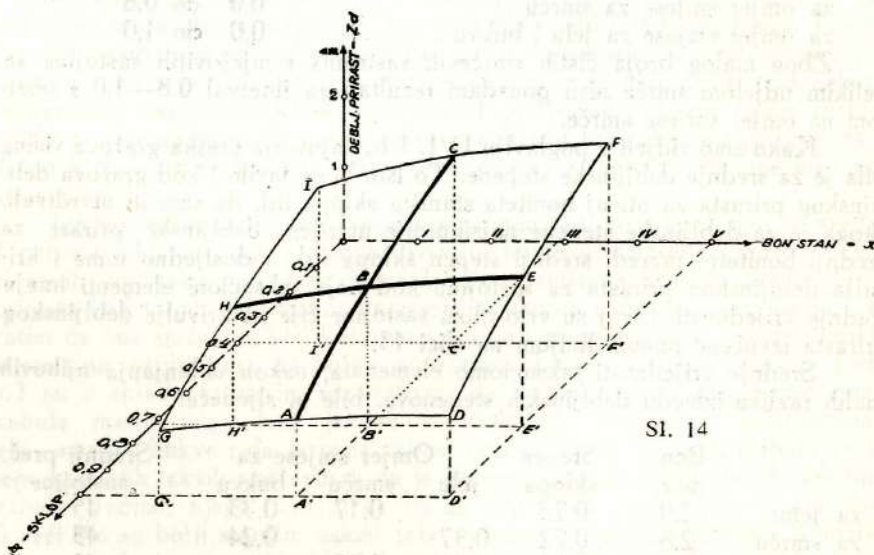


način kao i kod projekcija kruna i izneseni su u tablicama 12 i 13. Oni nisu visoki, naročito kod bukve, čemu je doprinijelo u najvećoj mjeri to što nismo obuhvatili projekcije kruna kao nezavisan faktor. Njihova je varijabilnost vrlo velika, kao i uticaj na veličinu debljinskog prirasta.

Korelacioni koeficijenti ispali su relativno maleni i zbog toga, što je određivanje veličine debljinskog prirasta po funkcijama iz tablica 12 i 13 opterećeno greškama, i to tim većim što su veće razlike između vrijednosti taksacionih elemenata slučaja i prosječnih vrijednosti taksacionih elemenata parcela. Zbog toga smo naročito istakli u početku ovog poglavlja da se s njima dobivaju približne vrijednosti. Isto smo to uradili kad je bila riječ o veličini projekcija kruna. Po našoj ocjeni, sada je nastupio podesan momenat da iznesemo njihov uzrok i izložimo način kako se one mogu ukloniti ili bar smanjiti u vrlo znatnoj mjeri.

Pomoću spomenutih funkcija dobivaju se realne vrijednosti debljinskog prirasta za slučaj kada se radi o taksacionim elementima čije su vrijednosti jednake srednjim vrijednostima za ove parcele. Isto tako se na osnovu njih dobivaju realne funkcije uticaja pojedinih taksacionih elemenata na veličinu debljinskog prirasta pri srednjim vrijednostima za ostale elemente. Ovo stoga što je obavljeno izjednačenje na toj osnovi.

Na slici 14 prikazan je za jelu debljinskog stepena 12,5 uticaj boniteta staništa sa krivuljom HBE, a sa krivuljom ABC uticaj sklopa, naravno, opet uz srednje vrijednosti za ostale taksacione elemente. Ove su iznosile, kako smo ranije naveli, približno za bonitet staništa II, 9, za sklop 0,72, za srednji prečnik sastojine 45 cm, za udio jele 0,50, smrčce 0,17 i bukve 0,33.



Sl. 14

Ako se smanji bonitet staništa sa II, 9 na V bonitetni razred, onda se pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente povećava debljinski prirast sa 1,918 mm na 2,047 ili za 0,129 mm, a ako se pak poveća bonitet staništa sa II, 9 na I bonitetni razred, onda se debljinski prirast smanji na

1,587 mm ili za 0,331 mm. Uticaj sklopa je znatniji; ako se smanji stepen sklopa sa 0,72 na 0,40, onda se pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente povećava debljinski prirast sa 1,918 mm na 2,579, ili za 0,661 mm, a ako se pak poveća na 1,00, onda se debljinski prirast smanjuje na 1,072 mm ili za 0,846 mm.

Postavimo sada ovakvo pitanje: da li se mogu očekivati te iste razlike ili ne, ako se vrše prve promjene pri stepenu sklopa 0,40 ili 1,00 i pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente (srednji prečnik sastojine i srednji omjer smjese) odnosno ako se vrše druge promjene pri V ili I bonitetnom razredu i pri srednjim vrijednostima za iste ostale taksacione elemente. Drugim riječima to bi pitanje glasilo: da li su krivulje realnog uticaja boniteta staništa koje prolaze tačkama A i C paralelne sa krivuljom istog uticaja koja prolazi kroz tačku B ili nisu, odnosno da li su krivulje realnog uticaja sklopa koje prolaze tačkama H i E paralelne sa krivuljom (istog uticaja) koja prolazi kroz tačku B ili nisu? Prema našim funkcijama iz tablica 12 i 13 one su paralelne. Tačnije prema funkciji za uticaj boniteta staništa i sklopa, koja, općenito napisano, glasi:

$$y = a_1 \cdot x^2 + a_2 \cdot x + g_1 \cdot \varphi^2 + g_2 \cdot \varphi + k'$$

U konstanti  $k^1$  su sabrani sumandi funkcije (iz tablice 12) koji se odnose na uticaj srednjeg prečnika i omjer smjese za njihove srednje vrijednosti, te konstanta  $k$ . Ako se u ovoj funkciji za uticaj boniteta staništa i sklopa uvrste za  $\varphi$  vrijednosti 0,4 i 1,00, dobiće se dvije parabole, čiji su grafovi paralelni sa krivuljom HBE i od kojih prvi prolazi kroz tačku C, a drugi kroz tačku A. Uvrste li se pak u tu funkciju za  $x$  vrijednosti 1 i 5, dobiće se opet parabole čiji su grafovi paralelni sa krivuljom ABC i od kojih prvi prolazi kroz tačku A, a drugi kroz tačku E.

Pretpostavka o jednakim spomenutim razlikama odnosno o izloženom paralelizmu grafova je nerealna. To bi značilo da je veći relativni uticaj boniteta staništa pri potpunom sklopu, dakle, u slučaju kad je debljinski prirast ekstremno malen, nego pri rijetkom. To bi bilo u oštroj oprečnosti sa već odavno konstatovanim pojavom da ne postoje uočljive razlike u debljinskom prirastu takvih debljinskih stepenova ako je sklop potpun. Isto tako bi bila nerealna pretpostavka da bi iste promjene u sklopu izazvale iste apsolutne promjene u debljinskom prirastu kod I i V bonitetnog razreda, uprkos tome što je on kod prvog znatno manji nego kod drugog. Mnogo je realnija pretpostavka da promjene u bonitetu staništa odnosno u sklopu izazivaju to veće razlike u debljinskom prirastu što je on veći.

Prema izloženom, funkcija koju smo malo prije naveli nije uopće pogodna za obuhvatanje istovremenog variranja debljinskog prirasta koje izazivaju razlike u bonitetu staništa i sklopa, naravno, pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente, kao ni za utvrđivanje debljinskog prirasta za razne slučajeve s obzirom na ova dva taksaciona elementa. Mnogo bi bolje zadovoljila funkcija:

$$y = ax^2 + g \cdot \varphi^2 + e \cdot x \cdot \varphi + k_1,$$

gdje su  $a$ ,  $g$ ,  $e$  i  $k_1$  parametri, a  $x$  i  $\varphi$  imaju isto značenje kao i ranije.  $k_1$  predstavlja sumande koji se odnose na uticaj srednjeg prečnika sastojina i omjera smjese, kao i ranijeg slobodnog parametra.

Uvrštavaju li se u ovu funkciju redom vrijednosti za  $x$  (bonitetni razredi I do V) dobivaju se uvijek kao funkcije uticaja sklopa parabole, dakle,



funkcije koje odgovaraju uticaju ovog elementa na debljinski prirast, ali one ne moraju biti međusobno paralelne. Isto tako dobile bi se za uticaj boniteta staništa parabole, koje također ne moraju biti međusobno paralelne, ako se uvrštavaju redom stepeni sklopa, recimo, od 0,40 do 1,00. Grafički razmatrano, uticaj boniteta staništa i sklopa, pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente, mogao bi se predstaviti jednom vitoperom površinom, čijim bi se presjecanjem sa vertikalnim ravnima, jednom paralelnom sa osom —  $x$  i drugi put sa osom —  $\varphi$ , dobile parabole koje ne moraju biti paralelne. Veličine parametara bi se mogle odrediti metodom najmanjih kvadrata, a u okviru sukcesivne aproksimacije. Na taj način određena funkcija ne bi imala izložene nedostatke, ukoliko se one odnose na obuhvatanje variranja debljinskog prirasta usljed istovremenih promjena boniteta staništa i sklopa.

Sa izloženom korekcijom prva funkcija iz tablice 12 bi glasila:

$$y = ax^2 + g \cdot \varphi^2 + e \cdot x \cdot \varphi + c_1 \cdot d^2 + c_2 \cdot d + p_1 \cdot \gamma^2 + p_2 \cdot \gamma + f_1 \cdot \lambda^2 + f_2 \cdot \lambda + k$$

S time nisu uklonjeni njeni analogni nedostaci koji se odnose na uticaj srednjeg prečnika i omjera smjese. Ako bi se htio ukloniti nedostatak koji se odnosi, recimo, na srednji prečnik, onda bi trebalo kod nje izvršiti izmjene analogne onim koje smo učinili malo prije, tako da bi ona glasila:

$$y = ax^2 + g \cdot \varphi^2 + c \cdot d^2 + e \cdot x \cdot \varphi \cdot d + k_2,$$

gdje  $k_2$  poprima vrijednost koja je analogna ranijoj.

Uvrštavajući u ovu funkciju vrijednosti za  $x$  i  $\varphi$  dobile bi se uvijek za uticaj srednjeg prečnika parabole, dakle funkcije koje odgovaraju uticaju ovog faktora, ali one ne bi bile međusobno paralelne. Funkcija, prema tome, ne bi imala nedostatak o kojem je bila riječ. Međutim, ne bismo mogli u okviru sukcesivnih aproksimacija odrediti parametre  $a, g, c, e, i k_2$  jer se radi o četiri dimenzije. To pogotovo važi za slučaj kad bi se htio ukloniti nedostatak koji se odnosi i na omjer smjese. Funkcijom koja bi glasila:

$$y = ax^2 + g \cdot \varphi^2 + cd^2 + p \cdot \gamma^2 + f \cdot \lambda^2 + e \cdot x \cdot \varphi \cdot d \cdot \gamma \cdot \lambda + k$$

u potpunosti bi se uklonili nedostaci o kojima je bila riječ, ali rješavanje njenih parametara metodom sukcesivnih aproksimacija uopće ne dolazi u obzir, jer se radi o šest dimenzija.

Utvrđivanjem parametara metodom najmanjih kvadrata, bez preispitivanja rezultata i njihovih korekcija koje omogućuje metod sukcesivnih aproksimacija, ne bi se moglo izaći na kraj, ako bi se došlo do rezultata koji nas s obzirom na korelacioni koeficijent ne bi mogao da zadovolji. Onda bismo morali dići ruke od rješavanja problema.

U takvu situaciju bi dolazili na svakom koraku. Jedan razlog smo već naveli prilikom izlaganja primijenjene metodike obrade projekcija kruga. Rekli smo da se metodom najmanjih kvadrata ne može doći do dobrih rezultata ako su ekstremni intervali u okviru amplituda pojedinih taksacionih elemenata predstavljani malim brojem parcela. To ne bi smetalo onda kad bi u analizi bili obuhvaćeni svi faktori koji uplivišu, u ovom slučaju, na debljinski prirast. To nije urađeno niti se to može u biološkim ispitivanjima uopće postići. Postoje čak faktori koje mi ne možemo ni nazreti. Mi smo naveli neke od njih.

Ovdje treba da istaknemo još dva razloga. Prvi, koji se ne može lako braniti, sastoji se u tome da je, uprkos svim kontrolama, skoro nemoguće tačno obračunati potrebne podatke za postavljanje normalnih jednačina ako



se radi o nekoliko desetina hiljada računskih operacija, kao što je ovdje slučaj. Drugi se pak sastoji u tome da se s opremom sa kojom smo mi raspolagali uopće ne mogu riješiti sistemi normalnih jednačina sa mnogo nepoznanica uz potrebnu tačnost. Naime, zbog malog broja cifarskih mjesta na mašinama za računanje ograničen je broj decimalnih mjesta, što povlači veće ili manje iskrivljavanje rezultata. Sa običnim računskim mašinama mogu se rješavati sistemi tih jednačina najviše do oko 15 nepoznanica. Sistemi preko tog broja nepoznanica su, praktično uzevši, nerješivi, ako se računa sa jednim podnošljivim utroškom vremena i ako se želi postići veća tačnost.

Ovo naglašavamo naročito radi opravdanja primijenjenog postupka u prethodnom poglavlju, a u vezi izjednačenja dobivenih rezultata između debljinskih stepenova. Za istovremeno obuhvatanje uticaja svih razmatranih taksacionih elemenata na debljinski prirast, uključivši tu i uticaj debljinskih stepenova, rekli smo da dolazi u obzir funkcija koja bi se dobila množenjem sumandi upotrebljene funkcije za izjednačenje unutar debljinskog stepena sa sumandima funkcije parabole 4 reda koja dolazi u obzir za izjednačenje između stepenova. Ako bi se za prvu svrhu upotrebila funkcija koju smo kao posljednju naveli, to znači da bi sveobuhvatna funkcija imala 35 parametara, a sistem normalnih jednačina ukupno isto toliko nepoznanica. On bi bio nerješiv raspoloživom opremom, naravno, uz navedene uslove.

Iz ovog se istovremeno vidi da je prilikom utvrđivanja korelacionih koeficijenata u prethodnom poglavlju uzet prevelik broj za —  $m$  u formuli i da su oni stvarno nešto veći.

Mi smo sticajem prilika bili prisiljeni da za izjednačenje primjenimo funkcije koje u potpunosti ne odgovaraju kad je u pitanju određivanje veličine debljinskog prirasta za pojedine slučajeve na osnovu njih. Međutim, za utvrđivanje uticaja pojedinih taksacionih elemenata, naravno pri srednjim vrijednostima za ostale, one zadovoljavaju u potpunosti. Da smo upotrebili za izjednačenje i potpuno ispravne funkcije, funkcije uticaja pojedinih elemenata ne bi se bitnije razlikovale od onih do kojih smo mi došli.

Ostalo nam je pitanje kako ukloniti nedostatke funkcija kad je u pitanju prva svrha. Tačnije, kako na osnovu funkcija iz tablica 12 i 13 određivati debljinske priraste za pojedine slučajeve iz prakse, s time da se uklone iskrivljavanja koja bi njihova prosta primjena povukla sa sobom, bar većim dijelom.

Postupak se zasniva na činjenici da su funkcije uticaja taksacionih elemenata realne i na pretpostavci da je uticaj taksacionog elementa to veći što je veći debljinski prirast. Drugim riječima, polazimo od pretpostavke da je relativan uticaj taksacionog elementa isti.

U cilju prikaza postupka i njegovog obrazloženja poslužićemo se primjerima. Uzećemo debljinski prirast jele za debljinski stepen 12,5. Treba odrediti prirast — za sljedeće slučajeve:

- a)  $x=1,0$ ,  $\varphi=1,0$ ,  $d=40$ ,  $\pi=0,4$ ,  $\gamma=0,2$ ,  $\lambda=0,4$
- b)  $x=1,0$ ,  $\varphi=0,4$ ,  $d=40$ ,  $\pi=0,4$ ,  $\gamma=0,2$ ,  $\lambda=0,4$
- c)  $x=V,0$ ,  $\varphi=1,0$ ,  $d=30$ ,  $\pi=0,4$ ,  $\gamma=0,6$ ,  $\lambda=0,0$
- d)  $x=V,0$ ,  $\varphi=0,4$ ,  $d=30$ ,  $\pi=0,4$ ,  $\gamma=0,6$ ,  $\lambda=0,0$

Prema funkcijama uticaja udjela smrče i bukve, debljinski prirast za omjer smjese prva dva naša primjera, a pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente, iznosi 1,938 mm. Za omjer smjese druga dva primjera i pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente on iznosi 2,426



mm. Ove veličine su, kako smo rekli realne, tačnije, nisu opterećene sistematskim greškama o kojima je bilo govora.

Ako se poveća bonitet staništa sa II, 9 na I,0, onda se, pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente (dakle, i za omjere smjese) smanjuje debljinski prirast sa 1,918 mm na 1,587 ili povećava se za 0,827 puta, a ako se smanji bonitet staništa na V, 0, onda se povećava debljinski prirast na 2,047 ili za 1,067 puta. Smanji li se sklop sa 0,72 na 0,40, povećava se debljinski prirast, pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente, sa 1,918 mm na 2,579 mm ili za 1,345 puta, ako se sklop poveća na 1,00, smanjuje se debljinski prirast na 1,072 ili povećava se za 0,559 puta.

Akceptira li se pretpostavka istog relativnog uticaja taksacionih elemenata, vrlo je lako odrediti koliki je debljinski prirast za I bonitet i stepene sklopa 1,0 i 0,4. On iznosi:

$$(1,918 \cdot 0,827) \cdot 0,559 = 0,887 \text{ mm odnosno } (1,918 \cdot 0,827) \cdot 1,345 = 2,135 \text{ mm}$$

Za V bonitetni razred, analogno tome, iznosi:

$$(1,918 \cdot 1,067) \cdot 0,559 = 1,144 \text{ mm odnosno } (1,918 \cdot 1,067) \cdot 1,345 = 2,754 \text{ mm.}$$

Ove veličine su nanosene na slici 14 na tačke G<sup>1</sup>, I<sup>1</sup>, D<sup>1</sup> i F<sup>1</sup> i dobivene su tačke G, I, D i F.

Tačke I, C i F određuju funkcije parabole koja pokazuje kako se mijenja debljinski prirast promjenom boniteta staništa pri stepenu sklopa od 0,4 i pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente, a tačke G, A i D funkciju parabole koja pokazuje kako se mijenja prirast promjenom boniteta staništa pri stepenu sklopa od 1,0 i pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente. Tačke G, H i I određuju funkciju parabole koja pokazuje kako se mijenja debljinski prirast sa promjenom sklopa pri I bonitetnom razredu i pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente, a tačke D, F i E funkciju parabole koja pokazuje kako se mijenja prirast promjenom sklopa pri V bonitetnom razredu i pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente.

Vitopera površina GHICFEDAB pokazuje kako se mijenja debljinski prirast promjenom boniteta staništa i sklopa, a pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente. Ona bi trebalo da bude ona ista koju određuje funkcija koju smo okategorisali kao podesnu za obuhvatanje ova dva taksaciona elementa ( $y = a \cdot x^2 + g \cdot \varphi^2 + c \cdot x \cdot \varphi + k_1$ ), kad bi se u okviru sukcesivne aproksimacije odredili njeni parametri metodom najmanjih kvadrata. Ona odgovara općim zahtjevima koje smo postavili. Nju presjecaju vertikalne i paralelne ravni s osom x u parabolama koje nisu međusobno paralelne i čija se zakrivljenost smanjuje od  $\varphi = 0,40$  do  $\varphi = 1,0$ . Isto tako nisu međusobno paralelne parabole koje se dobivaju kao presjecišta te vitopere površine vertikalnim i paralelnim ravnima s osom  $\varphi$ . Njihova zakrivljenost postepeno opada od  $x = V,0$  do  $x = I,0$ . Veća zakrivljenost znači i veći uticaj taksacionog elementa.

Malo prije navedeni debljinski prirasti odnose se na srednji omjer smjese. Primjenivi princip istog relativnog uticaja, oni će iznositi za naša četiri slučaja omjera smjese, a pri srednjim vrijednostima za srednji prečnik sastojine:

- a)  $1,938 \cdot 0,827 \cdot 0,559 = 0,897$  mm  
 b)  $1,938 \cdot 0,827 \cdot 1,345 = 2,158$  mm  
 c)  $2,426 \cdot 1,067 \cdot 0,559 = 1,448$  mm  
 d)  $2,426 \cdot 1,067 \cdot 1,345 = 3,480$  mm

Smanji li se srednji prečnik sastojine sa 45 na 40 cm, onda se pri srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente povećava debljinski prirast sa 1,918 mm na 1,956 mm ili za 1,020 puta, a ako se smanji na 30 cm, onda se povećava prirast na 2,297 ili za 1,197 puta. Primjene li se i ovi faktori dolazi se do debljinskog prirasta za naše slučajeve. Oni iznose kod:

- a)  $1,938 \cdot 0,827 \cdot 0,559 \cdot 1,020 = 0,915$  mm  
 b)  $1,938 \cdot 0,827 \cdot 1,345 \cdot 1,020 = 2,200$  mm  
 c)  $2,426 \cdot 1,067 \cdot 0,559 \cdot 1,197 = 1,735$  mm  
 d)  $2,426 \cdot 1,067 \cdot 1,345 \cdot 1,197 = 4,170$  mm.

Obračunati debljinski prirasti po funkciji iz tablice 12 sljedeće su veličine: 0,804, 2,311, 2,086, i 3,521 mm. Dakle, postoje znatne razlike. Ali ne treba gubiti iz vida da naši slučajevi predstavljaju ekstreme, koje smo namjerno odabrali. Kod slučajeva gdje se veličine taksacionih elemenata ne razlikuju mnogo od srednjih vrijednosti za sve parcele, ove razlike su znatno manje. Budući da je sklop vrlo uticajan faktor u odnosu na ostale, to se pri približno srednjim stepenima sklopa, 0,6—0,8, neće javiti velike razlike ni za slučaj kada ostali taksacioni elementi imaju ekstremne vrijednosti. Sa stanovišta prakse to je od velike važnosti jer je za rješavanje normalnog stanja potrebno poznavanje debljinskog prirasta samo za te stepene sklopa. Za tu svrhu bi nas stoga mogli čak da zadovolje rezultati koji se dobivaju na osnovu funkcija iz tablice 12 jednostavnim uvrštavanjem taksacionih elemenata konkretnog slučaja. Ako se izvrše još korekcije na izloženi način, onda će se dobiti debljinski prirasti koji s obzirom na realnost mogu da zadovolje u potpunosti.

To je i izvršeno. Za navedene stepene, svih 5 bonitetnih razreda, tri srednja prečnika sastojina (30,45 i 60) i 5 karakterističnih slučajeva omjera smjese, obračunati su debljinski prirasti najprije po funkcijama, a zatim su izvršene izložene korekcije, koje se zasnivaju na izloženim osnovama. To je izvršeno, naravno, po vrstama i po odabranim debljinskim stepenima za analize. Dobiveni podaci su zatim nanoseni i grafički izravnati po debljinskim stepenima. Očitane veličine sa izravnatih grafikona su sređene u tablice koje će se posebno štampati, zajedno sa tablicama ostalih taksacionih elemenata.

Tablice imaju ove ulaze: vrst drveta, debljinski stepen, bonitet staništa, sklop, srednji prečnik sastojine i omjer smjese. Njima je obuhvaćeno nijansiranje debljinskog prirasta do te mjere da će se prirast pomoću njih moći vrlo jednostavno odrediti za svaki slučaj koji će se javiti u praksi prilikom utvrđivanja normalnog stanja. U tu svrhu neće biti potrebno vršiti interpolacije nego će biti dovoljno da se uzme prirast one stavke koja je najbliža slučaju s obzirom na taksacione elemente.

U kojoj je mjeri realna funkcija uticaja pojedinih taksacionih elemenata na debljinski prirast, zatim u kojoj je mjeri realna naša pretpostavka o spomenutom jednakom relativnom uticaju taksacionih elemenata na veličine debljinskog prirasta i, na kraju, u kojoj mjeri korekcije doprinose po-



mjeranju dobivenih rezultata pomoću funkcija prema realnim prirastima, trebalo bi da pokaže povećanje korelacionih koeficijenata u odnosu na korelacione koeficijente iz tablica 12 i 13. Za utvrđivanje tih novih korelacionih koeficijenata bilo bi potrebno, prije svega, prethodno, izraditi tablice debljinskog prirasta koje bi obuhvatale u cijelosti amplitude koje su se javile kod taksacionih elemenata svih naših parcela, zatim na osnovu takvih tablica odrediti debljinske priraste za svaku parcelu kao i residume i, na kraju, izračunati korelacione koeficijente prema izloženom postupku. Budući da se radi o tri vrste i 7 razmatranih debljinskih stepenova, trebalo bi izraditi 21 takvu tablicu. Dakle, izvršiti jedan upravo ogroman posao, uglavnom samo radi toga da bi pokazali osnovanost postupka. To će se pokazati kod razmatranja drugih taksacionih elemenata. Stoga se na njega nismo mogli odlučiti, a naročito zbog toga što je praksa neposredno zainteresirana za debljinske priraste pri stepenima sklopa od 0,6 do 0,8, za koje se dobivaju dobri rezultati i samim funkcijama.

I u pogledu veličine debljinskog prirasta teško je upoređivati naše rezultate sa rezultatima stranih i domaćih autora jer, kako smo vidjeli, veličina ovog prirasta zavisi u znatnoj mjeri o tome, o kojem se stepenu sklopa radi, zatim o srednjem prečniku sastojine i o omjeru smjese, (što oni nisu obuhvatili).

Uprkos tome može se povući zaključak da su debljinski prirasti jelovih i smrčevih stabala znatno manji u našim šumama od onih koje su konstatovali odnosno utvrdili Mitscherlich (28), Prodan (31) i Badoux (1), — po našem mišljenju, prvenstveno u razlikama s obzirom na veličinu kruna, na što je ukazano ranije.

Razlike između debljinskih prirasta koje smo mi konstatovali i onih koje su konstatovali spomenuti naši autori ne izlaze iz amplitude variranja.

#### IV GODIŠNJI PRIRAST STABLA U VISINU

Za debljinski stepen odabrane vrste on se može izvesti na osnovu njene krivulje visina i njenog debljinskog prirasta, određenog po odgovarajućoj funkciji tablica 12 i 13. i to po obrascu:

$$(Z_h)_n = \frac{h_{n+\frac{b}{2}} - h_{n-\frac{b}{2}}}{b} = (Z_d)_n \cdot \frac{h_{n+\frac{b}{2}} - h_{n-\frac{b}{2}}}{b} \text{ gdje je:}$$

$b$  širina debljinskog stepena;

$(Z_d)_n$  debljinski prirast debljinskog stepena  $n$ ;

$n$  debljinski stepen, izražen prečnikom;

$h_{n+\frac{b}{2}}$ ,  $h_{n-\frac{b}{2}}$  visina stabla prema krivulji visina na gornjoj odnosno na donjoj granici debljinskog stepena  $n$ .

U obrascu su dvije promjenljive:  $(h_{n+\frac{b}{2}} - h_{n-\frac{b}{2}})$  i  $(Z_d)_n$ .

Za odabrani debljinski stepen prva se mijenja sa bonitetom staništa, a druga zavisi, kako smo rekli, od boniteta staništa, sklopa, srednjeg prečnika i omjera smjese. Kod određivanja druge mora se uvrstiti isti bonitetni

razred na bazi kojeg je određena i prva promjenljiva.

Za konstantnu vrijednost  $(h_{n+\frac{b}{2}} - h_{n-\frac{b}{2}})$ , tj. za određeni debljinski stepen i određeni bonitetni razred vrste koja se razmatra, mijenja se njen visinski prirast na isti način kao debljinski.

Stoga nema potrebe da po debljinskim stepenima razmatramo uticaj pojedinih taksacionih elemenata na visinski prirast vrste. Izuzetak predstavlja uticaj boniteta staništa, jer se njegovom promjenom mijenja i vrijednost drugog faktora. Kako će se, međutim, dobiti uvid u tom pogledu usput u daljnim našim izlaganjima, to nećemo obaviti posebno ni ta razmatranja.

Za nas je najinteresantnije pitanje kako se porastom stabla u debljinu mijenja visinski prirast, tj. kakav je uticaj debljinskog stepena na njega. Ovo ćemo pitanje proširiti na isti način kao i kod debljinskog prirasta: kakav je njegov uticaj uz različne stanišne prilike i uz srednje prilike za ostale taksacione elemente (sklop, srednji prečnik sastojine i omjer smjese), a zatim uz različne stepene sklopa i uz srednje prilike za ostale taksacione elemente (bonitet staništa, srednji prečnik sastojine i omjer smjese) itd. U tu svrhu su na osnovu krivulja visina najprije određene vrijednosti

$(h_{n+\frac{b}{2}} - h_{n-\frac{b}{2}})$  za debljinske stepene po kojim smo vršili regresivne analize debljinskog prirasta, a zatim smo odredili po našim funkcijama iz tablica 12 i 13 vrijednosti  $(Z_d)_n$  za one iste slučajeve koje smo imali u prethodnom poglavlju. Na osnovu njih smo obračunali visinske priraste  $(Z_d)_n$ , koje smo nanijeli na slici 15 i grafički izjednačili.

Prva promjenljiva  $(h_{n+\frac{b}{2}} - h_{n-\frac{b}{2}})$  opada od tanjih prema debljim stepenovima, i to u početku vrlo malo, a kasnije je njeno smanjivanje progresivno sve veće. To važi za sve vrste i bonitetne razrede. Izuzetak predstavlja smrča, i to samo u tome, što se kod nje na boljim i srednjim staništima javlja malo povećanje te promjenljive od stepena 12,5 do 17,5. Druga promjenljiva  $(Z_d)_n$  se povećava, kako smo vidjeli do kulminacionih tačaka krivulja debljinskog prirasta, koje se javljaju između debljinskih stepenova 30 i 60, već prema bonitetu staništa, stepenu sklopa itd. Do kulminacionih tačaka promjenljive su oprečne u djelovanju: prva smanjuje, a druga povećava rezultat, Poslije kulminacionih tačaka obadvije imaju isti smjer djelovanja — smanjuju rezultat. Rezultanta je: od tanjih prema debljim debljinskim stepenima visinski prirast se najprije povećava, a onda opada. Kulminacija se javlja kod mnogo tanjih debljinskih stepenova u odnosu na krivulje debljinskog prirasta.

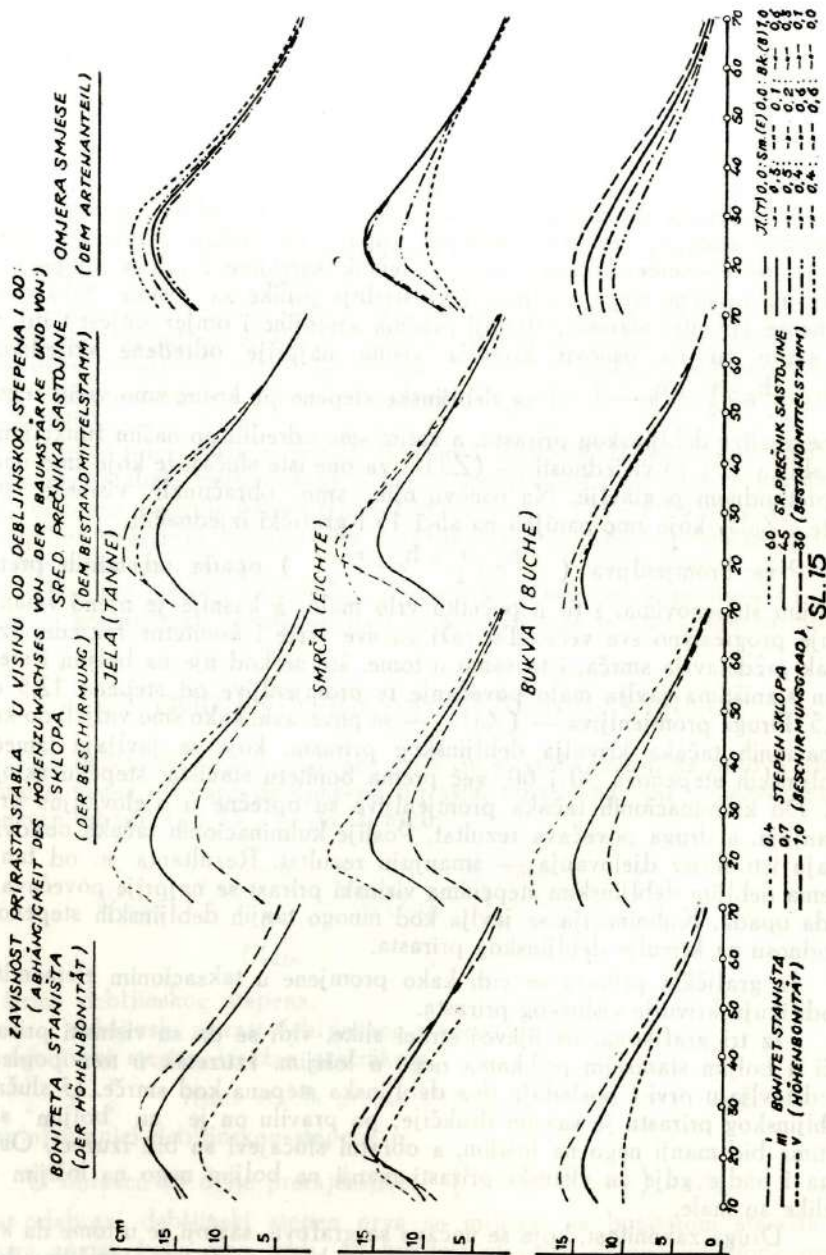
Iz grafičkih prikaza se vidi kako promjene u taksacionim elementima modifikuju krivulje visinskog prirasta.

Iz tri grafikona, na lijevoj strani slike, vidi se da su visinski prirasti veći u boljim stanišnim prilikama nego u lošijim. Izuzetak u tom pogledu predstavljaju prvi i posljednja dva debljinska stepena kod smrče. U slučaju debljinskog prirasta je sasvim drukčije; po pravilu on je na boljim staništima bio manji nego na lošijim, a obratni slučajevi su bili izuzeci. Osim toga i ondje gdje su visinski prirasti manji na boljim nego na lošijim — razlike su male.

Druga zakonitost, koja se uočava sa grafova, sastoji se u tome da kulminaciona tačka krivulje visinskog prirasta leži na lošijim staništima kod



tanjih debljinskih stepenova nego na boljim. Odnos između krivulje visinskog prirasta za I i III bonitetni razred kod smrče predstavlja u tome pogledu izuzetak. Za razliku od debljinskog prirasta, kulminacione tačke javljaju se kod mnogo tanjih debljinskih stepenova i njihovo međusobno odstojanje je malo.



Utica j sklopa srednjeg prečnika sastojine i omjera smjese na visinski prirast pojedinih debljinskih stepenova, analogan je njihovom uticaju na debljinski prirast. Razlog leži u tome što je razmatranje uticaja svakog od ovih elemenata vršeno na bazi srednjeg bonitetnog razreda — iste krivulje visina, pa je drugi faktor u obrascu za razne njegove vrijednosti poprimio karakter konstante unutar istih debljinskih stepenova i, naravno, iste vrste. Unutar ovih je visinski prirast veći za one vrijednosti taksacionog elementa, čiji se uticaj razmatra, kod kojih je veći i debljinski prirast. Prema tome, biće i međusobni odnos krivulja visina za različne vrijednosti taksacionih elemenata (čiji se uticaj razmatra) analogan međusobnom odnosu odgovarajućih krivulja debljinskog prirasta.

Utica j sklopa je sasvim određen. Uz manje stepene sklopa visinski prirast je znatno veći nego uz veće, a kulminaciona tačka leži kod tanjih debljinskih stepenova.

Kao i kod debljinskog prirasta, smanjivanje sklopa povlači za sobom pomjeranje kulminacione tačke krivulje visinskog prirasta ulijevo, prema debljinskim stepenima kod kojih se ona javlja kod jednodobnih sastojina. Dok je za male stepene sklopa vrlo veliko odstojanje između kulminacionih tačaka krivulja debljinskog prirasta, za jedan i drugi oblik gospodarenja, ovo je odstojanje relativno malo. Smanjivanje jednog i drugog odstojanja zbog smanjivanja sklopa je logično, jer se tim kod prebornih sastojina smanjuje zasjenjivanje stabala, naročito odozgo. Zbog smanjivanja ovog načina zasjenjivanja, smanjuje se i u znatnoj mjeri razlika u uslovima za rastenje stabala kod jednog i drugog oblika gospodarenja, koje su inače ogromne. Stoga ne treba gledati u Backmundovom nalazu — koga navodi Weck (36). — da se kulminacija tekućeg prirasta javlja to kasnije i da se održava na relativno visokom nivou to duže što se ono sprije razvijalo u mladosti, kao jedini razlog za to.

Utica j srednjeg prečnika na visinski prirast je najmanji od razmatranih elemenata, naročito kod bukve. Zbog malog odstojanja kulminacionih tačaka krivulja, nije moguće određenije govoriti o zakonitostima u pogledu međusobnog njihovog položaja za različne srednje prečnike sastojine. Isto to važi i za utica j omjera smjese, koji je inače mnogo znatniji. Iz grafikona koji se odnose na utica j ovog elementa vidi se da je visinski prirast to veći kod bukve i smrče što je udio bukve u sastojini veći, a kod jele je obratno.

Izuzevši utica j boniteta staništa, uticaji ostalih razmatranih taksacionih elemenata se smanjuju od tanjih prema debljim stablima, ne samo apsolutno nego i relativno. Prema slici, istina, neki slučajevi nisu u saglasnosti s ovim pravilom, ali to treba shvatiti kao posljedicu nagomilanih grešaka koje dolaze jako do izražaja kad se smanji prirast na nekoliko centimetara.

Na osnovu krivulje visina i funkcije iz tablice 12 i 13, a pomoću spomenutog obrasca, može se utvrditi krivulja visinskog prirasta za sastojine određenih taksacionih karakteristika. Podvlačimo ponovno, s time da se ne vrše ekstrapolacije. To će se izbjeći ako se ostane u okvirima koji su navedeni u prethodnom poglavlju. Tačnost će biti dosta velika za sastojine čiji se taksacioni elementi ne udaljuju mnogo od njihovih srednjih vrijednosti. Ove su navedene također u spomenutom poglavlju. Za slučajeve kad se oni jako udaljuju (I i V bonitetni razred, stepen sklopa, recimo, 0,4 itd.) biće krivulja visinskog prirasta već nepouzdanija.



Prema našim grafičkim prikazima amplituda u pogledu prirasta u visinu iznosi oko 20 cm (od oko 2 cm, za debela stabla, do oko 22 cm, za stabla koja pripadaju debljinskim stepenima kod kojih prirast kulminira). Stvarno je ona veća jer se svaki naš graf odnosi na prosječne taksacione elemente, izuzev onog čiji je uticaj razmatran. Ako se uzme prosječni stepen sklopa kao normalan za bolja staništa, onda bi za prvi bonitetni razred, za debljinski stepen kod kojeg debljinski prirast kulminira, za srednji prečnik sastojine od 30 cm i za kombinaciju s obzirom na omjer smjese kod koje je debljinski prirast najveći, visinski prirast iznosi : kod jele oko 24, smrče 22 i kod bukve oko 20 cm. Za iste debljinske stepene i isti bonitetni razred i uz prosječne ostale taksacione elemente, oni iznose oko 19 odnosno 17 odnosno 16 cm. Dalje, znatno su veći. Ako bi se uveo i stepen sklopa od 0,4, onda bi visinski prirast iznosio 33 odnosno 28 odnosno 24 cm.

Naši rezultati u pogledu kulminacionih tačaka krivulja visinskog prirasta vrlo dobro se slažu sa podacima koje daje Badoux za švajcarske opitne parcele. Međutim, postoje znatne razlike s obzirom na veličinu visinskog prirasta. Izuzevši dvije parcele, jedne sa najboljim stanišnim uslovima i vrlo velikom zalihom drveta (rezervat) i druge sa najlošijim stanišnim uslovima, kod ostalih su maksimalni visinski prirasti veći od naših, također maksimalnih (na bazi prosječnih taksacionih elemenata), za 25 i do 38% (u prosjeku za pojedine bonitetne razrede). Kod dvije izuzete parcele visinski prirasti su podjednaki sa našim.

## V GODIŠNJI ZAPREMINSKI PRIRAST STABLA

I ovaj prirast se može izvesti iz krivulja visina stabala i funkcija za debljinski prirast iz tablica 12 i 13, s time, da se u tu svrhu poslužimo i prirastom zapreminskog koeficijenta zapreminskih tablica koje smo primjenjivali kod obrade našeg materijala. Za određeni bonitet staništa i vrstu drveta, obrazac za utvrđivanje zapreminskog prirasta stabla debljinskog stepena  $n$  glasi:

$$(Z_v)_n = \frac{\pi \cdot [d_n + (Z_d)_n]^2}{4} \cdot [h_n + (Z_h)_n][f_n + (Z_f)_n] - \frac{\pi \cdot d_n^2}{4} \cdot h_n \cdot f_n$$

gdje je:

- $(Z_v)_n$  zapreminski prirast stabla,  
 $d_n$  srednji prečnik  
 $(Z_d)_n$  debljinski prirast stabla,  
 $h_n$  visina stabla, debljinskog stepena  $n$   
 $(Z_h)_n$  visinski prirast stabla,  
 $f_n$  zapreminski koeficijent stabla, i  
 $(Z_f)_n$  prirast zapreminskog koeficijenta

Ako se, nakon izvršenog množenja, izostave sumandi koji imaju vrlo male vrijednosti (27), onda se dobiva sljedeći obrazac:

$$(Z_v)_n = \frac{\pi}{4} \cdot [d_n^2 [h_n \cdot (Z_f)_n + f_n \cdot (Z_h)_n + (Z_h)_n (Z_f)_n] + 2 \cdot d_n \cdot (Z_d)_n [h_n \cdot f_n + h_n \cdot (Z_f)_n]]$$

Prema ovom obrascu, zapreminski prirast stabla je funkcija njegovog prečnika, visine i zapreminskog koeficijenta, a zatim njegovog debljinskog i visinskog prirasta, te prirasta zapreminskog koeficijenta. Pošto je ili obja-

šnjeno na koji se način došlo do ovih taksacionih elemenata, izuzevši zapreminski koeficijent i njegov prirast, ili je to objašnjenje suvišno, to će se ovdje učiniti samo napomena na koji su način ovi elementi utvrđeni.

U tu svrhu iskorišćene su Eičeve tablice (7 i 8), gdje su, pored prečnika, visine i zapremine stabala, iznesene i tzv. oblikovisine. Dijeljenjem ove sa odgovarajućom visinom stabla dolazi se do njegovog zapreminskog koeficijenta. Da bi se došlo do koeficijenata koji odgovaraju našim krivuljama visina, morale su se najprije naći u tablicama stavke sa istom visinom za isti prečnik, i to za svaku krivulju visina posebno. Zbog vrlo velikog zaokruživanja koje je izvršeno prilikom izrade tablica, dakle, zbog vrlo velikog variranja na taj način određenih koeficijenata, morao se obaviti obračun za veliki broj slučajeva, naročito za tanja stabla (do 30 cm pr. pr.). Nakon povlačenja grafova za zapreminske koeficijente, očitani su prirasti zapreminskog koeficijenta.

Pomoću obrasca su obračunati zapreminski prirasti stabala naših triju vrsta drveća, i to za one iste slučajeve koje smo odabrali prilikom razmatranja debljinskog i visinskog prirasta. Rezultati su nanoseni u slici 16 i grafički izjednačeni. Ovo se vrlo lako obavilo jer je rasturanje tačaka bilo vrlo malo.

Sa tri prva grafikona na lijevoj strani slike predstavljen je uticaj debljinskog stepena i boniteta staništa na zapreminski prirast stabla, a uz pretpostavku srednjih prilika za sklop, srednji prečnik stojine i omjer smjese. Analogne su pretpostavke i kod grafičkih prikaza uticaja drugih taksacionih elemenata. Dakle, način razmatranja njihovih uticaja je onaj isti koji smo imali ranije i koji je karakterističan za regresivne analize.

Za srednje prilike, tj. za srednji bonitet staništa, srednji sklop itd., stalno se povećava prirast stabala za sve tri razmatrane vrste od nižih prema višim debljinskim stepenima u poznatom obliku izduženog slova S, tako da se ne javlja kulminacija prije debljinskog stepena od 70 cm. Ona se javlja iza ovog stepena. Povećavanje prirasta je, ako se izuzmu tanji debljinski stepenovi, dosta ujednačeno.

Uticaj sklopa, srednjeg prečnika i omjera smjese je analogan uticaju ovih faktora na debljinski i visinski prirast. Zahvaljujući uslovu da se radi o srednjim stanišnim prilikama, debljinski i visinski prirasti su se pratili; u slučajevima kod kojih je bio prvi veći bio je veći i drugi. Stoga ovdje ne bismo mogli dodati ništa više onom što smo već ranije rekli.

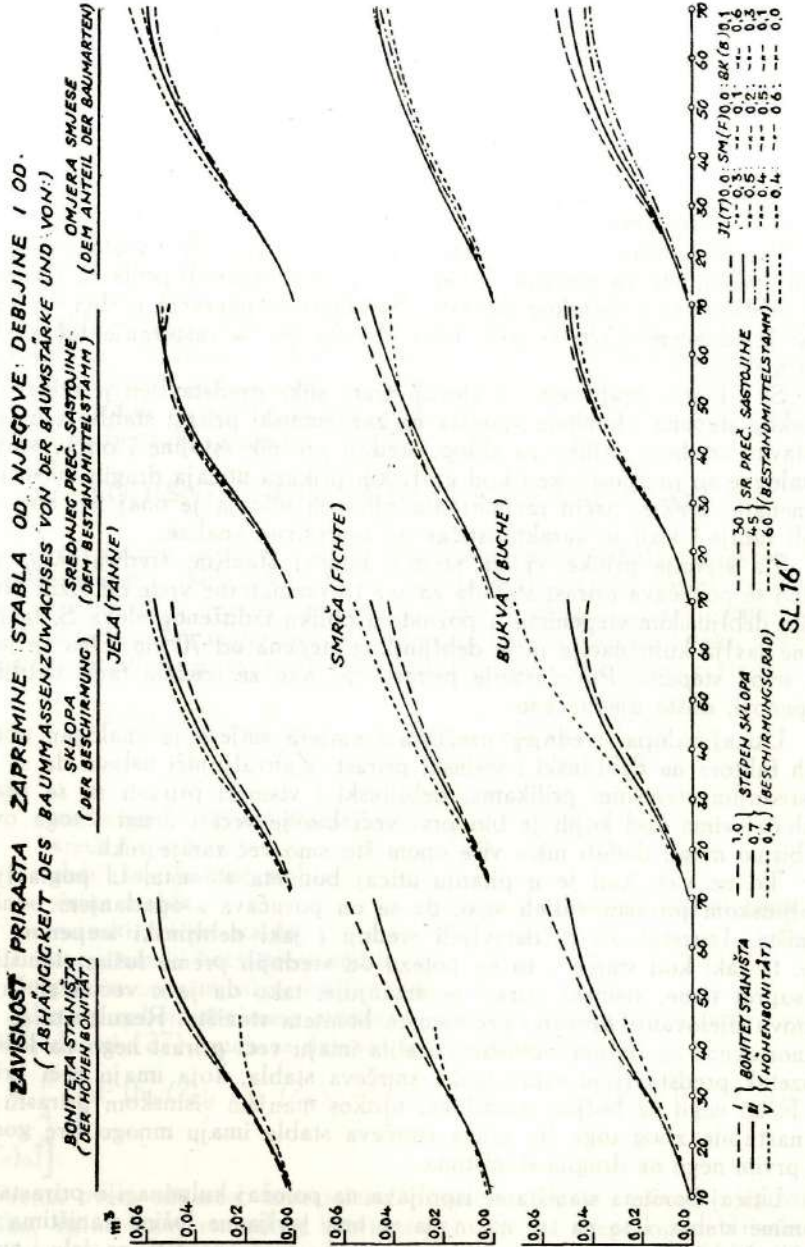
To ne važi kad je u pitanju uticaj boniteta staništa. U poglavlju o debljinskom prirastu vidjeli smo, da se on povećava s opadanjem boniteta staništa. Izuzetak su predstavljali srednji i jaki debljinski stepenovi kod jele, te jaki kod smrčce, i to na potezu od srednjih prema lošim staništima. Nasuprot tome, visinski prirast se smanjuje, tako da je u većini slučajeva njihovo djelovanje oprečno promjenom boniteta staništa. Rezultanta je vrlo jednostavna: na boljim staništima stabla imaju veći prirast nego na lošijim. Izuzetak predstavljaju samo tanka smrčeva stabla, koja imaju veći prirast na lošim nego na boljim staništima, uprkos manjem visinskom prirastu. To je nastupilo zbog toga što tanka smrčeva stabla imaju mnogo šire godove na prvim nego na drugim staništima.

Uticaj boniteta staništa se ispoljava na položaj kulminacije prirasta zapremine stabla, i to na taj način da se ona javlja na lošim staništima kod tanjih debljinskih stepenova. Kako se iz slike može nazreti, za jelu i smrču



ona bi se morala javiti na lošim staništima kod debljinskih stepenova od 40—60, a na boljim znatno iznad 70.

S obzirom na položaj kulminacionih tačaka, naši se podaci slažu sa Badouxovim utoliko što one za loša staništa leže kod tanjih debljinskih stepenova u odnosu na bolja. U pogledu veličine prirasta postoje vrlo velike



razlike, što je i razumljivo ako se ima u vidu da su kod švajcarskih opitnih tabela bili znatno veći debljinski i visinski prirasti. Izuzevši dvije parcele u lošim stanišnim uslovima, zapreminski prirast stabala debljinskog stepena 50 je veći kod švajcarskih parcela za 18% do 60%, već prema vrsti i bonitetu staništa. Na spomenute dvije parcele bio je prirast podjednak našem (smrča), na kojim je bio manji debljinski prirast od našeg.

## VI ZAPREMINSKI PRIRAST STABLA PO M<sup>2</sup> PROJEKCIJE NJEGOVE KRUNE

Ovaj taksacioni element spada među najznačajnije sa uređajnog staništa jer nam on služi kao jedna od najvažnijih osnova za određivanje debljinskog stepena do kojeg će se stabla uzgajati u prebornim sastojinama. Njega smo obračunali za slučajeve za koje smo obračunali i zapreminski prirast, dijeleći ga odgovarajućom površinom projekcija kruna. Dobiveni podaci su nanoseni na slici 17 i izravnati. Od slučajeva koje smo obično uzimali u našim dosadašnjim razmatranjima izostavili smo one kod kojih su bile nesigurne veličine projekcija kruna; izostavili smo debljinski stepen 70 za smrču ako se radilo o ekstremnim vrijednostima (I, V bonitetni razred, 0,4 i 1,0 stepen sklopa itd.).

Uzevši općenito, zapreminski prirast stabla po m<sup>2</sup> projekcija kruna, povećava se, povećanjem njegove debljine, i to po krivulji koja ima poznati oblik izduženog slova S. Iza nešto blažeg nagiba na početku, ona se strme diže, a zatim se njen nagib postepeno smanjuje, kulminira, a poslije toga pada.

Položaj kulminacione tačke u vrlo velikoj mjeri zavisi od boniteta staništa kod sve tri vrste. Pri najlošijim stanišnim prilikama ovaj prirast jelovih i smrčevih stabala kulminira kod debljinskog stepena 35, a bukovih kod 45. Pri srednjim stanišnim prilikama za jelova stabla nalazi se kulminaciona tačka kod debljinskog stepena 50, a za smrčeva i bukova kod 55. Za najbolje stanišne uslove nije moguće na osnovu našeg materijala sasvim određeno govoriti o položaju ove tačke. One bi se morale nalaziti negdje između debljinskog stepena 60 i 70. Prema tome, što su bolji stanišni uslovi to kulminaciona tačka leži kod viših debljinskih stepenova.

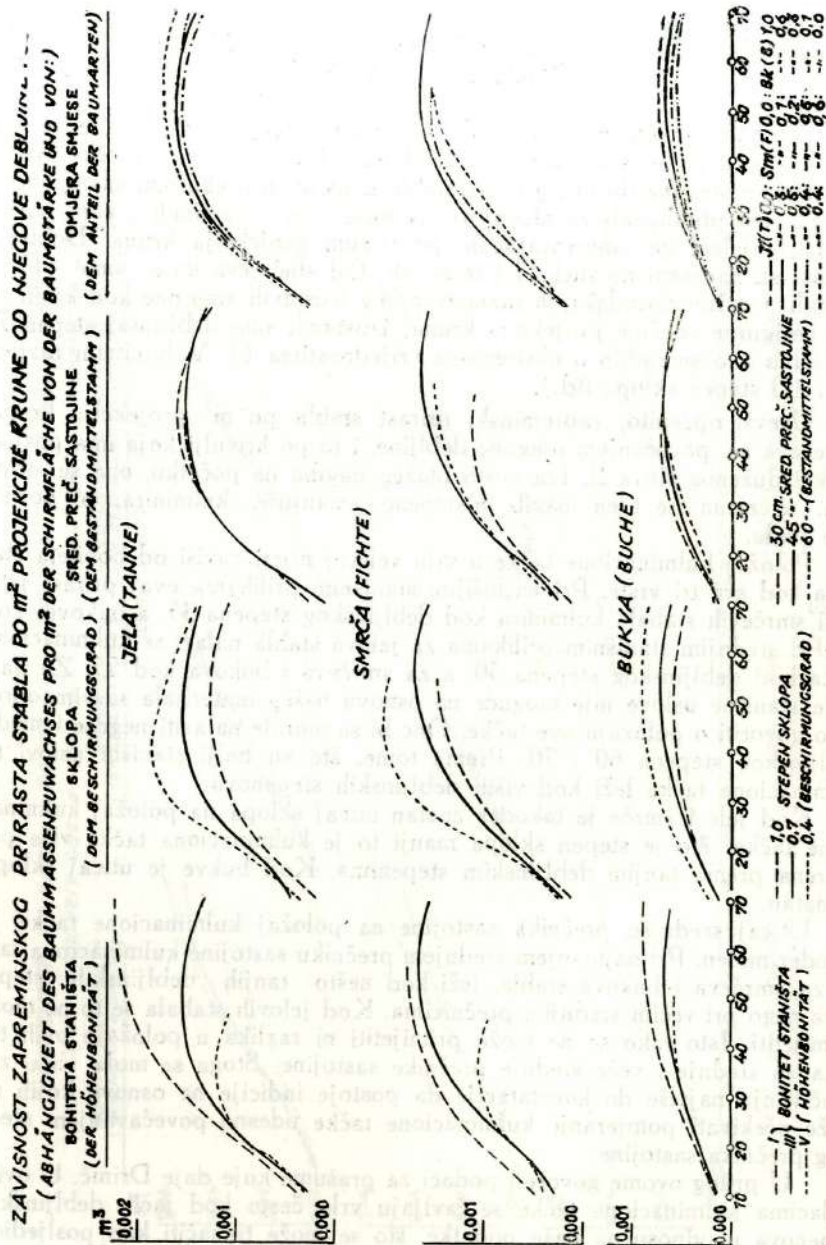
Kod jele i smrče je također znatan uticaj sklopa na položaj kulminacione tačke; što je stepen sklopa manji to je kulminaciona tačka više pomjerena prema tanjim debljinskim stepenima. Kod bukve je uticaj sklopa neznatan.

Uticaj srednjeg prečnika sastojine na položaj kulminacione tačke je također malen. Pri najmanjem srednjem prečniku sastojine kulminaciona tačka za smrčeva i bukova stabla, leži kod nešto tanjih debljinskih stepenova nego pri većim srednjim prečnicima. Kod jelovih stabala se to ne može primijetiti. Isto tako se ne može primijetiti ni razlika u položaju ovih tačaka za srednje i veće srednje prečnike sastojine. Stoga se može ići u zaključivanju najviše do konstatacije da postoje indicije na osnovu kojih se može očekivati pomjeranje kulminacione tačke udesno povećavanjem srednjeg prečnika sastojine.

U prilog ovome govore i podaci za prašume koje daje Drinić. U ovim podacima kulminacione tačke se javljaju vrlo često kod jačih debljinskih stepenova u odnosu na naše podatke, što se može tumačiti kao posljedica



velikih srednjih prečnika sastojine (5 i 6). Tome je doprinjeo svakako i visoki stepen sklopa. Kulminacione tačke javljaju se također kod jačih debljinskih stepenova i kod švajcarskih parcela koje također imaju veće i srednje prečnike nego naše.



SL. 17

Na osnovu našeg materijala može se zaključiti da omjer smjese ne može bitnije uticati na položaj kulminacione tačke. Odstupanja krivulja za neke slučajeve su posljedica variranja prirasta zapremine odnosno projekcija kruna, a ne nekih određenih zakonitosti.

Grafikoni na slici 17 daju istovremeno i uvid u veličinu prirasta po  $m^2$  projekcija kruna za srednje vrijednosti taksacionih elemenata, naravno, izuzev onih na koje se grafikon neposredno odnosi. Za ostale slučajeve može se doći do veličine prirasta na ranije izložen način.

S obzirom na položaj kulminacione tačke i veličine prirasta za jelova stabla, rezultati se uglavnom slažu sa podacima do kojih smo došli ranije (18), uprkos tome što je primijenjen sasvim drugi put. Izuzetak predstavlja samo položaj kulminacione tačke za I bonitetni razred, koji bi prema ovoj analizi trebalo da leži kod viših debljinskih stepenova nego prema ranijim rezultatima. Nešto veće su razlike između sadašnjih i ranijih rezultata kod smrčce. One su se javile prvenstveno zbog toga što je u međuvremenu izmijenjena bonitetna dispozicija za ovu vrstu (8). Vjerovatno je tome doprinijelo i to što smo za ovu analizu raspolagali sa većim brojem parcela.

Kako na drugim mjestima nisu vršena ispitivanja prirasta stabala po  $m^2$  projekcija kruna na bazi regresivnih analiza, bar koliko je nama poznato, to nismo u mogućnosti da izvršimo adekvatna upoređenja naših rezultata sa rezultatima do kojih su došli drugi autori. Stoga upoređenja mogu da imaju samo orijentacionu vrijednost.

Prema Badouxu (1), prirast jelovih stabala po  $m^2$  projekcije krune na parceli I bonitetnog razreda dosiže  $0,0023 m^3$ , a prema našoj krivulji on iznosi  $0,0022 m^3$ . Za srednji bonitetni razred on kod dvije švajcarske opitne parcele dosiže  $0,0018$  odnosno  $0,0013 m^3$ , a prema našoj krivulji on iznosi za III bonitetni razred  $0,0015 m^3$ . Lošija staništa za ovu vrstu nisu bila zastupljena među parcelama koje je obradio Badoux. Maksimalni prirasti smrčevih stabala kretali su se kod švajcarskih opitnih parcela između  $0,0013$  (najlošija staništa) do  $0,0020 m^3$  (najbolja staništa). Prema našim krivuljama odgovarajuća amplituda je  $0,001$  do  $0,018 m^3$ . Bukva je bila zastupljenija samo kod jedne parcele boljih stanišnih prilika (II bon. razr.), kod koje je maksimalni prirast njenih stabala iznosio  $0,0078 m^3$ . Prema našim krivuljama on iznosi za taj bonitetni razred isto toliko.

Prema tome, ne postoje između jednih i drugih podataka neke veće razlike, takve koje bi izašle izvan okvira normalnog variranja. Ova činjenica ukazuje na to, da su razlike između veličine zapreminskog prirasta stabala i procenta ovog prirasta, kako proizilazi iz naših analiza i podataka sa stalnih švajcarskih opitnih parcela, uglavnom posljedica odgovarajućih razlika iz veličine kruna stabala. Kako je već podvučeno ranije, zbog manjih kruna jelovih, smrčevih i bukovih stabala u našim šumama, manji su debljinski i visinski prirasti, dakle, faktori koji neposredno određuju veličinu zapreminskog prirasta i njegovog procenta.

Iz ovog se može povući vrlo važan zaključak privrednog karaktera: moguće je manjom zalihom drveta, kao proizvodnim sredstvom, postići iste prinose kao i sa većim, ako se u okviru doznaka stabala vodi računa i o tome da se ostavlja dovoljno prostora stablima za normalno razvijanje kruna. Oslanjajući se na međusobne odnose rezultata koji su proizašli iz naših analiza i podataka sa švajcarskih opitnih parcela, razlike u visini zaliha



mogle bi da dosegnu i 30% za jelu i smrču. Ovo ostvarivanje se može postepeno izvesti, jer je za postizavanje normalne veličine krune (povećanje u odnosu na postojeće) potrebno početi ranije dok su stabla mlada, naročito kod smrče.

U suštini se radi o istom problemu koji se nastoji riješiti danskim proredama (15).

Grafički prikazi nam daju obavještenja o tome, kod kojih debljinskih stepenova imaju stabla najveći prirast po jedinici površine, koju ona zauzimaju. Iz toga se ne smije izvesti zaključak da za postizavanje velikih prinosa treba povećavati u sastojini velik broj stabala onih debljinskih stepenova koji se nalaze u blizini kulminacionih tačaka krivulja zapreminskog prirasta po m<sup>2</sup> projekcije kruna. Problem je mnogo složeniji. O njemu je bilo već riječi u jednom ranijem radu (18), a biće još detaljno obrađen i u narednom.

## VII PROCENT PRIRASTA ZAPREMINE STABLA

Utvrđivanje procenta prirasta zapremine stabla za pojedine debljinske stepenove, po vrstama i bonitetnim razredima staništa, izvršeno je na analogan način kao i kod prirasta stabala. Ako se u obrascu za utvrđivanje procenta prirasta (27):

$$(Z_p)_n = \frac{(Z_g)_n}{g_n} \cdot 100 + \frac{(Z_h)_n}{h_n} \cdot 100 + \frac{(Z_f)_n}{f_n} \cdot 100$$

temeljica i njen prirast izraze pomoću prečnika odnosno debljinskog prirasta, dobiva se obrazac:

$$(Z_p)_n = \left[ 2 \cdot \frac{(Z_d)_n}{d_n} + \frac{(Z_h)_n}{h_n} + \frac{(Z_f)_n}{f_n} \right] \cdot 100$$

Oznake imaju isto značenje kao u prethodnom poglavlju.

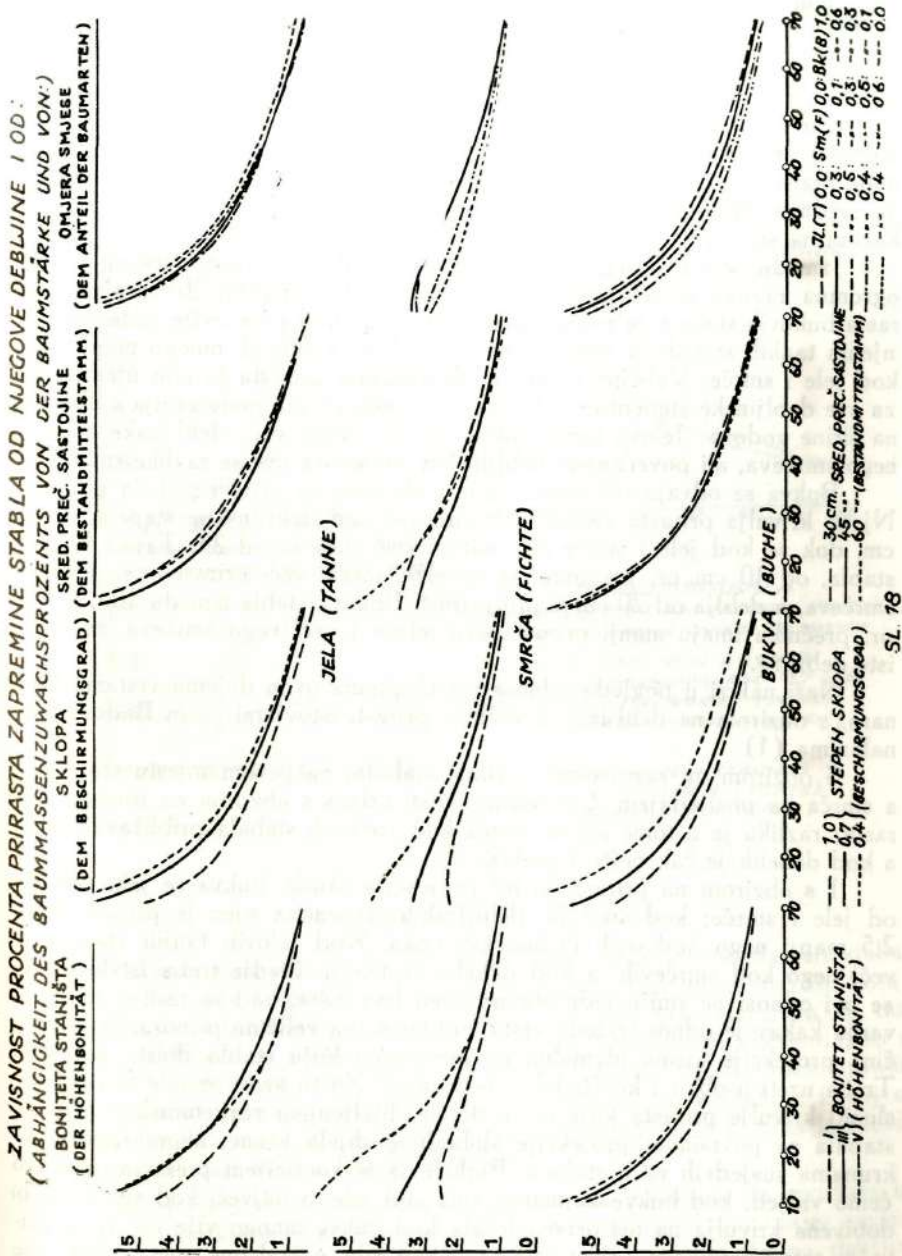
Obračunati su procenti prirasta za iste one slučajeve koje smo imali i ranije. Vrijednosti su nanosene na slici 18 i grafički izjednačene.

Zavisnost procenta prirasta od razmatranih taksacionih elemenata je, kao i ranije, predstavljena na bazi pretpostavke da se radi o srednjim vrijednostima za ostale taksacione elemente.

Naši rezultati potvrđuju, prije svega, poznatu zakonitost da procent prirašćivanja zapremine stabala opada od tanjih prema debljim po jednoj eksponencijalnoj funkciji. Izuzetak od pravila predstavlja međusobni odnos procenta prirasta smrčevih stabala za dva najtanja debljinska stepena; malo povijanje grafova prema apscisi od debljinskog stepena 17,5 do 12,5 izazvao je uglavnom mnogo manji visinski prirast kod drugog nego kod prvog stepena.

U podacima se jasno ispoljava zakonitost da je procentualno prirašćivanje stabala u lošim stanišnim uslovima veće nego u boljim. Diferenciranje u tom pogledu je najveće kod smrčevih tankih stabala, a naglo se smanjuje prema njenim debljim stablima. To važi i za jelova stabla, s tom razlikom što je diferenciranje kod tankih stabala mnogo manje nego kod smrčevih. Ono je još manje kod tankih bukovih stabala, i za razliku od smrče i jele, ono se prema srednjim stablima ni ne smanjuje. Neposredni razlog za ove međusobne razlike između vrsta leži u razlikama u pogledu diferenciranja debljinskog prirasta za tanka stabla; zbog razlika u bonitetu staništa najveće su razlike u debljinskom prirastu kod smrče, a najmanje kod bukve.

Uticaj sklopa, srednjeg prečnika i omjera smjese je analogan uticaju ovih taksacionih elemenata na zapreminski prirast stabala; u slučajevima kod kojih je veći zapreminski prirast veći je i procent prirasta.





Zbog toga što su zapreminski prirasti jelovih, smrčevih i bukovih stabala u našim šumama bili znatno manji nego kod stabala istih vrsta sa stalnih švajcarskih opitnih parcela, to su i procenti zapreminskog prirasta prema našim podacima znatno manji. Izuzetak predstavljaju dvije parcele u najlošijim stanišnim uslovima, kod kojih su oni manji od onih koji proizilaze iz naše analize.

#### VIII MEĐUSOBNI ODNOSI JELE, SMRČE I BUKVE S OBZIROM NA PRIRAST NJIHOVIH STABALA

Kao bazu za ovo upoređenje uzeli smo stepen sklopa 0,7 i srednje vrijednosti za ostale taksacione elemente. Pošto se i ovaj stepen sklopa vrlo malo razlikuje od prosječnog sklopa za sve tri vrste, to se upoređenje odnosi na srednje prilike s obzirom na bonitet staništa, sklop itd. Odnosi su prikazani na sl. 19.

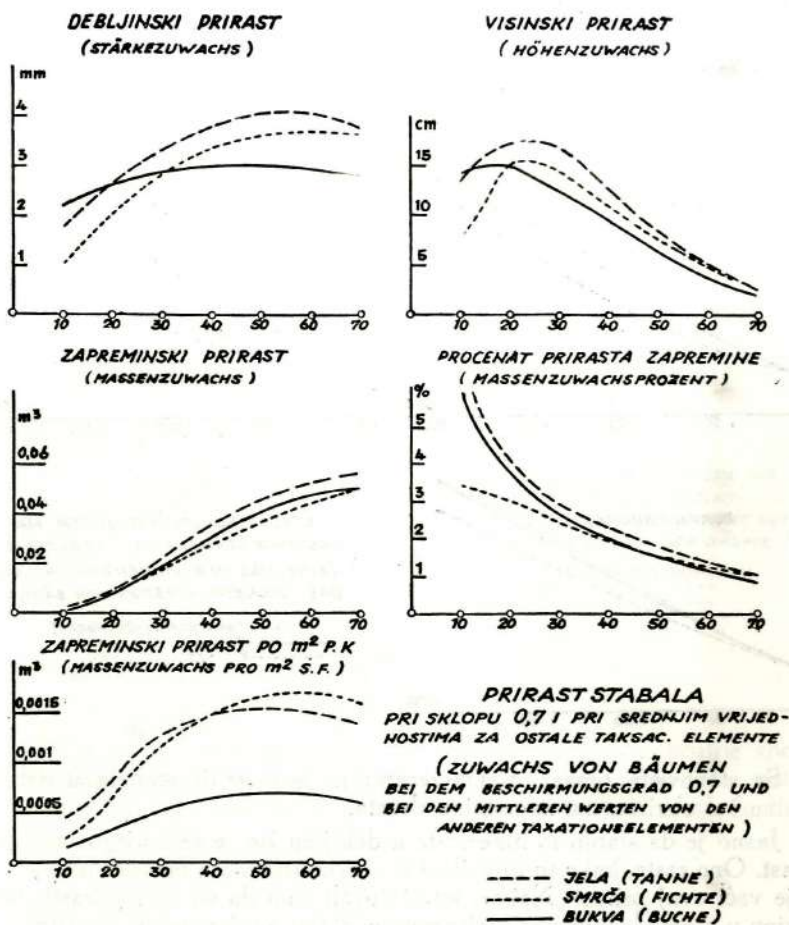
Između jele i smrče s jedne, i bukve s druge strane, postoji upravo ogromna razlika u debljinskom prirastu stabala; krivulja debljinskog prirasta bukovih stabala je mnogo položajna nego kod prve dvije vrste. Prirast njenih tankih stabala je mnogo veći, a srednjih i debelih mnogo manji nego kod jele i smrče. Veličina njegovog debljinskog prirasta je vrlo ujednačena za sve debljinske stepenove, tako da je i grada drveta homogenija s obzirom na širine godova. Jelova tanka stabla imaju znatno veće debljinske priraste nego smrčeva, ali povećanjem debljinskih stepenova ove se razlike smanjuju.

Bukva se odvaja od smrče i jele s obzirom na prirast stabala u visinu. Njena krivulja prirasta visina kulminira već kod debljinskog stepena od 17 cm, dok se kod jele i smrče ona nalazi kod stepena od 23. Tanka bukova stabla, od 10 cm pr. prečnika pa na niže, imaju veći prirast nego jelova i smrčeva, a deblja od 20 cm manji prirast. Bukova stabla između 10 i 20 cm. pr. prečnika imaju manji prirast nego jelova i veći nego smrčeva, naravno, iste debljine.

Naši nalazi u pogledu odnosa bukve prema ovim dvjema vrstama četinara, s obzirom na debljinski i visinski prirast, istovjetni su sa Badouxovim nalazima (1).

S obzirom na zapreminski prirast stabala, na prvom mjestu stoji jela, a smrča na posljednjem. Uglavnom je isti odnos s obzirom na procent prirasta; razlika je u tome što se smrča kod srednjih stabala približava bukvi, a kod debelih je čak nešto i prelazi.

I s obzirom na prirast po m<sup>2</sup> projekcija kruna, bukva se jako odvaja od jele i smrče; kod srednjih debljinskih stepenova njen je prirast skoro 2,5 manji nego kod ovih četinarskih vrsta. Kod jelovih tanjih stabala je veći nego kod smrčevih, a kod debelih je manji. Ovdje treba istaknuti da se ovi odnosi ne smiju jednostavno uzeti kao baza, kad se radi o zaključivanju kakav je odnos između vrsta s obzirom na veličinu prinosa. Nije veličina projekcije kruna identična sa površinom koju stablo doista zauzima. Treba uzeti u obzir i koeficijent prekrivanja. Za tu svrhu mogle bi nam poslužiti krivulje prirasta koje bi se dobile dijeljenjem zapreminskog prirasta stabala sa površinom projekcije slobodnog dijela krune, neprekrivenog sa krunama susjednih viših stabala. Budući da je koeficijent prekrivanja, kako ćemo vidjeti, kod bukve najmanji, veći kod jele, a najveći kod smrče, to bi dobivena krivulja na toj osnovi ležala kod bukve mnogo više od njene krivulje petog grafikona (slika 19) nego kod jele, a kod ove opet mnogo više nego kod smrče.



SL. 19

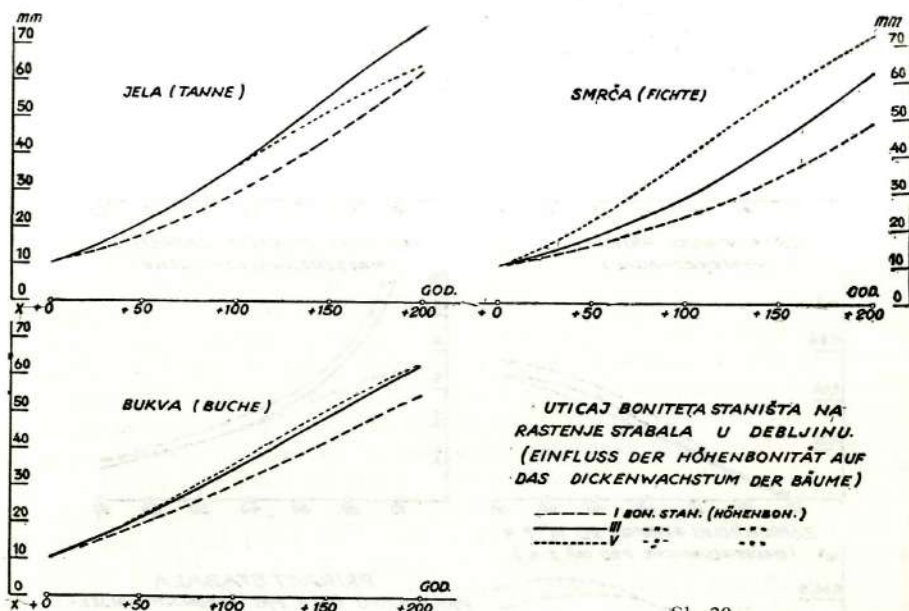
## IX RASTENJE STABLA

Prilikom snimanja na terenu nije vršeno utvrđivanje starosti stabala. Stoga će se naša razmatranja u ovom poglavlju zasnivati na starosti koja je izvedena iz debljinskog prirasta. Budući da ovaj nije utvrđivan za tanja stabla od 10 cm. u prsnoj visini (kao ni ostali taksacioni elementi), to nećemo njima obuhvatiti rasteње stabla do te debljine. U našim razmatranjima obuhvatit ćemo periode koji počinju sa onom starošću stabala u kojoj ono odeblja na 10 cm. u prsnoj visini i koju ćemo označiti sa x. Ona je različna za različite vrste drveta i različite uslove.

Izvođenjem starosti iz debljinskog prirasta dolazi se do rezultata koji odgovara konkretnom stanju sastojine s obzirom na sklop, omjer smjese i srednji prečnik. Dakle, s obzirom na elemente koji uplišu na debljinski prirast, a, prema tome, i na brzinu rasteња stabala. Od rezultata do kojih



bi se došlo na osnovu utvrđenih stvarnih starosti pojedinih stabala ne bismo imali velike koristi jer nije poznato kako se mijenjalo stanje sastojine u toku njihovog života. Stoga ne treba gledati na izvođenje starosti iz debljinskog prirasta kao na nedostatak u metodici rada.



Sl. 20

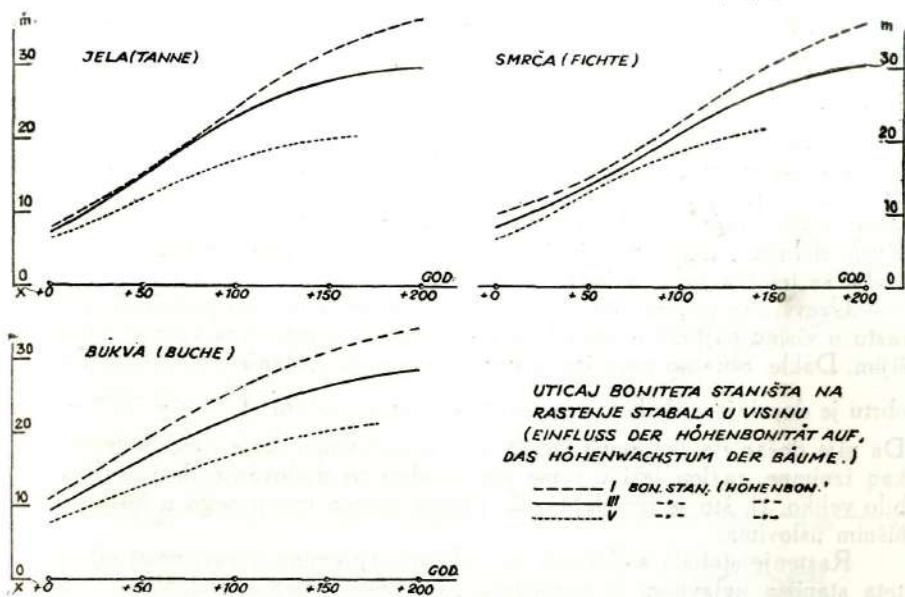
Sa stanovišta prakse, najinteresantnije je rastenje stabala u debljinu, u visinu i s obzirom na zapreminu drveta.

Jasno je da stablo to brže raste u debljinu što je veći njegov debljinski prirast. Ono raste, kako to proizilazi iz ranijih izlaganja također brže u visinu što je veći ovaj prirast. Naime, konstatovali smo da su veći prirasti stabala u visinu u onim slučajevima s obzirom na sklop, onaj smjese i srednji prečnik sastojine kod kojih se javlja veći i debljinski prirast. Stoga ne bi bilo od nekog interesa posebno razmatranje uticaja ovih taksacionih faktora na rastenje stabala u debljinu i visinu, a prema tome, ni s obzirom na zapreminu, jer se ono može lako nazreti i bez toga.

Za nas je najinteresantniji uticaj boniteta staništa na rastenje stabala, naročito u visinu. Dok rastenje u debljinu zavisi samo od veličine debljinskog prirasta, rastenje u visinu zavisi, kako smo vidjeli od dva faktora: od  $(h_n + \frac{b}{2} - h_n - \frac{b}{2})$  i od debljinskog prirasta. Kako je uticaj boniteta na ova dva faktora vrlo često različan s obzirom na smjer djelovanja (promjena boniteta staništa može da izazove kod prvog povećanje i kod drugog smanjenje), — njegov uticaj na rastenje stabla u visinu nije ujednačen nego se modifikuje na različne načine. To se, naravno, odražava i na rastenje stabala s obzirom na zapreminu.

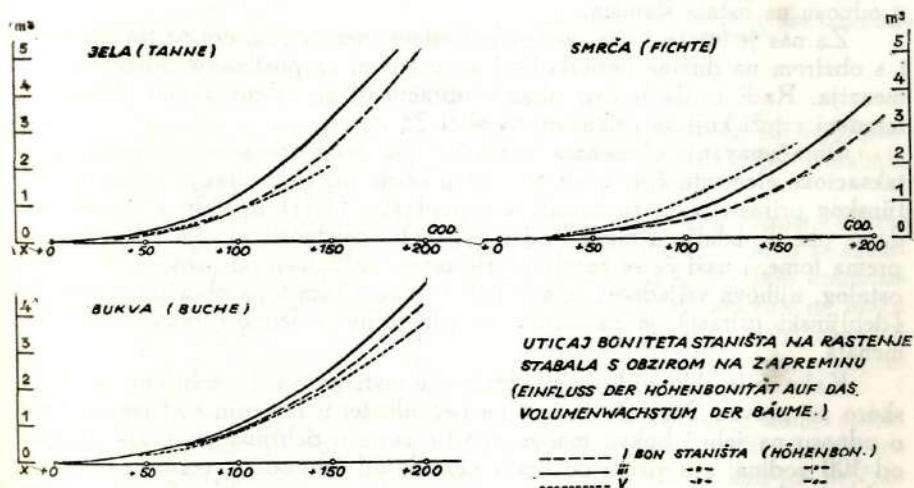
Stabla sve tri naše vrste rastu u debljinu u najboljim stanišnim uslovima, kako se vidi iz sl. 20 najsporije, a u najlošijim najbrže. Izuzetak od

ovog pravila predstavlja jela, i to samo utoliko što stabla ove vrste poslije perioda od 100 godina brže rastu u srednjim stanišnim prilikama nego u lošim. Razlike s obzirom na brzinu rasteja u srednjim i vrlo dobrim stanišnim uslovima su znatne kod sve tri vrste, a razlike u tom pogledu u lošim



Sl. 21

i srednjim stanišnim uslovima su znatne kod smrčice, te jele poslije spomenutog perioda. Prije toga perioda jelova stabla samo nešto brže rastu u lošim stanišnim uslovima nego u srednjim. Amplituda u pogledu brzine



Sl. 22



rastenje stabala u debljinu, uslovljena bonitetom staništa, najveća je kod smrčce, a najmanja kod bukve.

Ove smo pojave, u granicama mogućnosti, objasnili kad je bila riječ o debljinskom prirastu.

Uticaj boniteta staništa na rastenje stabala u visinu prikazan je na sl. 21. Za razliku od rastenja u debljinu, nije ista veličina ordinate u ishodištu koordinatnog sistema, jer stabla prečnika od 10 cm u prsnoj visini, koja su prema našoj pretpostavci stara  $x$  godina, nemaju istu visinu u različnim stanišnim uslovima.

Ako se to ima u vidu, onda iz grafičkih prikaza neposredno proizilazi da smrčeva stabla skoro podjednako rastu u visinu u svim stanišnim uslovima sve do kraja perioda od oko 100 godina. Isto to važi i za jelova stabla u vrlo dobrim i srednjim uslovima. Diferenciranje u pogledu brzine rastenja javlja se tek iza toga perioda.

Uzevši ove pojave kao iznimne, može se postaviti kao pravilo da stabla rastu u visinu najbrže u najboljim stanišnim uslovima, a najsporije u najlošijim. Dakle, obratno nego što je konstatovano za rastenje u debljinu. Ovom obrtu je doprinjeo, gledano kroz prizmu formula, faktor  $(h_n + \frac{b}{2} - h_n - \frac{b}{2})$ . Da nije došao do potpunog izražaja u slučajevima, koje smo kategorisali kao iznimne, razlog leži u tome što je obratno djelovanje drugog faktora bilo veliko, tj. što je bio debljinski prirast znatno manji nego u lošijim stanišnim uslovima.

Rastenje stabala s obzirom na njihovu zapreminu u zavisnosti od boniteta staništa uglavnom je rezultanta zavisnosti rastenja u debljinu i u visinu od istog taksacionog faktora. Budući da je, izuzevši iznimke, rastenje u debljinu bilo najsporije u najboljim i najbrže u najlošijim stanišnim uslovima, a da je obratna situacija s obzirom na rastenje u visinu, rezultira kao pravilo da je rastenje s obzirom na zapreminu najbrže u srednjim stanišnim uslovima. Iznimku postavlja smrčca kod koje je ovo rastenje najbrže u najlošijim stanišnim uslovima, zahvaljujući vrlo velikom debljinskom prirastu u odnosu na ostala staništa.

Za nas je interesantan međusobni odnos vrsta s obzirom na tok rastenja i s obzirom na dužine perioda koji su potrebni za postizanje određenih dimenzija. Radi uvida u ovo pitanje obračunati su odgovarajući elementi i izrađeni crteži koji su prikazani na slici 23.

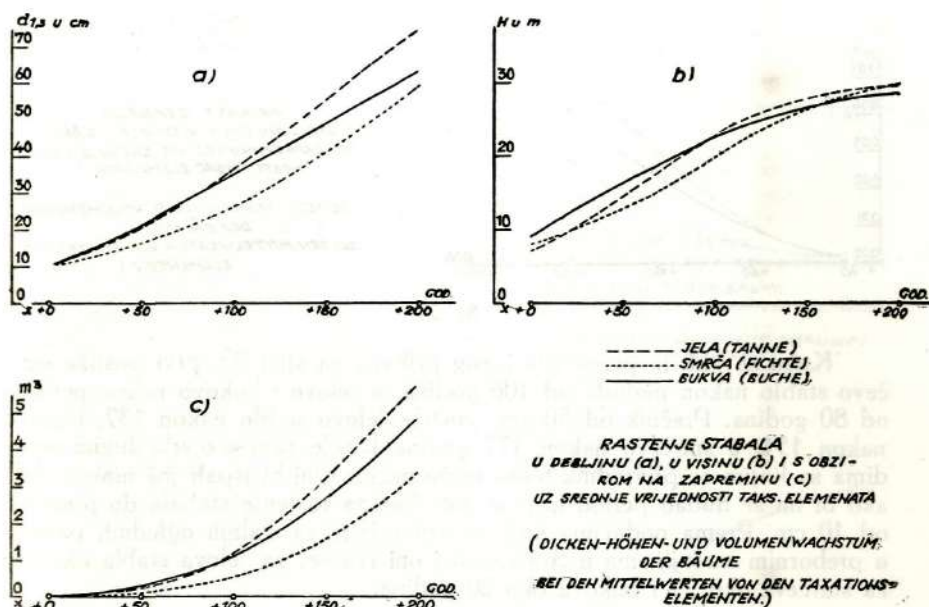
Obračunavanje elemenata izvršeno je na bazi prosječnih vrijednosti za taksacione elemente čiji je uticaj uzet u obzir pri razmatranju veličine debljinskog prirasta. One su navedene u poglavlju D/III/2. Vrlo je vjerovatno da se one ne udaljuju mnogo od prosječnih vrijednosti za cijelu Bosnu, pa, prema tome, i naši će se rezultati vrlo malo razlikovati od prosječnih. Pored ostalog, njihova vrijednost ležaće baš u tome. Osim toga obračun elemenata (debljinski prirast) je najtačniji za prosječnu vrijednost taksacionih elemenata.

Kako se iz slike vidi, najjednačenije raste bukva. U debljinu ona raste skoro po pravcu. Najjače je izražen periodicitet u rastenju kod smrčce. Ona u odnosu na jelu i bukvu mnogo sporije raste u debljinu do kraja perioda od 100 godina, a u visinu do kraja perioda od 60 godina, tako da su njena stabla na kraju tih perioda znatno tanja odnosno niža. Uzrok leži u tome što ova vrsta mnogo teže podnosi zasjenjivanje, koje je vrlo veliko za tanka

stabla u prebornim sastojinama. Poslije navedenih perioda ona brže raste od bukve i u debljinu i u visinu, a od jela samo u visinu. Jela i bukva rastu podjednako u debljinu do cca 80-te godine, a poslije bukva zaostaje. U visinu jela raste brže sve do kraja perioda od 150 godina, a poslije je njihovo prirašćivanje podjednako.

Interesantno je da nakon 200 godina stabla sve tri vrste imaju podjednake visine, iako im se prečnici znatno razlikuju, naročito prečnici jelovih i smrčevih stabala. Bukova stabla su nakon tog perioda niža svega za oko 1 m od jelovih i smrčevih.

Desni dio krivulje rasteža s obzirom na zapreminu za bukvu leži u odnosu na odgovarajuće dijelove istih krivulja za jelu i smrču znatno više



Sl. 23

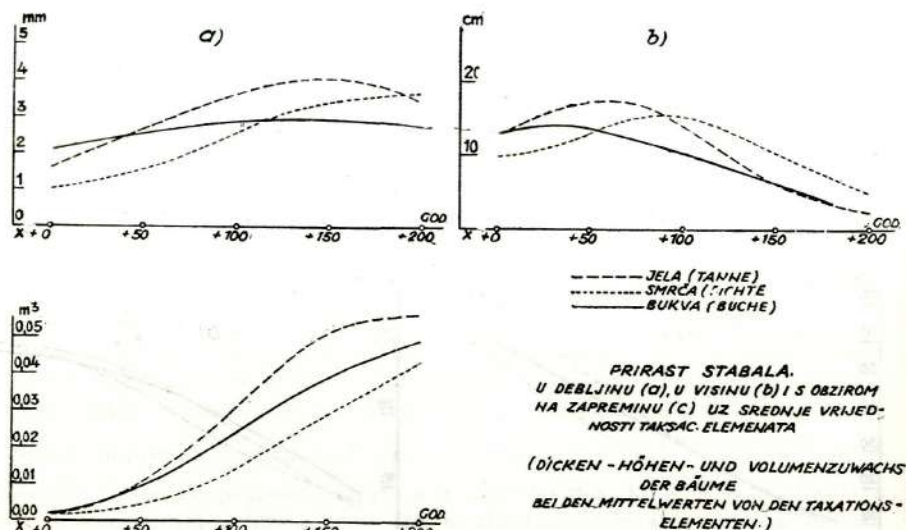
nego kod krivulja rasteža u debljinu. To se javilo zbog toga što se zapreminski koeficijent za bukvu povećava od tanjih sve do najdebljih stabala dok za jelu i smrču opada kod srednjih i debljih stabala.

Na slici 24 prikazane su krivulje debljinskog i visinskog prirasta za sve tri vrste, kao i krivulje zapreminskog prirasta na bazi starosti. Svrha se sastojala naročito u tome da se pokaže, nakon kog perioda se javljaju kulminacije spomenutih prirasta. Kako je već naglašeno, njihovi položaji ne mogu nam poslužiti kao osnov za razmatranja o tome koliko dugo treba uzgajati stablo u šumi sa produkcionog stanovišta. Tu dolazi u obzir prirast zapremine po  $m^2$  površine koju stablo stvarno zauzima.

Sa privrednog stanovišta nas najviše interesuje period u kome stabla postižu onu najmanju debljinu uz koju se iz njih može izradivati oblovinu za pilansku preradu. Uzevši slobodnije, nju postižu stabla kad im prečnik u prsnoj visini dosegne 30 cm. Dalje, sa istog stanovišta interesantan je



period u kojem stabla postižu prečnik od 50 cm, tj. kada se iz njih može već dobiti oblovina koja se smatra kao vrlo povoljna sa stanovišta pilanske prerade.



Sl. 24

Kako se vidi iz prvog grafičkog prikaza na slici 23, prvi postiže smrčevo stablo nakon perioda od 106 godina, a jelovo i bukovo nakon perioda od 80 godina. Prečnik od 50 cm postiže jelovo stablo nakon 137, bukovo nakon 151, a smrčevo nakon 177 godina. Dakle, radi se o vrlo dugim periodima sa kojim se privrednik teško može miriti. Oni bi ispali još mnogo duži ako bi im se dodao period koji je potreban za rastenje stabala do prečnika od 10 cm. Prema podacima koji su prikupljeni sa stalnih oglednih parcela u prebornim sastojinama u Švajcarskoj oni iznose: za jelova stabla oko 60, za smrčeva oko 25 i bukova oko 20 godina.

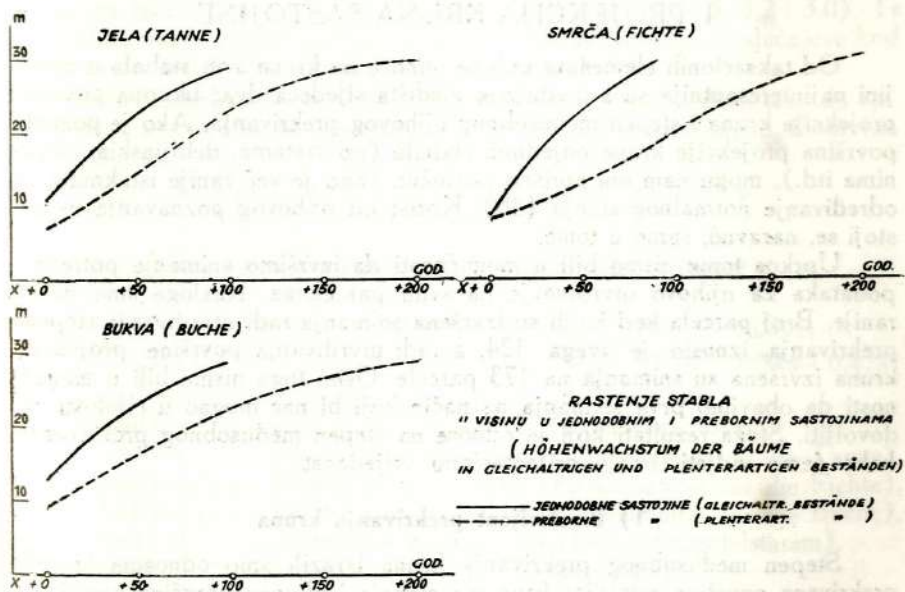
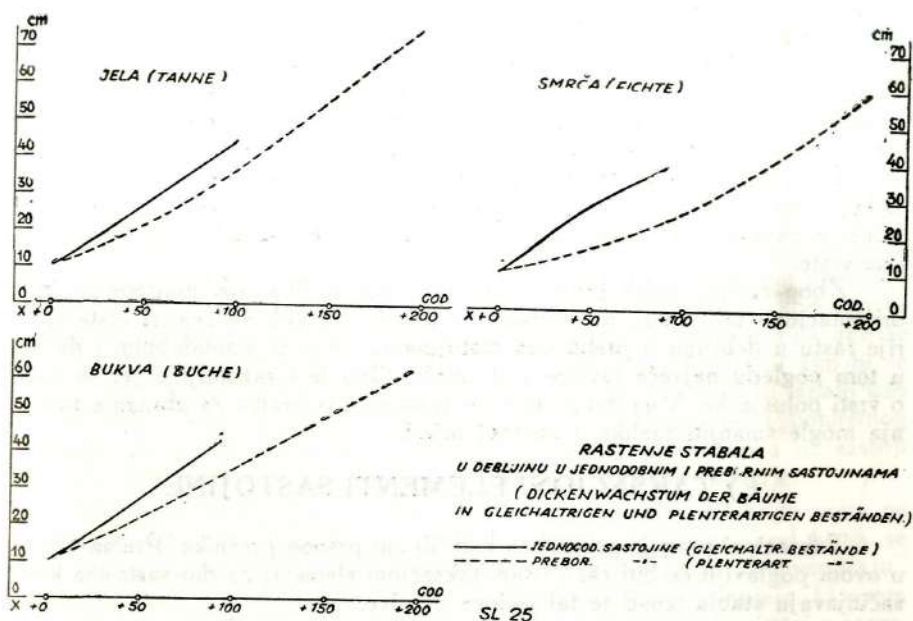
Sa privrednog stanovišta nam je mnogo stalo do toga da se proces rastenja stabala što više ubrza. Apstrahujući dubrenja i selekcije, to se može postići, kako proizilazi iz naših ranijih razmatranja o zavisanosti debljinskog prirasta, uglavnom dobro formiranim i razvijenim krunama. One se ne postižu u šumama u kojim se ne provode mjere njege.

Kod smrče se mogu postići dobri rezultati, kako je već naglašeno, ako se radovi u tom pravcu počnu dok su stabla još mlada, dok su još ispod taksacione granice. To važi u dobroj mjeri i za jelu. Kod bukve je nešto povoljnija situacija jer njena stabla imaju vrlo veliku sposobnost širenja krune i mogu se i u kraćem roku postići dobri rezultati. Ali period nije ni u kom slučaju kratak zbog drugog razloga. Velik procent njenih stabala u nenjegovanim sastojinama, kakve su naše, ima, naime, abnormalne krune u tolikoj mjeri da ih nije moguće preformirati nego se moraju ukloniti iz šume. A za to se opet traži duži period.

Sve u svemu, dobro formirane i razvijene krune moći će se ostvariti za period od pola stoljeća, ili čak više, naravno, uz pretpostavku dobro provo-

đenih doznaka. Skraćivanjem perioda rastenja stabala ovim mjerama neće se povećati prirast po ha, bar ne osjetnije.

Druga mjera radi skraćivanja spomenutog perioda bila bi, apstrahujući opet đubrenja i selekcije, pomjeranja omjera smjese prema onim iz koje se





postizu veći debljinski prirasti za vrstu. Oni su navedeni ranije. I te mjere traže vrlo duge periode. U kraće vrijeme može se provesti smanjenje sklopa, koji je kako smo vidjeli, vrlo uticajan faktor na veličinu debljinskog prirasta. Kako je, međutim, naš prosječni stepen sklopa samo nešto veći od normalnog (18), ispod koga se ne može ići, to se u ovoj mjeri kriju vrlo male rezerve za skraćivanje perioda rastenja.

Grafički prikazi iz sl. 25 i 26, obavještavaju nas o tome kakav je odnos u pogledu brzine rastenja stabala u debljinu i visinu u našim prebornim i jednodobnim čistim sastojinama. Za ove smo uzeli podatke za III bonitetni razred njemačkih prinosnih tablica (39), i to za jelu one koje se odnose na umjerenu proredu, a za smrču i bukvu koje se odnose na jaku proredu.

I ova upoređenja odnose se na period koji počinje onom starošću stabla u kojoj ono odeblja na 10 cm u pr. prečniku. Ona je označena sa x i različna je za ova dva oblika gospodarenja i, naravno, unutar ovih i za različite vrste.

Zbog razlika naših i njemačkih stanišnih prilika ovo upoređenje ima orijentacionu vrijednost, ali korisnu. Iz prikaza se vidi da sve tri vrste sporije rastu u debljinu u prebornim sastojinama, nego u jednodobnim i da su u tom pogledu najveće razlike kod smrče. Ovo je i razumljivo jer se radi o vrsti polusjenke. Vjerujemo da bi se izloženim mjerama za ubrzanje raste-nja mogle smanjiti razlike u znatnoj mjeri.

## E) TAKSACIONI ELEMENTI SASTOJINE

Taksacioni prag je postavljen kod 10 cm prsnog prečnika. Prema tome, u ovom poglavlju će biti razmatrani taksacioni elementi za dio sastojine koji sačinjavaju stabla iznad te taksacione granice.

### I PROJEKCIJA KRUNA SASTOJINE

Od taksacionih elemenata koji se odnose na krune svih stabala u sastojini najinteresantnija su s uređajnog gledišta sljedeća dva: ukupna površina projekcija kruna i stepen međusobnog njihovog prekrivanja. Ako je poznata površina projekcije krune pojedinih stabala (po vrstama, debljinskim stepenima itd.), mogu nam oni korisno poslužiti, kako je već ranije istaknuto, za određivanje normalnog stanja (18). Korist od njihovog poznavanja ne sastoji se, naravno, samo u tome.

Uprkos tome nismo bili u mogućnosti da izvršimo snimanje potrebnih podataka za njihovo utvrđivanje na svim parcelama. Razloge smo naveli ranije. Broj parcela kod kojih su izvršena snimanja radi utvrđivanja stepena prekrivanja iznosio je svega 124, a radi utvrđivanja površine projekcija kruna izvršena su snimanja na 173 parcele. Osim toga nismo bili u mogućnosti da obavimo prva snimanja na način koji bi nas mogao u cijelosti zadovoljiti. Stoga rezultati koji se odnose na stepen međusobnog prekrivanja, kako ćemo vidjeti, imaju orijentacionu vrijednost.

#### 1) Koeficijent prekrivanja kruna

Stepen međusobnog prekrivanja kruna izrazili smo odnosom između prekrivene površine zemljišta krunama stabala i ukupne površine projekcija njihovih kruna. Nazvali smo ga koeficijentom prekrivanja. Manjem koefici-

jentu odgovara veći stepen međusobnog prekrivanja kruna i obratno. Kad je koeficijent jednak 1,00, onda nema međusobnog prekrivanja kruna. Budući da uvijek postoji bar neznatno prekrivanje, on mora uvijek biti manji od 1,00.

Polazni materijal predstavljaju obračunati koeficijenti prekrivanja kod pojedinih parcela.

Prvo rješenje za funkciju dobiveno je pomoću metoda najmanjih kvadrata, pri čemu su za uticaje pojedinih taksacionih elemenata uzete funkcije pravaca. Iza toga je primijenjen isti postupak sukcesivne aproksimacije koji je primijenjen kod analize debljinskog prirasta. Nema potrebe da ponavljamo ovdje njegov prikaz samo zato što se radi o razmatranju drugog taksacionog elementa. Nužno je da ukažemo samo na neke momente koje nismo imali tamo.

Kod svih parcela nisu participirale sve tri vrste: jela je participirala na 69, smrča na 48 i bukva na 112 parcela od ukupno 124. Prilikom priprema materijala za rješavanja pomoću teorije najmanjih kvadrata ili kod provođenja sukcesivnih aproksimacija unosi se omjer smjese za jelu nula ako se ona ne javlja kod parcele. To ima i svoju logičnu sadržinu. Ali ako bi se u takvom slučaju unijela nula i za njen bonitet staništa, onda bi ispalo kao da se radi o staništu koje je bolje za jedan čitav stepen od I bonitetnog razreda. A to nije tačno. Štetnost eventualnog takvog postupka ne sastoji se samo u tome. To bi nas dovelo i do nerealne konačne funkcije.

Da bi se to izbjeglo potrebno je kod svih parcela kod kojih vrsta ne učestvuje staviti ili njen srednji bonitet staništa za parcele kod kojih se ona javlja ili, još bolje, onaj bonitet staništa prema kome „konvergiraju” njeni bonitetni razredi parcela smanjivanjem njenog omjera smjese. U ovom slučaju tako smo i postupili i ušli u analizu sa sljedećim bonitetnim razredima: za jelu III, 5, za smrču III, 2 i za bukvu III, 0 (3,5, 3,2 i 3,0). Te se veličine imaju unositi i kod korišćenja dobivene funkcije za slučajeve kod kojih se ne javlja jela odnosno smrča, odnosno bukva.

Nakon nekoliko provedenih uzastopnih aproksimacija došli smo do rješenja koje se bitno ne bi mijenjalo daljnjim njenim ponavljanjem. Dobivena funkcija glasi:

#### Regresivna funkcija koeficijenta prekrivanja

(Regressionsfunktion vom Beschirmungskoeffizient)

$$y = 0,0065x_1^2 - 0,0035x_1 + 0,0078x_2^2 - 0,0425x_2 - 0,0044x_3^2 + 0,049x_3 + \\ + 0,00265d + 0,234\pi^2 - 0,131\pi + 0,522\gamma^2 + 0,559\gamma - 0,311\varphi^2 + 0,34\varphi + 0,478$$

U funkciji je označen: (In der Funktion ist bezeichnet):

- s (mit)  $y$  . . . vrijednost koeficijenta (Koeffizientenwert),
- s (mit)  $x_1$  . . . bonitet staništa jele (Höhenbonität für die Tanne).
- s (mit)  $x_2$  . . . bonitet staništa smrče (Höhenbonität für die Fichte).
- s (mit)  $x_3$  . . . bonitet staništa bukve (Höhenbonität für die Buche).
- s (mit)  $d$  . . . srednji prečnik sastojine (Bestandesmittelstamm),
- s (mit)  $\pi$  . . . omjer smjese jele (Tannenanteil),
- s (mit)  $\gamma$  . . . omjer smjese bukve (Buchenanteil),
- s (mit)  $\varphi$  . . . stepen sklopa (Beschirmungsgrad).

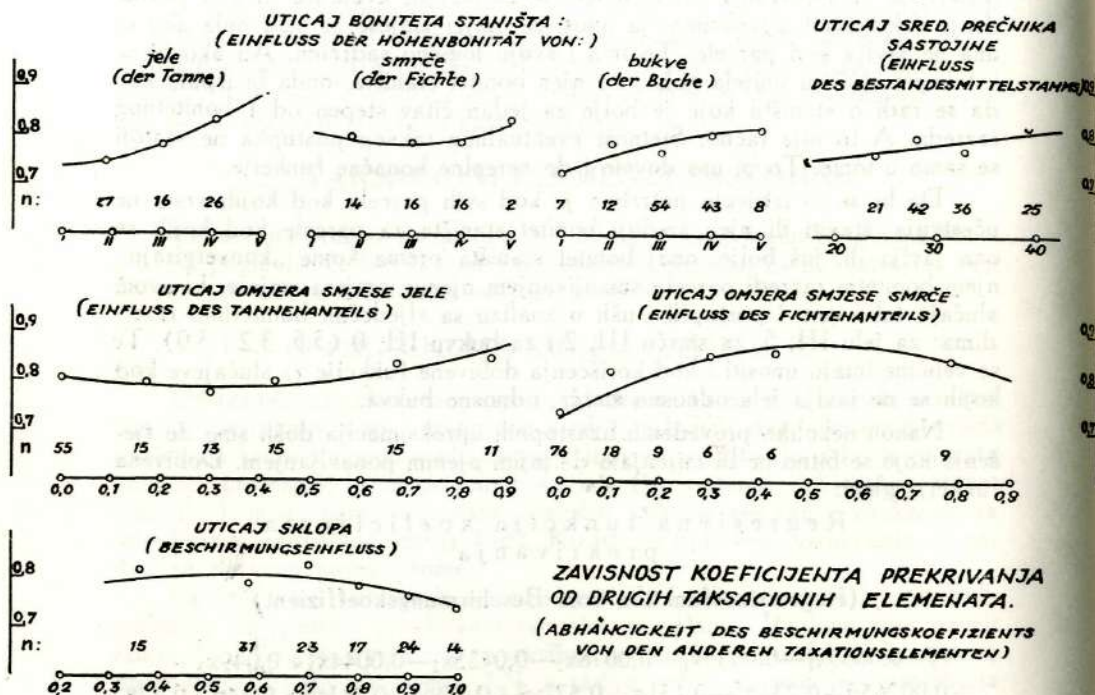


(Falls der Anteil einer von Baumarten gleich Null ist, hat man ihren durchschnittlichen Höhenbonitätswert unserer Parzellen in die Funktion einzusetzen. Er betrug: für Tanne III, 5, für Fichte III, 2, und für Buche III, 0).

Na prvi pogled izgleda da nije uzet u obzir omjer smjese za bukvu. To ne stoji. On dolazi do izražaja preko omjera smjese za jelu i smrču koje on dopunjuje u konkretnim slučajevima na 1,0.

a) Zavisnost veličine koeficijenta prekrivanja od veličine drugih taksacionih elemenata

Radi razmatranja uticaja svakog od pobrojanih taksacionih elemenata izračunate su odgovarajuće funkcije, na način koji je izložen kod analize projekcija kruna. Rezultati su prikazani na slici 27.



SL. 27

Rezultat u pogledu uticaja boniteta staništa na stepen međusobnog prekrivanja kruna je logičan: što je bonitet staništa bolji to je manje međusobno prekrivanje kruna ili, drugim riječima, to je veći koeficijent prekrivanja. Ovu pojavu objašnjava poznata Wiesnerova teoretska postavka da biljke to manje podnose zasjenjivanje što su lošiji stanišni uslovi. Ovo naravno, važi i za šumsko drveće, odakle Walter i uzima primjere kod objašnjavanja ove pojave (35). Ona se naročito dobro ispoljila u prašumama sa binomskom raspodjelom stabala, kako je to pokazao Miletic (23 i 21).

Onaj uticaj boniteta staništa vrste koji je izražen u grafičkom prikazu odnosi se, kako je već u nekoliko navrata naglašeno, na prosječne veličine ostalih taksacionih elemenata. Dakle, između ostalih, i na prosječan omjer smjese, kako razmatrane vrste tako i ostalih dviju. Ovi su iznosili za jelu 0,26, za smrču 0,12 i za bukvu 0,52. Kod drugih omjera smjese bio bi uticaj boniteta staništa svake od njih drukčiji. Kod većeg udjela npr. jele od 0,26 bio bi graf strmiji. Ali, budući da bi to povuklo sa sobom smanjenje udjela smrče i bukve, to bi se smanjio nagib njihovih grafova.

O tome treba voditi računa kad hoće da se upoređuje veličina zavisnosti koeficijenta prekrivanja od boniteta staništa jedne vrste sa veličinom zavisnosti tog koeficijenta od boniteta staništa druge vrste.

Omjer smjese bukve bio je 2,0 puta veći nego omjer smjese jele. Uprkos tome, uticaj boniteta staništa jele je mnogo veći. Ako bi se uzela kao baza isti omjer smjese za jednu i drugu vrstu, trebalo bi očekivati još znatno veći uticaj boniteta staništa jele, nego što to proizilazi iz našeg grafičkog prikaza.

Rezultati u pogledu uticaja boniteta staništa smrče, zahvaljujući malom broju parcela kod kojih je ona postojala, kao i njenom malom omjeru smjese, vrlo su nesigurni.

I uticaj srednjeg prečnika sastojine na veličinu koeficijenta prekrivanja je znatan.

Poznato je da se jelov i bukov ponik ne može održati bez jake zasjene i da tu zasjenu smrčev ponik vrlo dobro izdržava. Situacija se u tom pogledu brzo mijenja: u toku rastanja zahtjevi se u pogledu svjetla naglo povećavaju, tako da podmladak već nakon dvije—tri godine počinje da propada, ako se ne poveća stepen osvjetljenosti u sastojini. Daljnjim rastanjem zahtjevi se kontinuelno povećavaju. Jelova deblja stabla ne mogu izdržati zasjenu, iako ova vrsta spada među izrazite vrste sjenke. To važi i za bukova, a pogotovo za smrčeva stabla. Na osnovu toga se može izvesti kao logičan zaključak da je u sastojini to veći koeficijent prekrivanja što u njoj sa većim procentom participiraju deblja stabla i obratno. Ili, drugim riječima, što je veći srednji prečnik sastojine. Ta očekivanja su se i ostvarila, kako se to vidi iz slike 27.

Najmanji koeficijent prekrivanja (najveći stepen prekrivanja) je kod čistih bukovih sastojina, a najmanji u čistim smrčevim sastojinama. Uz prosječne vrijednosti ostalih taksacionih elemenata, on iznosi kod čistih bukovih sastojina 0,743, kod čistih jelovih 0,845, a kod čistih smrčevih 0,877.

Na osnovu međusobnog odnosa ovih cifara može se, uzevši u širokim konturama, zaključiti kako se mijenja koeficijent prekrivanja u mješovitim sastojinama ako se mijenja omjer smjese: što je veći udio smrče, to je on veći, a što je veći udio bukve, to je on manji. Promjene u omjeru smjese ne povlače sa sobom linearne promjene koeficijenta prekrivanja.

Međusobne razlike u veličini koeficijenata prekrivanja čistih jelovih, smrčevih i bukovih sastojina i navedene njegove promjene, usljed promjena omjera smjese kod mješovitih sastojina, razumljive su ako se ima u vidu da jela bolje podnosi zasjenjivanje nego smrča i da bukova stabla mogu izdržati veće zasjenjivanje od jelovih.

Nešto je teže objasniti zavisnost koeficijenta prekrivanja od stepena sklopa.

Što su stabla rjeđa to je i veći intenzitet difuznog svjetla u sastojini. Stoga bi bilo logično očekivanje da se u rjedoj sastojini može održati više



tanjih stabala (nižih) pod debljim (višim) nego u guščoj, a dosljedno tome, da će biti i manji koeficijent prekrivanja. Zbog ovog razloga trebalo bi očekivati da se smanjivanjem sklopa mora smanjivati i koeficijent prekrivanja.

Postoji, međutim, okolnost o kojoj treba da vodimo računa kod objašnjavanja zavisnosti koeficijenta prekrivanja od sklopa.

Ranije je već istaknuto da su parcele nižeg stepena sklopa, po pravilu, položene u šumama kod kojih je nedavno započeto prevođenje u privredni oblik. Kako je u prašumama udio tankih stabala malen, od kojih je velik dio i uništen sječama velikog intenziteta, i kako se zbog kratkoće spomenutog perioda nisu mogle donje etaže inventarisanog dijela popuniti, to je kod takvih parcela u većini slučajeva bio velik koeficijent prekrivanja. Obratna je situacija kod parcela koje su položene u šumama sa potpunim sklopom i skoro potpunim. Kod njih su se popunile donje etaže. U njima nisu vršene nikakve mjere njege i zbog toga se u tim etažama održao vrlo velik broj stabala, sva ona stabla koja su se mogla održati uz dane uslove. To je izazvalo velik stepen međusobnog prekrivanja ili, drugim riječima, malen koeficijent prekrivanja.

Dakle, kad je u pitanju objašnjenje uticaja sklopa na koeficijent prekrivanja onda treba imati u vidu dva faktora koji su oprečni u svom djelovanju. Rezultanta ovog djelovanja je graf koji je prikazan na slici 27. Kod najmanjih stepena sklopa došao je do izražaja prvi, a kod najvećih drugi.

Pojava ovog drugog faktora uslijedila je, dakle, zbog naših specijalnih prilika. Kod sastojina sa formiranim prebornim sastavom on se, po našem mišljenju, ne bi ni javio. Stoga bi graf uticaja sklopa na koeficijent prekrivanja kod prebornih sastojina morao da ima oblik krivulje koja bi se, počevši od stepena sklopa 1,00, stalno i sve više i više povijala prema apscisi. Koeficijent bi morao da se kontinuelno smanjuje opadanjem stepena sklopa, ali tako da se razlike u veličini koeficijenta između dva susjedna stepena sklopa postepeno povećavaju smanjivanjem sklopa.

## b) Veličina koeficijenta prekrivanja

Korelacioni koeficijent za regresivnu funkciju koeficijenta prekrivanja iznosi svega 0,45. On je vrlo malen. Stoga ne dolazi uopće u obzir utvrđivanje veličine koeficijenta pomoću funkcije za sve one slučajeve kod kojih se veličine taksacionih elemenata mnogo razlikuju od njihovih prosječnih veličina za naše parcele. Ne samo zbog sistematskih grešaka o kojim je bilo govora prilikom razmatranja debljinskog prirasta, nego zbog toga što je funkcija za takve vrijednosti nezavisnih faktora nesigurna.

Prosječne veličine taksacionih elemenata za parcele bile su sljedeće:

bonitet staništa za jelu . . . . .	III,2
bonitet staništa za smrču . . . . .	III,1
bonitet staništa za bukvu . . . . .	III,3
omjer smjese za jelu . . . . .	0,26
omjer smjese za smrču . . . . .	0,12
omjer smjese za bukvu . . . . .	0,52
sklop . . . . .	0,71
srednji prečnik sastojine . . . . .	31

Za one slučajeve kod kojih se veličine taksacionih elemenata mnogo ne razlikuju od ovih dobiće se po funkciji prilično tačan koeficijent prekrivanja.

Zbog toga što dobivenom funkcijom nije sigurno obuhvaćeno variranje koeficijenta prekrivanja, neće biti izrađene ni posebne tablice za njegovo određivanje na principima koji su izloženi u poglavlju o debljinskom prirastu.

Radi ilustracije promjena koeficijenta prekrivanja u zavisnosti od promjena taksacionih elemenata (kao nezavisnih faktora), obračunali smo ga za nekoliko karakterističnih slučajeva i rezultate iznijeli u tablici 14. Kod njihovog izbora nastojalo se da se približno obuhvate prirodne promjene na koje se nailazi u Bosni ako se ide od najnižih do najviših položaja (u kojima su jela i smrča još zastupljene).

Tablica 14

	Redni broj slučaja:								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Bon. stan. za jelu ( $X_1$ )	(3,5)	(3,5)	1	2	2	3	3	4	5
Bon. stan. za smrču ( $X_2$ )	(3,0)	(3,0)	(3,0)	2	2	3	3	4	5
Bon. stan. za bukvu ( $X_3$ )	1	2	2	3	3	4	4	5	5
Sklop ( $\varphi$ )	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6
Omjer smjese jele ( $\pi$ )	—	—	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2
Omjer smjese smrče ( $\gamma$ )	—	—	—	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7
Omjer smjese bukve ( $\lambda$ )	1,0	1,0	0,7	0,5	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1
Sred. preč. sast. (d)	20	45	45	40	40	40	35	35	25
Koeficij. prekrivanja	0,66	0,76	0,68	0,78	0,82	0,89	0,90	0,97	1,02

Iz ovog pregleda se vidi da je koeficijent prekrivanja najmanji u čistim bukovim sastojinama u kojim preovladavaju tanje debljinske klase (mali srednji prečnik sastojine) i u najboljim stanišnim uslovima. Uz te uslove iznosio je koeficijent 0,66. Povećanjem srednjeg prečnika sa 20 na 45 i smanjenjem boniteta staništa za jedan razred, povećava se koeficijent za 0,1.

Počevši od trećeg slučaja pa do desetog, koeficijent se stalno povećava, uglavnom zbog toga što se, idući tim redom, smanjuje bonitet staništa i što se povećava udio četinara, u početku jele, a poslije smrče.

Ovim podacima je obuhvaćena uglavnom i amplituda koja se može javiti.

Kod devetog slučaja koeficijent je prešao 1,00, što se ne bi smjelo dogoditi. To je dijelom posljedica nesigurnosti funkcija za ekstremne slučajeve s obzirom na veličinu taksacionih elemenata, o čemu je bilo malo prije govora, a dijelom je posljedica navedenih sistematskih grešaka.

## 2) Površina projekcija kruna u sastojini

Prilikom utvrđivanja regresivne funkcije za dobivanje prvog rješenja nije primijenjen metod najmanjih kvadrata. Prešlo se odmah na sukcesivne aproksimacije, pri čemu se pošlo od funkcija uticaja pojedinih taksacionih elemenata koje su dobivene na osnovu prostog odnosa između ovih i površina projekcija kruna sastojine. Naime, razvrstane su ukupne površine projekcija parcela po odabranim intervalima pojedinih taksacionih elemenata



i na osnovu dobivenih tačaka odabrane su najpodesnije funkcije i utvrđeni njihovi parametri. Taj način rješavanja zahtijevao je mnogo veći broj sukcesivnih aproksimacija. Radi ostvarenja rješenja, koje je moglo da nas zadovolji, provedeno je osam sukcesivnih aproksimacija.

U slučajevima kad vrsta nije bila zastupljena na parceli, postupljeno je u pogledu njenog boniteta staništa na isti način kao i kod koeficijenta prekrivanja:

Dobivena funkcija glasi:

Regresivna funkcija površine projekcija  
kruna sastojine  
(Regressionsfunktion *der* gesamten Bestandesschirmfläche)

$$y = -375 \cdot x_1^2 + 1800 \cdot x_1 - 112,5 \cdot x_2^2 + 400 \cdot x_2 + 125 \cdot x_3^2 - 1125 \cdot x_3 - 5952 \cdot \varphi^3 + \\ + 8929 \cdot \varphi^2 + 9524 \cdot \varphi - 1600 \cdot \pi^2 + 2000 \cdot \pi - 1100 \cdot \gamma + 2700 \cdot \lambda + 6 \cdot d^2 - \\ - 460 \cdot d + 7450$$

U funkciji je sa  $\lambda$  označen omjer smjese za bukvu, ostale oznake za nezavisne faktore su iste kao i kod regresivne funkcije za koeficijent prekrivanja.

Ako vrsta ne participira, ima se u funkciju uvrstiti prosječna veličina njenog boniteta staništa za naše parcele. Ona je iznosila: za jelu III, 1, za smrču III, 1 i za bukvu III, 3.

(In der Funktion ist mit  $\lambda$  Buchenanteil bezeichnet. Bezeichnungen für andere unabhängige Faktoren sind dieselben wie in der Regressionsfunktion vom Beschirmungskoeffizient. Falls der Anteil einer von Baumarten gleich Null ist, hat man ihren durchschnittlichen Höhenbonitätswert unserer Parzellen in die Funktion einzusetzen. Er ist gleich: für die Tanne III, 1, für Fichte III, 1 und für die Buche III, 3).

a) Zavisnost površine projekcije kruna sastojine od veličine ostalih taksacionih elemenata

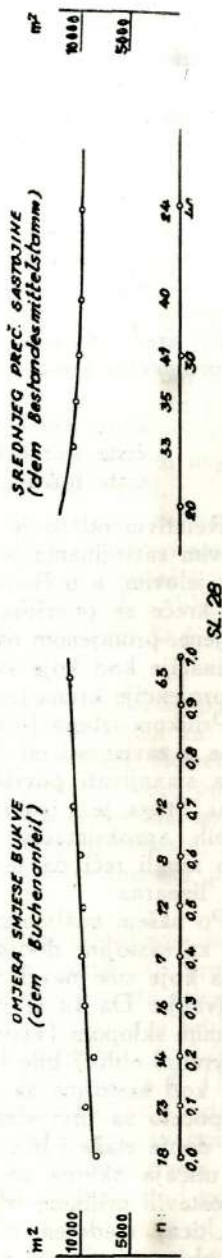
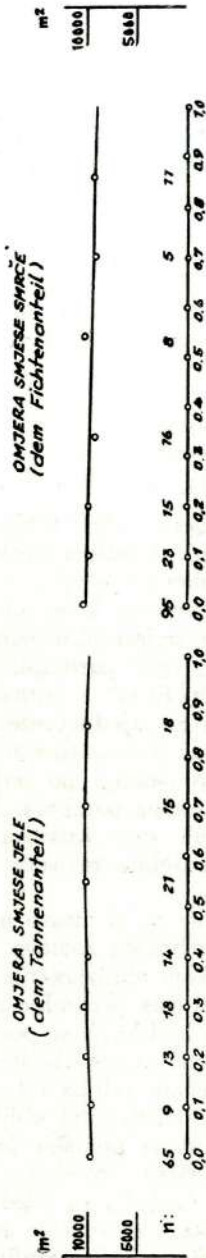
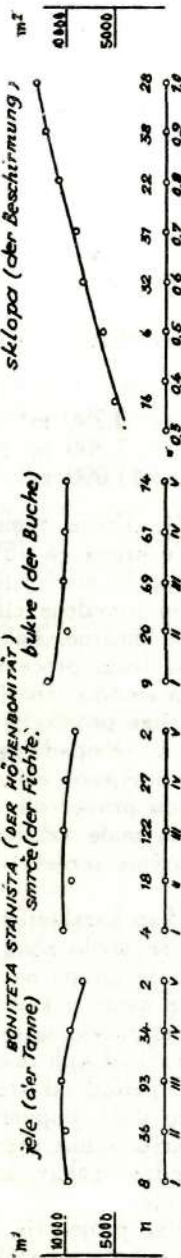
Kao nezavisni faktori uzeti su boniteti staništa s obzirom na pojedine vrste, njihov omjer smjese, sklop i srednji prečnik sastojine. Radi pojednostavljenja posla nisu uzeti srednji prečnici pojedinih vrsta, iako bi to bilo ispravnije.

Funkcije uticaja pojedinih taksacionih elemenata kao nezavisnih faktora obračunate su na isti način kao i ranije, a zatim su grafički prikazane na slici 28.

S opadanjem boniteta staništa — a pri ostalim istim uslovima — smanjuje se ukupna površina projekcija kruna. Neznatna odstupanja u tom pogledu od I, 0 do II, 5 bonitetnog razreda kod jele treba, po našem mišljenju, shvatiti kao posljedicu malog broja parcela i velikog variranja.

Rezultat je logičan. Budući da se opadanjem boniteta smanjuje stepen međusobnog prekrivanja (povećava koeficijent prekrivanja) mora se, pri istom stepenu sklopa i pri istim veličinama ostalih taksacionih elemenata, smanjivati i ukupna površina projekcija kruna u sastojini.

ZAVISNOST POVRŠINE PROJEKCIJA KRUNA SASTOJINE OD:  
(ABHÄNGIGKEIT DER GESAMTEN BESTANDESSCHIRMFLACHE VON:)



SL. 28

Prilikom međusobnog uporedenja uticaja boniteta staništa s obzirom na vrste treba voditi računa, kao i kod uticaja boniteta staništa na koeficijent prekrivanja, i o omjeru smjese pojedine vrste.



Zahvaljujući dosta ujednačenom uticaju omjera smjese pojedinih vrsta na površinu projekcija kruna u sastojini, može se već na osnovu slike dobiti grub uvid u zakonitosti koje postoje u tom pogledu: povećavanjem udjela bukve naglo se povećava ta površina, a povećanjem udjela jele to je povećanje mnogo manje, upravo neznatno. Povećavanje udjela smrče prati smanjivanje površina projekcija kruna. Ni ono nije veliko.

I ove rezultate je vrlo lako objasniti koeficijentom prekrivanja. Kako je konstatovano, on je to manji što je veći udio bukve i to veći što je veći udio smrče. Pri istom sklopu i istim veličinama ostalih taksacionih elemenata, to znači u prvom slučaju veću površinu projekcija kruna, a u drugom manju.

Za detaljniji uvid treba ipak istovremeno obuhvatiti omjer smjese sve tri vrste.

Pri srednjim veličinama za ostale taksacione elemente, ukupna površina projekcija kruna iznosi za:

čiste jelove sastojine . . . . .	8.790 m <sup>2</sup>
čiste smrčeve sastojine . . . . .	7.300 m <sup>2</sup> i
čiste bukove sastojine . . . . .	11.090 m <sup>2</sup>

Relativni odnos je sljedeći: 1,00 : 0,82 : 1,24. Prema tome, u čistim smrčevim sastojinama je manja površina projekcije kruna za 18% nego u čistim jelovim, a u čistim bukovim je veća za 24%. U mješovitim sastojinama kreće se površina u okvirima koje određuju navedene cifre. Njene promjene, promjenom omjera smjese nisu, naravno, linearne. Tako npr. kod kombinacije kod koje sve tri vrste participiraju sa istim procentom, površina projekcije kruna iznosi 9730 m<sup>2</sup>, a aritmetička sredina iznosi 9.090 m<sup>2</sup>.

Prilikom izbora funkcije za izjednačenje površine projekcije kruna sastojine u zavisnosti od sklopa, predviđali smo da će se opadanjem stepena sklopa smanjivati površina projekcija po jednoj povijenoj krivulji prema apscisi. Stoga je i izabrana kubna parabola. Nakon provedenih osam sukcesivnih aproksimacija dobili smo krivulju tako male zakrivljenosti da bismo mogli reći da je međusobna zavisnost površina projekcije i sklopa skoro linearna.

Po našem mišljenju, to se ne bi moglo uzeti kao karakteristična zakonitost za sastojine dobrog prebornog sastava. To se javilo zbog onih istih uzroka koje smo naveli prilikom obrazlaganja uticaja sklopa na koeficijent prekrivanja. Da su se na vrijeme provodile mjere njege u sastojinama sa potpunim sklopom (sastojine kod kojih se poodavno počelo sa prevodenjem u privredni oblik) bile bi površine projekcija kruna kod njih manje. Dalje, da je kod sastojina sa stepenom sklopa 0,6—0,8 period od vremena kad se započelo sa prevodenjem u privredni oblik bio duži, popunile bi se u njima donje etaže i bile bi njihove površine projekcija kruna veće. Tada bi graf uticaja sklopa na površinu projekcija izgledao onakav, kakvog smo pretpostavili prilikom izbora funkcija za izjednačenje.

Uticaj srednjeg prečnika na veličinu površine projekcija kruna nije teško objasniti. Što je srednji prečnik sastojine manji, to su stabla mlađa. Budući da mlada stabla bolje izdržavaju zasjenu, to se mogu više održati u životu pri istom stepenu osvjetljenosti i pri istim ostalim ekološkim uslovima nego ako se radi o starijim stablima. To znači da se i kod njih može javiti veći stepen međusobnog prekrivanja, a prema tome, i veća površina projekcija kruna.



## b) Veličina površine projekcija kruna u sastojini

U poglavlju o debljinskom prirastu izloženo je zašto se prilikom obračuna taksacionih elemenata po regresivnim funkcijama primijenjenog oblika čine sistematske greške i na koji način se one mogu ukloniti, ili bar smanjiti. Ovdje se javio novi momenat zbog koga moramo dopuniti izloženi metod rada za ostvarenje toga cilja.

Zakonitost veličine površine projekcije kruna u sastojini, od boniteta staništa (s obzirom na jelu, smrču odnosno bukvu), koja je prikazana na slici, odnosi se na prosječne omjere smjese naše tri vrste (kod parcela). Ako se udio jedne vrste mijenja, mijenjaće se graf uticaja boniteta staništa (s obzirom na tu vrstu) na površinu funkcije kruna sastojine. Smanjivanjem njenog udjela, smanjivaće se nagib i zakrivljenost grafa. Kad udio vrste padne na nulu, onda će nestati i uticaj boniteta staništa (s obzirom na tu vrstu). Izrazivši se matematski, on će biti predstavljen horizontalnim pravcem. Povećanjem udjela vrsta povećavaće se nagib grafa uticaja boniteta staništa (s obzirom na vrstu), kao i njegova zakrivljenost. Maksimum nagiba i zakrivljenosti javiće se kad omjer smjese vrste bude jednak 1,00.

Prilikom izrade tablica za obračun veličine projekcija kruna, prethodno je trebalo obuhvatiti variranje grafa uticaja boniteta staništa (s obzirom na vrstu) kad se mijenja njen udio. Poznat nam je graf za njen prosječni udio kod naših parcela i za slučaj kad njen udio padne na nulu. Radi približnog rješenja ovog zadatka trebalo je još utvrditi graf, bar za slučaj kad vrsta participira sa 100%, tj. u slučaju njenih čistih sastojina.

Najprije su izrađene provizorne tablice, na način kako je izloženo ranije. Na osnovu funkcije obračunate su površine projekcija kruna za sve kombinacije s obzirom na omjer smjese. Za ostale taksacione elemente, koji su uzeti kao nezavisni faktori, u funkciju su uvrštene pri tome poslu njihove prosječne vrijednosti. Zatim su za svaki od ovih elemenata obračunati faktori o kojim je bila riječ u poglavlju o debljinskom prirastu. Za bonitet staništa oni su obračunati na bazi grafova koji se odnose na prosječni omjer smjese.

Nakon izrade tih tablica izdvojene su parcele sa čistom sastojinom jele, smrče odnosno bukve i po tablicama su obračunate površine projekcija kruna za svaku parcelu i residiumi. Po izvršenom obračunu ordinata grafa uticaja za I, II i ostale bonitetne razrede, što je izvršeno pomoću faktora u tablici (uvrstavajući one koji odgovaraju prosječnom sklopu i srednjem prečniku parcela sa čistim sastojinama) i obračuna prosječnih residiuma za I, II i ostale razrede, naneseći su podaci. Na osnovu sistema tačaka, koje određuju naneseći prosječni residiumi, konstruisan je novi graf uticaja boniteta staništa i obračunati novi faktori. Prilikom njihovog obračuna uzeta je kao baza veličina površine kod prosječnog omjera smjese za vrstu kod svih parcela.

Posao je ponavljen, ali sada sa novim faktorima za uticaj boniteta staništa. Razlike između dobivenog grafa na toj osnovi i grafa koji je bio određen novim residiumima, bila je manja nego u prvom slučaju.

Ponavljajući postupak nekoliko puta, dolazi se konačno do rješenja gdje spomenutih razlika, praktično uzevši, nestaje. Tada je rješenje konačno. Dakle, radi se o metodu sukcesivne aproksimacije.



Po završetku ovog posla raspolagali smo za svaki bonitetni razred sa tri faktora za uticaj boniteta staništa: kad je udio vrste jednak nuli, kad vrsta participira sa prosječnim udjelom i kad se radi o čistim sastojinama. Ovi su faktori nanesei, a zatim su povučeni dobivenim tačkama krivulje. One su pokazivale kako se unutar istog bonitetnog razreda mijenja faktor boniteta staništa kad se mijenja udio vrste.

Zbog velikog broja ulaza nismo mogli u razradi tablica ići do kraja, jer bi one bile po broju stranica upravo ogromne. Pored toga što bi njihovo štampanje bilo vrlo skupo, i njihovo korišćenje bilo bi otežano. Stoga smo morali naći prikladnije rješenje.

One se sastoje iz tri dijela: tablica faktora omjera smjese i sklopa, tablica faktora omjera smjese i boniteta staništa po vrstama i tablica faktora srednjeg prečnika.

Prva ima dva ulaza: kombinacije s obzirom na omjer smjese (66 slučajeva) i stepen sklopa (0,3 do 1,0). Ona sadrži faktore, od kojih svaki predstavlja produkt između veličine površine projekcije kruna, koja je dobivena po funkciji uticaja omjera smjese za određenu kombinaciju, i faktora odgovarajućeg stepena sklopa. Ovaj je dobiven na način koji je izložen u poglavlju o debljinskom prirastu.

Tablica koja je navedena kao druga sastavljena je po vrstama. Dakle, ima ih tri. Ulazi su: omjer smjese i bonitetni razredi. One sadrže faktore o kojim je bila malo prije riječ.

Treća tablica ima samo jedan ulaz — srednji prečnik sastojine. Sadrži faktor uticaja ovog elementa.

Do površine projekcija kruna za neki konkretan slučaj dolazi se na taj način da se iz navedenih tablica očitaju faktori i međusobno pomnože.

Na osnovu dobivenih tablica obračunate su površine projekcija kruna za pojedine parcele i residiumi, a zatim korelacioni koeficijent. On iznosi **0,792**.

Gotovo isti je korelacioni koeficijent koji se dobiva neposredno na bazi funkcije. Prema tome, kod ovog slučaja nisu se ostvarila naša očekivanja koja smo zasnivali na osnovu izloženog u poglavlju o debljinskom prirastu. Razlog leži, po našem mišljenju, u tome što zbog malog broja parcela sa čistim sastojinama nisu realno obuhvaćene promjene faktora boniteta staništa koje su uslovljene promjenom omjera smjese. Ono što je postignuto uklanjanjem jednih grešaka izgubljeno je stvaranjem drugih.

Uprkos svemu tome, postignut je relativno visok korelacioni koeficijent. To ukazuje na to da se primjenom tablica mogu utvrditi dosta realno površine projekcija kruna za pojedine konkretne slučajeve.

Za dobivanje uvida u to, u kojim se granicama kreće veličina površina projekcija kruna, izračunali smo te površine za navedenih 9 slučajeva iz tablice 14. One iznose:

Redni broj slučaja	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Površina projekcija kruna u m <sup>2</sup>	16240	11976	10300	9285	8805	8363	8115	5570	4985

Ovim je uglavnom obuhvaćena amplituda koja se može javiti u sastojinama sa normalnim sklopom. Najmanju površinu projekcija kruna imaju sastojine smrče—jele sa nešto bukve u vrlo lošim stanišnim prilikama, a najveće čiste bukove sastojine sa velikim udjelom tanjih stabala ako su u vrlo dobrim stanišnim uslovima.

Kod švajcarskih opitnih parcela jela—smrče sa nešto bukve površina projekcije kruna dosiže 12.000 m<sup>2</sup> ako se radi o boljim i srednjim stanišnim uslovima, a kod parcela sa čistom smrčom ona pada na 5.000 m<sup>2</sup> ako su loši stanišni uslovi (1). Ako hoće da se vrši upoređenje sa našim podacima, treba od navedene površine odbiti površinu projekcije kruna stabala od 8—10 cm prsnog prečnika, jer su one obuhvaćene u navedenim iznosima. Budući da je broj takvih stabalaca vrlo velik, to je ukupna površina njihovih projekcija znatna, uprkos tome što je projekcija krune jednog stabla malena. Prema našoj ocjeni, ona bi trebalo da iznosi oko 1.500 do 2.000 m<sup>2</sup>. Ako se ta veličina odbije, doći će se do površine koja je još uvijek veća za oko 10—15% od naše za bolja i srednja staništa ako je udio bukve vrlo malen. U smrčevim sastojinama nema razlika ako su stanišni uslovi loši.

## II BROJ STABALA U SASTOJINI

Za preborne sastojine jela, smrče i bukve nije još egzaktno utvrđeno kako se mijenja broj stabala u zavisnosti od drugih taksacionih elemenata, iako bi to imalo veliku praktičnu vrijednost za planiranja uopće, posebno za planiranja obima sječa sa produkcionog stanovišta u okviru uređivanja šuma. Stoga smo u ovom radu preuzeli zadatak da to pitanje osvijetlimo, bez pretenzija da ga riješimo do kraja. Naime, zbog toga što naše sastojine nemaju još preboran sastav, što se one nalaze u fazi preformiranja, imaće naši rezultati, kako je to već u nekoliko navrata naglašeno, vremenski ograničenu vrijednost.

Stoga nismo obrađivali broj stabala odvojeno po vrstama, iako bi se na taj način dobili nešto bolji rezultati.

Kao izvorni materijal za analizu poslužili su utvrđeni brojevi stabala na 383 parcele, kao i, naravno, oni taksacioni elementi koji su obuhvaćeni kao nezavisni faktori. U parcelama kod kojih vrsta drveta nije bila zastupljena uzet je njen prosječni bonitetni razred i njen prosječni srednji prečnik za sve parcele. Naravno, došle su u obzir one kod kojih je ona participirala. Oni su iznosili:

	Bonitetni razred:	Srednji prečnik:	Omjer smjese:
jela	II,9 (2,9)	29,8 cm	0,32
smrča	II,9 (2,9)	30,5 cm	0,17
bukva	III,4 (3,4)	32,3 cm	0,51

Zapravo ove cifre nisu neposredno uvrštavane, nego bonitetni razredi odnosno srednji prečnici po tako odabranom ključu, da pojedine kategorije s obzirom na bonitet staništa odnosno srednje prečnike budu procentualno postavljene sa istim brojem slučajeva kao i kod parcela kod kojih je vrsta bila zastupljena.

Ovaj postupak je neosporno povećao varijabilnost. Ipak je primijenjen jer smo se plašili da koncentracija parcela bez vrste na isto mjesto apscise neće izazvati iskrivljavanja uticaja boniteta staništa odnosno srednjeg prečnika.

Regresivna analiza je izvršena na isti način kao kod taksacionih elemenata koje smo prešli; najprije se metodom najmanjih kvadrata došlo do prvog rješenja, čiji su se nedostaci zatim uklonili metodom sukcesivnih aproksimacija. Konačno je dobivena sljedeća:



Regresivna funkcija broja stabala u sastojini  
(Regressionsfunktion der Bestandesbaumzahl)

$$y = -4,38 \cdot x_1^2 + 47 \cdot x_1 - 5,88 \cdot x_2^2 + 24 \cdot x_2 + 3,5 \cdot x_3^2 - 25 \cdot x_3 + 702,4 \cdot \varphi^3 - \\ - 1243,6 \cdot \varphi^2 + 1189,2 \cdot \varphi - 120 \cdot \pi^2 + 270 \cdot \pi - 536 \cdot \gamma^2 + 630 \cdot \gamma + 0,175 \cdot d_j^2 - \\ - 18,65d_j + 0,12d_s^2 - 14,6d_s + 0,1987 \cdot d_b^2 - 19,04d_b + 897$$

U funkciji je označen (In der Funktion ist bezeichnet):

- sa (mit) . . .  $x_1$  bonitet staništa za jelu (Tannenhöhenbonität)
- sa (mit) . . .  $x_2$  bonitet staništa za smrču (Fichtenhöhenbonität)
- sa (mit) . . .  $x_3$  bonitet staništa za bukvu (Buchenhöhenbonität)
- sa (mit) . . .  $\varphi$  stepen sklopa (Beschirmungsgrad)
- sa (mit) . . .  $\pi$  udio jele (Tannenanteil)
- sa (mit) . . .  $\gamma$  udio smrče (Fichtenanteil)
- sa (mit) . . .  $d_j$  srednji prečnik jele (Tannenmittelstamm)
- sa (mit) . . .  $d_s$  srednji prečnik smrče (Fichtenmittelstamm)
- sa (mit) . . .  $d_b$  srednji prečnik bukve (Buchenmittelstamm).

Ako vrsta nije zastupljena, ima se u funkciji uvrstiti njen navedeni prosječni bonitet staništa i prosječni srednji prečnik.

(Falls der Anteil einer von Baumarten gleich Null ist, hat man in die Funktion ihren durchschnittlichen Höhenbonitätswert und ihren durchschnittlichen Mittelstamm unserer Parzellen einzusetzen. Sie betragen:

für die Tanne . . . . .	II,9 bzw. 29,8 cm
für die Fichte . . . . .	II,9 bzw. 30,5 cm
für die Buche . . . . .	III,4 bzw. 32,3 cm).

### 1) Zavisnost broja stabala od veličine drugih taksacionih elemenata

Kako se vidi iz funkcije, uzeti su kao nezavisni faktori: bonitet staništa s obzirom na pojedine vrste, sklop, omjer smjese i srednji prečnici vrsta. Njihov uticaj prikazan je na slici 29.

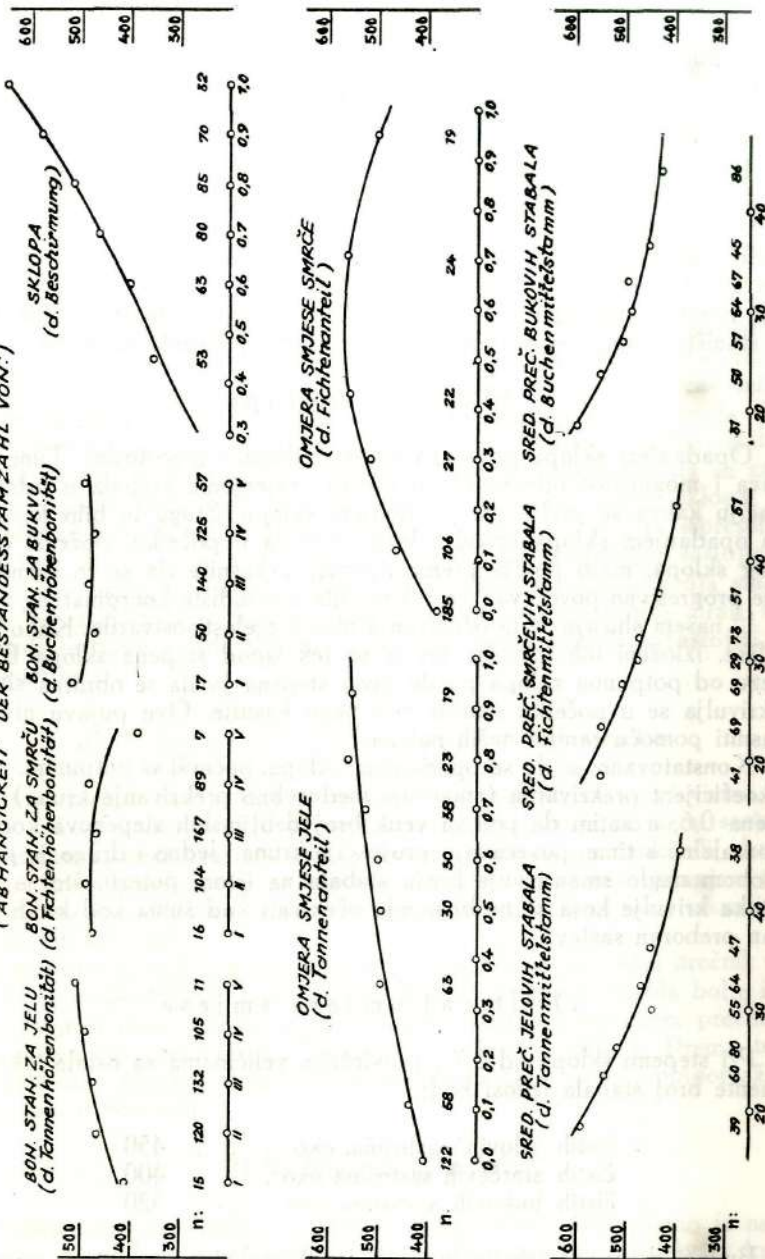
#### a) Uticaj boniteta staništa

Prilikom upoređenja veličine uticaja boniteta staništa s obzirom na pojedine vrste, na broj stabala sastojine, treba imati u vidu da je veličina uticaja proporcionalna zastupljenosti vrste. Stoga su malo prije i navedeni podaci o zastupljenosti vrsta.

Od taksacionih elemenata nisu obuhvaćeni u analizi kao nezavisni faktori — veličina površine projekcija kruna i koeficijent prekrivanja. Njihov uticaj će se stoga ispoljiti preko uticaja taksacionih elemenata koji su uzeti u obzir, pa i preko boniteta staništa. Zapravo trebalo bi da se njima uglavnom i objasni uticaj ovog elementa, naravno, u obliku kakav se kod nas javio.

S obzirom na to da je koeficijent prekrivanja manji pri boljim nego pri lošim stanišnim prilikama, to bi, uz jednake veličine površine projekcija kruna, kao i naravno uz jednake ostale uslove, trebalo očekivati smanjivanje broja stabala s opadanjem boniteta staništa.

ZAVISNOST BROJA STABALA SASTOJINE OD:  
( ABHÄNGIGKEIT DER BESTANDESSTAMZAHL VON: )



SL. 29

Opadanjem boniteta staništa s obzirom na bukvu smanjuju se projekcije kruna. S obzirom na to trebalo bi očekivati veći broj stabala uz loše nego uz bolje stanišne uslove, dakle, obratno nego s obzirom na promjene koeficijenta prekrivanja. Zahvaljujući tome, nastupilo je otupljivanje uti-



caja boniteta staništa na broj stabala, iako je omjer smjese bukve bio znatan (0,51).

Budući da se kod smrče povećavaju projekcije kruna s opadanjem boniteta staništa, oba faktora djeluju u istom pravcu. Malen uticaj boniteta staništa s obzirom na smrču je posljedica njenog malenog omjera smjese (0,17).

I kod razmatranja uticaja boniteta staništa s obzirom na jelu na broj stabala u sastojini treba imati u vidu da je oprečno djelovanje spomenuta dva faktora jer se kod većine debljinskih stepena smanjuju projekcije kruna jelovih stabala s opadanjem boniteta staništa. Međutim, ne bi bilo uvjerljivo ako bi se pokušalo da se jedino time objasni obrt u odnosu npr. na uticaj boniteta staništa s obzirom na bukvu. Ovo tim više što je uticaj boniteta staništa s obzirom na jelu vrlo velik na broj stabala sastojine.

### b) Uticaj sklopa

Opadanjem sklopa povećava se osvijetljenost u sastojini. Time se povećava i mogućnost održavanja u životu zasjenjenih stabala u odnosu na situaciju kakva se javlja pri potpunijem sklopu. Stoga bi bilo logično da se s opadanjem sklopa krivulja broja stabala u početku, počevši od potpunog sklopa, malo povija prema apscisi, a kasnije da se to njeno povijanje progresivno povećava, sve dok ne side u ishodište koordinatnog sistema.

U našem slučaju se ta očekivanja nisu u cjelosti ostvarila. Kako se vidi iz slike, izloženi tok krivulje javlja se tek ispod stepena sklopa 0,6. Na potezu od potpunog sklopa pa do ovog stepena javila se obratna situacija, tj. krivulja se u početku strmije ruši nego kasnije. Ovu pojavu nije teško objasniti pomoću ranijih naših nalaza.

Konstatovano je da se opadanjem sklopa, počevši sa potpunim, povećava koeficijent prekrivanja (smanjuje međusobno prekrivanje kruna) sve do stepena 0,6, a zatim da postoji velik broj debljinskih stepenova kod kojih se, paralelno s time, povećavaju projekcije kruna. Jedno i drugo je povuklo sa sobom naglo smanjivanje broja stabala na istom potezu, što je dovelo do toka krivulje koja se ne bi mogla očekivati kod šuma kod kojih je formiran preboran sastav.

### c) Uticaj omjera smjese

Pri stepenu sklopa od 0,7 i prosječnim veličinama za ostale taksacione elemente broj stabala iznosi kod:

čistih jelovih sastojina oko . . .	450
čistih smrčevih sastojina oko . . .	400
čistih bukovih sastojina oko . . .	320

Budući da su projekcije kruna bukovih stabala mnogo veće nego projekcije jelovih i smrčevih, logično je da čiste bukove sastojine moraju imati najmanji broj stabala. Istina, kod bukve je manji koeficijent prekrivanja, i ako bi se samo on imao u vidu, trebalo bi očekivati obratnu situaciju. Međutim, uticaj ove komponente je u odnosu na prvu mnogo manji i nije došla do većeg izražaja u konačnom rezultatu.

Jelova stabla imaju veće projekcije kruna nego smrčeva. Zbog toga bi trebalo očekivati veći broj stabala u čistim smrčevim sastojinama. Ako bi se posmatrao odnos ovih dviju vrsta s obzirom na koeficijent prekrivanja izolovano, onda bi trebalo očekivati veći broj stabala kod čistih jelovih sastojina. Dakle, radi se opet o dvije komponente koje su oprečne s obzirom na svoja djelovanja. S obzirom na odnos u pogledu broja stabala, odnijela je prevagu druga komponenta.

U mješovitim sastojinama jele—bukve, broj stabala se smanjuje dosta ujednačeno povećavanjem udjela bukve, od 450 na 370. U mješovitim sastojinama jele—smrče i smrče—bukve nema ujednačenih promjena u pogledu broja stabala ako se mijenja udio smrče.

U prvim se broj stabala povećava povećanjem udjela smrče sve do omjera smjese — jela 0,5 i smrča 0,5. Tada broj stabala, pri navedenim uslovima, iznosi oko 580. Povećava li se dalje udio smrče, broj stabala opada. Ako se povećava udio smrče u mješovitoj sastojini smrča—bukva, povećava se isto tako broj stabala, i to do omjera smjese smrča 0,6 i bukva 0,4. Daljim povećavanjem udjela smrče smanjuje se broj stabala.

Ova pojava se može jednim dijelom objasniti činjenicom, da su krune smrčevih stabala rjeđe i da se zbog toga može, uz isti stepen sklopa, pod njima održati više jelovih odnosno bukovih stabala. Ovdje se isprepliću i faktori koji ne spadaju u domen našeg rada. U mješovitim sastojinama jele—smrče—bukve povećanje udjela smrče znači povećanje broja stabala ako se ne mijenja udio bukve. Ako povećanje udjela smrče prati smanjenje udjela bukve, onda nastupa smanjenje broja stabala u sastojini, što je i razumljivo.

#### d) Uticaj srednjeg prečnika vrste

Što je prečnik stabla veći, to je veća i njegova kruna, kao i visina. Budući da deblja stabla zauzimaju veći prostor nego tanja, to se u sastojini može održati to veći broj stabala što su više zastupljena tanka ili, drugim riječima, što je manji prosječni njihov prečnik. Kako se povećavanjem prečnika vrlo naglo povećava veličina kruna, to mora i uticaj ovog taksacionog elementa biti vrlo jak.

I ovdje se ne radi samo o jednom uzroku. Što je prosječni prečnik vrste manji to je i udio mladih stabala veći. Budući da mlada stabla bolje izdržavaju zasjenu nego starija, to će biti pri manjem prosječnom prečniku i manji koeficijent prekrivanja. To znači i veći broj stabala. Prema tome, ovaj taksacioni element djeluje u istom smjeru kao i prvi i potpomaže ga u njegovom djelovanju.

### 2) Veličina broja stabala

Prilikom izrade tablica za obračun broja stabala postupljeno je na isti način kao i prilikom izrade tablica za obračun površine projekcija kruna. Novina je samo u tome što smo ovdje morali još utvrditi faktor omjera smjese i srednjeg prečnika vrsta. To je izvršeno na analogan način kao i faktor omjera smjese i boniteta staništa.

Tablice sadrže 7 faktora: za omjer smjese i sklop, za omjer smjese i bonitet staništa po vrstama i za omjer smjese i srednji prečnik, također po



Tablica 15

Taksac. elementi	Kombinacija:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Omjer smjese	jele:	—	—	—	1,0	1,0	1,0	—	—	—	0,4	0,4	0,4
	smrčje:	—	—	—	—	—	—	1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2
Sklop:	bukve:	1,0	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	0,4	0,4	0,4
		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,70	0,7	0,7	0,7
Bonitet staništa	jele:	—	—	—	I	III	V	—	—	—	I	III	V
	smrčje:	—	—	—	—	—	—	I	III	V	I	III	V
	bukve:	I	III	V	—	—	—	—	—	—	II	IV	V
Srednji prečnik	jele:	—	—	—	45	30	20	—	—	—	45	30	20
	smrčje:	—	—	—	—	—	—	45	30	20	45	30	20
Broj stabala po ha:	bukve:	45	30	20	—	—	—	—	—	—	45	30	20
		154	346	557	232	472	740	164	413	820	286	535	899

vrstama. Njihovim međusobnim množenjem dolazi se do broja stabala sastojine za razne kombinacije s obzirom na taksacione elemente koji su obuhvaćeni kao nezavisni faktori. Međusobno treba množiti: 7 faktora kad su zastupljene sve tri vrste, 5 kad su zastupljene dvije i 3 kad je zastupljena samo jedna vrsta. Ovo stoga što je veličina faktora omjera smjese i boniteta staništa i faktora omjera smjese i srednjeg prečnika za vrstu koja nije zastupljena jednaka 1,00.

Korelacioni faktor iznosi 0,735 ako se obračun broja stabala parcela izvrši po funkciji, a ako se obračun izvrši po tablicama, onda iznosi 0,763. Dakle, sa tablicama se postiže nešto veća tačnost.

U tablici 15 su izneseni brojevi stabala za nekoliko karakterističnih slučajeva. Oni su tako odabrani da se dobije približan uvid u amplitudu variranja koja se može javiti u prebornim sastojinama u pogledu broja stabala. Ona je, kako se vidi u tablici, znatna. Iz podataka se dalje vidi, da je u mješovitim sastojinama veći broj stabala nego u čistim, što je i razumljivo.

### III ZAPREMINA STABALA SASTOJINE

Ona predstavlja jedan od najznačajnijih taksacionih elemenata. Stoga je bila predmet obimnih ispitivanja i analiza. Uprkos tome još nije egzaktno utvrđeno kako se ona mijenja u zavisnosti od drugih taksacionih elemenata. Kako zakonitosti u tom pogledu mogu vrlo korisno da posluže kao jedan od vrlo važnih osnova za rješavanje niza pitanja (za utvrđivanje normalnog stanja, obima sječa sa produkcionog stanovišta i dr.), preuzeli smo zadatak da ih u ovom radu, u granicama mogućnosti, osvjetlimo.

Kao izvorni materijal poslužile su obračunate zapremine za 383 parcele, kao i utvrđene veličine onih taksacionih elemenata koji su obuhvaćeni kao nezavisni faktori. Oni su bili isti kao i kod analize broja stabala. Na isti način je riješeno i pitanje boniteta staništa i srednjeg prečnika vrste za parcele kod kojih se ona nije javila. Njihove prosječne veličine su iste kao kod analize broja stabala.

Ni analiza zapremine nije izvršena odvojeno po vrstama zbog istih razloga kao i kod broja stabala.

Regresivna analiza je provedena na isti način kao ranije: najprije se metodom najmanjih kvadrata došlo do prvog rješenja, a zatim su metodom sukcesivnih aproksimacija uklonjeni njegovi nedostaci. Dobivena je sljedeća:

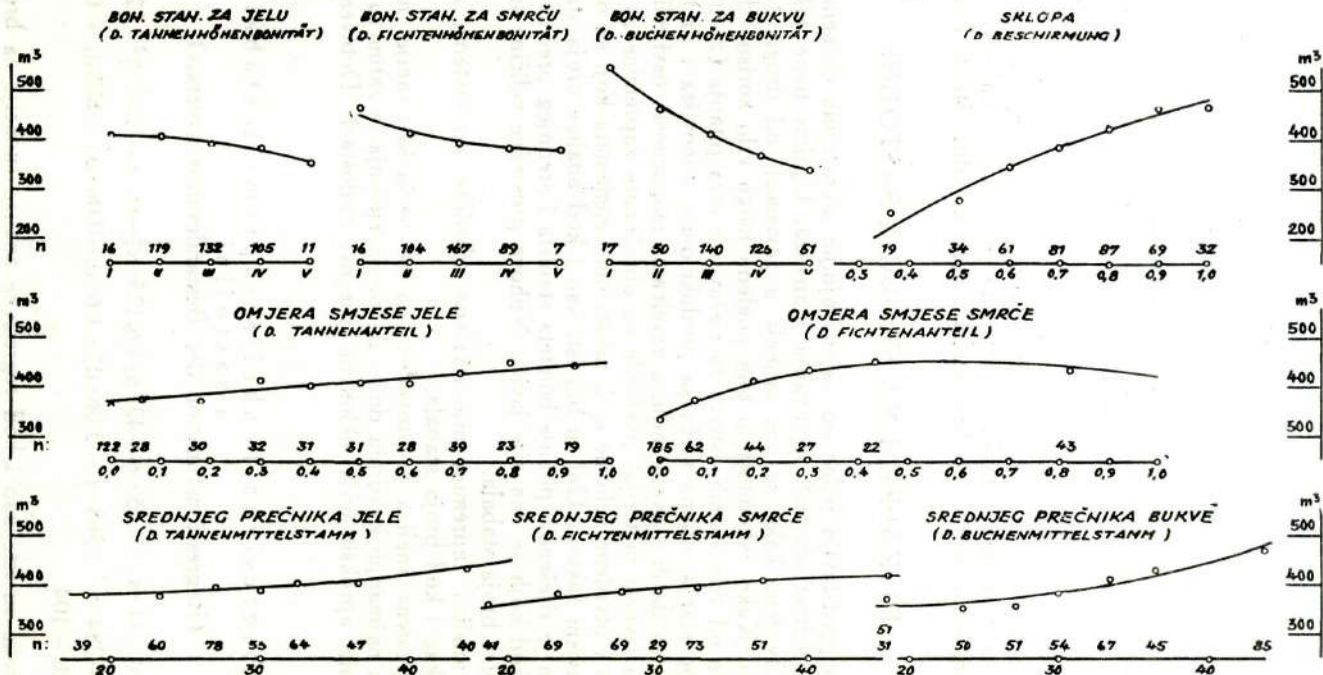
#### Regresivna funkcija zapremine stabala u sastojini (Regressionsfunktion des Bestandesmassenvorrats):

$$\begin{aligned} \bar{y} = & -4 \cdot x_1^2 + 11 \cdot x_1 + 4,25 \cdot x_2^2 - 43 \cdot x_2 + 6,125 \cdot x_3^2 - 86 \cdot x_3 - 236 \cdot \varphi^2 + 726 \cdot \varphi + \\ & + 78 \cdot \pi - 284 \cdot \gamma^2 + 368 \cdot \gamma + 0,06 \cdot d_j^2 + 1,6 \cdot d_j - 0,06 \cdot d_s^2 + 6,2 \cdot d_s + 0,175 \cdot d_b^2 - \\ & - 6,25 \cdot d_b + 104 \end{aligned}$$

Oznake su iste kao i kod regresivne analize funkcije za broj stabala (Die Bezeichnungen sind dieselben wie in der Regressionsfunktion für die Bestandesbaumzahl).



ZAVISNOST ZAPREMINE DRVETA SASTOJINE OD:  
(ABHÄNGIGKEIT DES BESTANDESMASSENVORRATS VON:)



SL. 30

Ako vrsta drveta nije zastupljena, imaju se u funkciju uvrstiti iste veličine za njen bonitet staništa i srednji prečnik kao kod regresivne funkcije za broj stabala (Falls der Anteil einer von Baumarten gleich Null ist, hat man in die Funktion dieselbe durchschnittliche Grösse für ihre Höhenbonität und für ihren Mittelstamm wie bei der Regressionsfunktion für Bestandesbaumzahl einzusetzen).

Funkcije uticaja su određene na isti način kao i ranije. Njihovi grafovi su prikazani na slici 30.

## 1) Zavisnost zapremine stabala sastojine od veličine drugih taksacionih elemenata

### a) Uticaj boniteta staništa

Opadanjem boniteta staništa smanjuje se zapremina stabala sastojine. Ako se uzme u obzir prosječni omjer smjese, koji je iznosio kao i kod broja stabala, proizilazi da je najveći uticaj boniteta staništa s obzirom na smrču, a najmanji s obzirom na jelu.

Smanjivanje zapremine je neposredna posljedica, prije svega, smanjivanja visine stabala. Relativni efekat ovog faktora je podjednak za sve tri vrste. Drugi neposredni faktor je broj stabala. U poglavlju o broju stabala sastojine konstatovano je da se broj stabala smanjuje s opadanjem boniteta staništa kod smrče i bukve, a kod jele on se povećava. Kod prve dvije vrste, prema tome, smjer djelovanja ova dva neposredna faktora je isti, a kod jele su oprečni s obzirom na smjer djelovanja. Stoga su i razumljive navedene razlike u pogledu veličine uticaja boniteta staništa s obzirom na vrstu.

### b) Uticaj sklopa

Uticaj sklopa na veličinu zapremine ispao je uglavnom onakav kakav treba očekivati na osnovu logike stvari. Objašnjenje smo dali u prethodnom poglavlju. Na osnovu grafa uticaja sklopa na broj stabala trebalo bi očekivati, možda, nešto strmiji dio krivulje na potezu od 0,8 do 1,0 stepena sklopa, ili čak njeno povijanje prema gore. Ne treba, međutim, gubiti iz vida činjenicu da i najtanja stabla imaju isto značenje kao i najdeblja kad je u pitanju analiza broja stabala sastojine, a kad je u pitanju njena zapremina da postoji upravo ogromna razlika. Ovaj momenat bi, naravno, otpao da su promjene broja stabala u zavisnosti od veličine ostalih taksacionih elemenata obuhvaćene potpuno sigurno, sa korelacionim faktorom 1,0.

### c) Uticaj srednjeg prečnika

Kod tankog stabla je mnogo manja zapremina po  $m^2$  njegove projekcije krune nego kod debelog. Tako npr. za srednje prilike s obzirom na bonitet staništa, sklop itd. ona iznosi kod jele za stablo prečnika od 10 cm u prsnoj visini oko  $0,004 m^3$  a za stablo od 60 cm u prsnoj visini oko  $0,105 m^3$ . Dakle, ona je oko 25 puta manja. Ovo ukazuje na to, da se povećavanjem srednjeg prečnika mora vrlo naglo povećavati zapremina i da se radi o vrlo uticajnom faktoru. Međutim, povećavanjem srednjeg prečnika povećava se koeficijent prekrivanja. To bi pak, ako bi se izolovano po-



smatralo, moralo da povuče sa sobom smanjivanje broja stabala. Dakle, u obratnom smislu od prvog faktora. Rezultanta je dosta ujednačeno povećavanje zapremine sastojine usljed povećavanja srednjih prečnika vrsta.

I ovdje treba prilikom upoređenja uticaja srednjeg prečnika na veličinu zapremine sastojine imati u vidu i omjer smjese.

#### d) Uticaj omjera smjese

Iz slike se jasno ispoljava da se povećavanjem zastupljenosti jele i smrče ili drugim riječima, smanjivanjem zastupljenosti bukve, povećava zapremina. To je razumljivo jer bukova stabla imaju mnogo manju zapreminu po m<sup>2</sup> njihove projekcije kruna.

Toliko se može zaključiti na osnovu izolovanog razmatranja uticaja zastupljenosti vrsta. Za dobivanje detaljnijeg uvida u to kako se mijenja zapremina promjenom omjera smjese, moraju se istovremeno uzeti uticaji omjera smjese za sve tri vrste. To znači da moramo postupiti na isti način kao ranije, tj. uzeti nekoliko karakterističnih slučajeva u razmatranje. Za odabranih 11 kombinacija obračunate su zapremine po dobivenoj regresivnoj funkciji i podaci su izneseni u tablici 16.

Tablica 16

Kombinacija:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Omjer smjese jele:	—	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6	0,3	0,8	0,2	1,0	—
Omjer smjese smrče:	—	—	0,1	0,2	0,4	0,3	0,6	0,2	0,8	—	1,0
Omjer smjese bukve:	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	—	—	—	—
Zapremina u m <sup>3</sup> :	316	332	374	410	449	448	458	441	444	394	400

Za ostale taksacione elemente, koji su obuhvaćeni funkcijom kao nezavisni faktori, uvrštene su prosječne veličine prilikom obračuna ovih zapremina.

Iz podataka se vidi da se zapremina, prije svega, povećava smanjenjem omjera smjese za bukvu, a zatim da se povećavanjem omjera smjese za smrču zapremina nešto više povećava nego povećavanjem omjera smjese za jelu. Razlike su, međutim, male.

#### 2) Veličina zapremine stabala u sastojini

Tablice za obračun zapremine izrađene su na isti način na koji su izrađene za obračun broja stabala.

Korelacioni koeficijent iznosi 0,724 ako se obračun zapremine parcela izvrši po dobivenoj regresivnoj funkciji, a ako se obračun izvrši po tablicama, onda on iznosi 0,745. Dakle, po tablicama se dobivaju nešto tačnije zapremine sastojine.

Radi sticanja uvida u veličinu amplitude koja se može javiti u prebornim sastojinama, obračunate su zapremine za iste kombinacije za koje smo obračunali broj stabala u prethodnom poglavlju. Zapremine iznose:

Kombinacije:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Zapremina u m <sup>3</sup> :	559	306	119	820	385	203	998	374	132	937	401	236

Amplituda je, kako se vidi iz ovih podataka, vrlo znatna.

Najuticajniji faktor na veličinu zapremine, jeste srednji prečnik sastojine. Tako npr. u čistim jelovim sastojinama, III. bonitetnog razreda, sa stepenom sklopa od 0,7 ona iznosi:

Srednji prečnik:	20	25	30	35	40	45
	256	316	385	462	543	619 m <sup>3</sup>

Promjene u zapremini zbog promjena u bonitetu staništa, znatno su manje. Zapremine za čistu jelovu sastojinu, stepene sklopa 0,7 i srednjeg prečnika 30 cm iznose:

Bonitetni razred:	I	II	III	IV	V
	510	442	385	336	305 m <sup>3</sup>

Iz ovih odnosa jasno proizilazi koliko je neopravdana naša spremnost u svakidašnjem životu da govorimo o visini zapremine drveta za pojedine bonitetne razrede, o minimalnim masama i drugo, a da istovremeno ne postavljamo pitanje srednjeg prečnika.

Nismo u mogućnosti da upoređujemo naše rezultate sa rezultatima autora koji su radili na osvjetljavanju veličine zapremine sastojine, jer za to ne raspolazemo potrebnim elementima.

#### IV ZAPREMINSKI PRIRAST SASTOJINE

Kako je na početku ovog rada istaknuto, morali smo najprije da utvrdimo zakonitosti po kojima se mijenja veličina prirasta sastojine, promjenom veličine njenih drugih taksacionih elemenata, a onda tek pristupiti izradi samih tablica. Iako je naša praksa prilikom donošenja odluke o pristupanju ovom ogromnom poslu imala u vidu jedino utvrđivanje prirasta (odnosno izradu tablica) i iako bi, prema tome, utvrđivanje spomenutih zakonitosti imalo sporedan značaj, značaj jednog pomoćnog sredstva, ipak smo prilikom obrade osvjetljavanja baš toga pitanja uzeli kao zadatak od izuzetne važnosti. Njihovim rješavanjem doći će se do dragocjenih osnova za nastojanja oko podizanja prinosa.

Kao polazni materijal za analize poslužili su konstatovani zapreminski prirasti pojedinih parcela, naravno, po vrstama drveta, kao i konstatovane veličine onih taksacionih elemenata koji su obuhvaćeni kao nezavisni faktori.

Broj parcela je iznosio:

za jelu . . . . .	261
za smrču . . . . .	198
za bukvu . . . . .	324

Masa uraslih stabala je uključena u prirast.

Regresivnom analizom obuhvaćeni su kao nezavisni faktori sljedeći taksacioni elementi: bonitet staništa, omjer smjese i srednji prečnik vrsta čiji se prirast razmatra, sklop, a zatim omjer smjese i srednji prečnici drugih dviju vrsta. Ako se neka od ovih nije javila na parceli, onda je u pogledu njenog boniteta staništa i srednjeg prečnika postupljeno na isti način kao i kod analize broja stabala sastojine odnosno zapremine.



Kao i kod ranijih analiza, ovdje je najprije pokušano da se dođe do regresivnih funkcija metodom najmanjih kvadrata. Međutim, nismo došli do rješenja koje bi moglo da nas zadovolji. Morali smo radi ostvarenja tog cilja provesti još 6 sukcesivnih aproksimacija. Nakon toga dobili smo sljedeće:

**Regresivne funkcije zapreminskog  
prirasta sastojine**  
(Regressionsfunktionen des Bestandesmassenzuwachses)

a) Jela (Tanne):

$$y = -0,099 \cdot x^2 - 0,09 \cdot x + 3,44 \cdot \varphi^3 - 9,39 \cdot \varphi^2 + 10,63 \cdot \varphi - 10,34 \cdot \pi^4 + 27,11 \cdot \pi^3 - 19,2 \cdot \pi^2 + 12,35 \cdot \pi - 1,14 \cdot \gamma^2 + 0,91 \cdot \gamma - 0,19 \cdot \lambda - 0,0595 \cdot d_j + 0,0003 \cdot d_s^2 - 0,024 \cdot d_s + 0,0006 \cdot d_b^2 - 0,014 \cdot d_b - 0,757$$

b) Smrča (Fichte):

$$y = -0,075 \cdot x^2 + 0,17 \cdot x + 0,214 \cdot \varphi^3 - 2,655 \cdot \varphi^2 + 5,513 \cdot \varphi - 8,46 \cdot \pi^4 + 21,06 \cdot \pi^3 - 13,42 \cdot \pi^2 + 1,765 \cdot \pi + 6,72 \cdot \gamma^4 - 15,72 \cdot \gamma^3 + 8,484 \cdot \gamma^2 + 6,96 \cdot \gamma - 7,39 \cdot \lambda^4 + 19,64 \cdot \lambda^3 - 16,82 \cdot \lambda^2 + 4,667 \cdot \lambda + 0,00115 \cdot d_j^2 - 0,0655 \cdot d_j + 0,00125 \cdot d_s^2 - 0,1235 \cdot d_s + 0,00055 \cdot d_b^2 - 0,0055 \cdot d_b + 0,492$$

c) Bukva (Buche):

$$y = 0,0575 \cdot x^2 - 0,875 \cdot x + 13,42 \cdot \varphi^3 - 24,28 \cdot \varphi^2 + 15,365 \cdot \varphi - 24,44 \cdot \pi^4 + 51,94 \cdot \pi^3 - 33,85 \cdot \pi^2 + 6,657 \cdot \pi + 0,72 \cdot \gamma^2 - 1,02 \cdot \gamma - 1,0 \cdot \lambda^2 + 6,38 \cdot \lambda - 0,002 \cdot d_j^2 + 0,139 \cdot d_j - 0,0075 \cdot d_s^2 + 0,0665 \cdot d_s + 0,00135 \cdot d_b^2 - 0,1105 \cdot d_b - 2,576$$

U funkcijama je označen (In Funktionen ist bezeichnet):

- sa (mit)  $x$  . . . bonitet staništa vrste (Höhenbonität der Baumart)
- sa (mit)  $\varphi$  . . . stepen sklopa (Beschirmungsgrad)
- sa (mit)  $\pi$  . . . omjer smjese jele (Tannenanteil)
- sa (mit)  $\gamma$  . . . omjer smjese smrče (Fichtenanteil)
- sa (mit)  $\lambda$  . . . omjer smjese bukve (Buchenanteil)
- sa (mit)  $d_j$  . . . prosječni prečnik jelovih stabala

(Tannenmittelstamm)

- sa (mit)  $d_s$  . . . prosječni prečnik smrčevih stabala

(Fichtenmittelstamm)

- sa (mit)  $d_b$  . . . prosječni prečnik bukovih stabala

(Buchenmittelsstamm).

Ako vrsta nije zastupljena, treba u funkciju da se stavi njen prosječni srednji prečnik za naše parcele. On je iznosio:

(Falls der Anteil einer von Baumarten gleich Null ist, hat man in die Funktion ihren durchschnittlichen Mittelstamm unserer Parzellen einzusetzen. Er betrug:)

Vrsta drveta (Baumart):	Jela (Tanne)	Smrča (Fichte)	Bukva (Buche)
Kod regresivne funkcije za	—	30,9	32,3 cm
(Bei Regressionsfunktion	29,8	—	32,5 cm
für):	29,8	30,6	—

## 1) Uticaj taksacionih elemenata na zapreminski prirast

Na slikama 31 do 33 prikazane su funkcije uticaja pojedinih taksacionih elemenata na zapreminski prirast. Način na koji su one dobivene poznat nam je iz ranijeg izlaganja i nema potrebe da to ovdje ponavljamo.

### a) Uticaj boniteta staništa

Na osnovu analize dosta obimnog materijala Mitscherlich je zaključio, da se u visini stabala ne ispoljava jasno bonitet staništa (pri čemu mislimo na veličinu prirasta i prinosa) i da odnos visina : prečnik nije podesan indikator za bonitiranje (28). Njegovo mišljenje nije, kako on sam kaže, usamljeno.

Naši rezultati, nasuprot tome, pokazuju da između visine stabala (odnosno boniteta staništa određenog na bazi visine stabala) i veličine prirasta (i prinosa) postoji veoma jasno izražen korelacioni odnos; u grafičkim prikazima su grafovi koji se odnose na uticaj boniteta staništa vrlo strmi, naročito kod jele i bukve. To jasno ukazuje na to, da je zaključak spomenutog autora neosnovan. Nije teško objasniti kako je došlo do ove zablude.

Već sam pogled na naše grafove uticaja pojedinih taksacionih elemenata, kao nezavisnih faktora na prirast vrste, ukazuje na njegovu veliku varijabilnost koju izaziva variranje veličine drugih taksacionih elemenata. Bez regresivne analize ne može se u takvoj situaciji ni približno obuhvatiti uticaj pojedinih taksacionih elemenata na zapreminski prirast. Ako se radi o taksacionom elementu čiji uticaj nije naročito izrazit, kao što je npr. uticaj boniteta staništa u odnosu na uticaj omjera smjese vrste čiji se zapreminski prirast razmatra, moguće je da se njegov uticaj izgubi u slučaju kad se stavi u prosti odnos prema prirastu. Naročito onda ako se ne raspolaze vrlo obimnim materijalom.

Vrlo je čest slučaj da se kod ovakvih prostih razmatranja ne ispolji uticaj jednog taksacionog elementa zbog toga što je uticaj drugog oprečan u svom djelovanju, a međusobno su zavisni. U našem slučaju je takva situacija sa uticajem boniteta staništa i srednjeg prečnika.

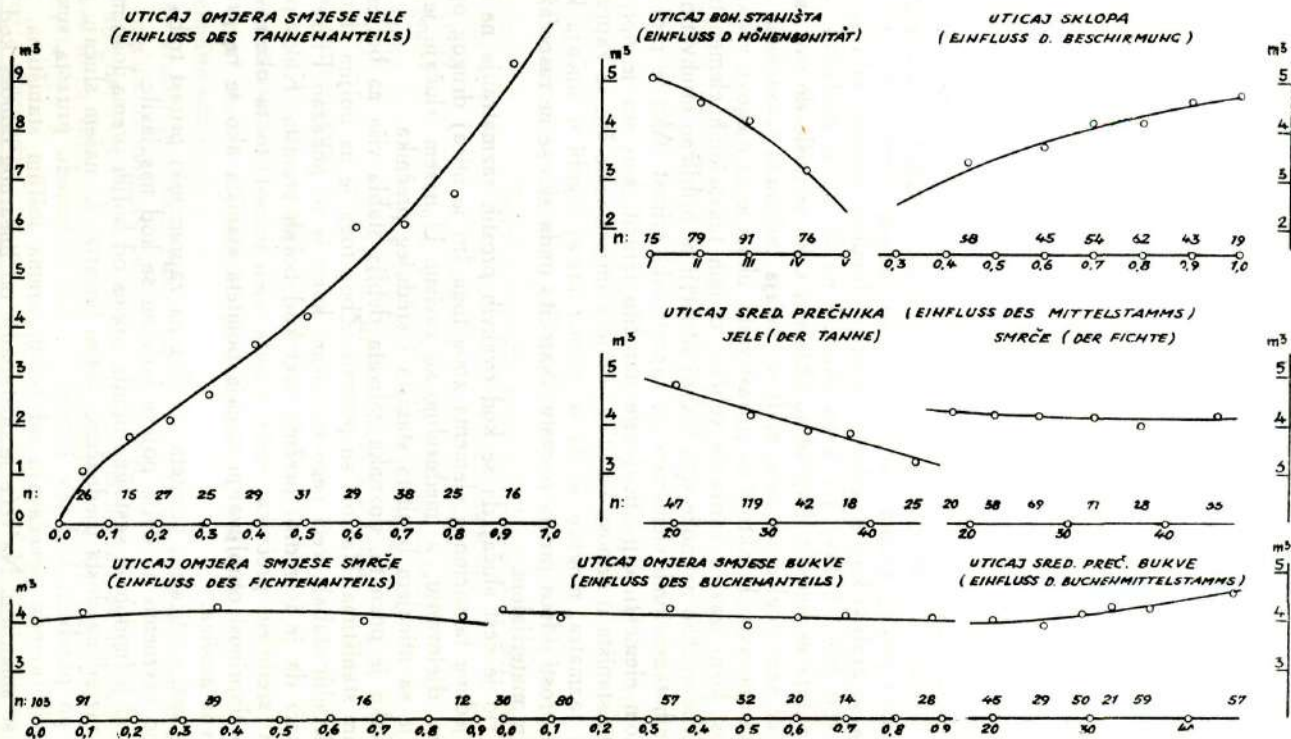
Kako je poznato, doznaka zahvata deblja stabla više na boljim nego na lošim staništima. Razlozi su poznati. Zbog toga je na boljim staništima udio debelih stabala veći nego na lošim, kako je to pokazao Flury (10). To znači da je i srednji prečnik veći kod boljih staništa. Kako povećanjem srednjeg prečnika vrste opada njen prirast, to ta okolnost vrlo znatno doprinosi otupljivanju uticaja boniteta staništa ako se ne primijeni regresivna analiza.

U vezi s uticajem boniteta staništa na zapreminski prirast treba da se posebno osvrnemo na dvije pojave koje su se kod nas javile.

Kod jednodobnih sastojina opada prinos od boljih prema lošijim bonitetnim razredima dosta ujednačeno, skoro linearno. U našem slučaju prirast opada po paraboli; kod jele i smrče se razlike između prirasta susjednih bonitetnih razreda povećavaju od boljih prema lošijim staništima, a kod bukve se smanjuju. Najveće je odstupanje od linearnog odnosa kod smrče, a najmanje kod bukve. Naročito pada u oči povijanje grafa za smrču prema dolje na potezu od III do I bonitetnog razreda. Kod jele je ono znatno manje.

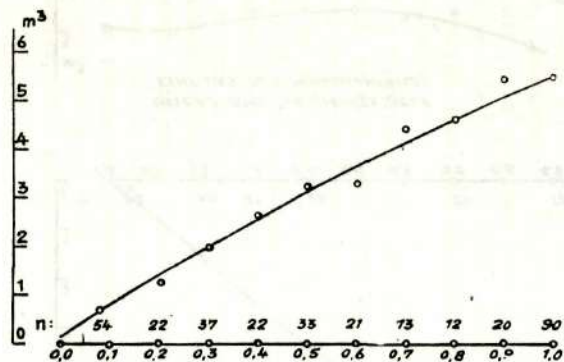


ZAPREMSKI PRIRAST SASTOJINE JELE  
(BESTANDESMASSENZUWACHS. TANNE.)

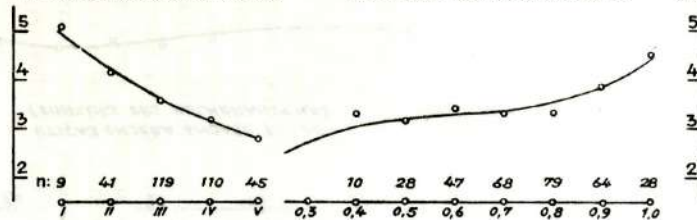


ZAPREMINSKI PRIRAST SASTOJINE - BUKVA  
(BESTANDESMASSENZUWACHS - BUCHE)

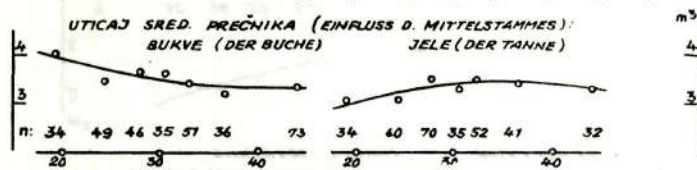
UTICAJ OMJERA SMJESE BUKVE  
(EINFLUSS DES BUCHENANTEILS)



UTICAJ BOM. STANIŠTA  
(EINFLUSS D. HÖHENBONITÄT)

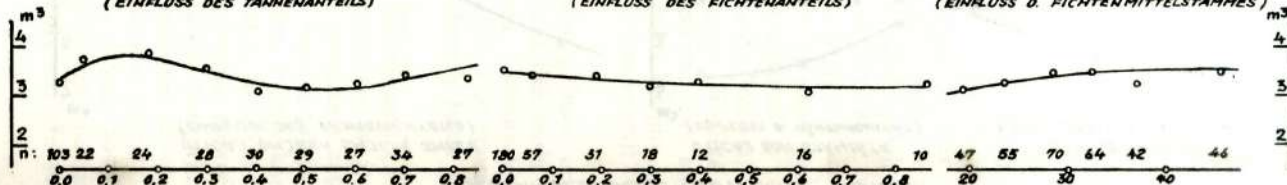


UTICAJ SKLOPA  
(EINFLUSS DER BESCHIRMUNG)

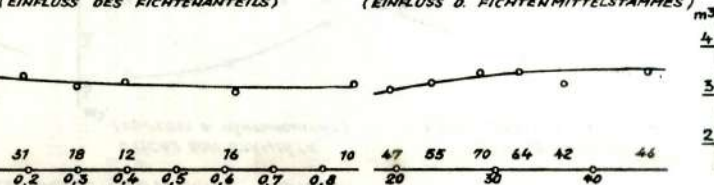


UTICAJ SRED. PREČNIKA (EINFLUSS D. MITTELSTAMMES):  
BUKVE (DER BUCHE) JELE (DER TANNE)

UTICAJ OMJERA SMJESE JELE  
(EINFLUSS DES TANNENANTEILS)



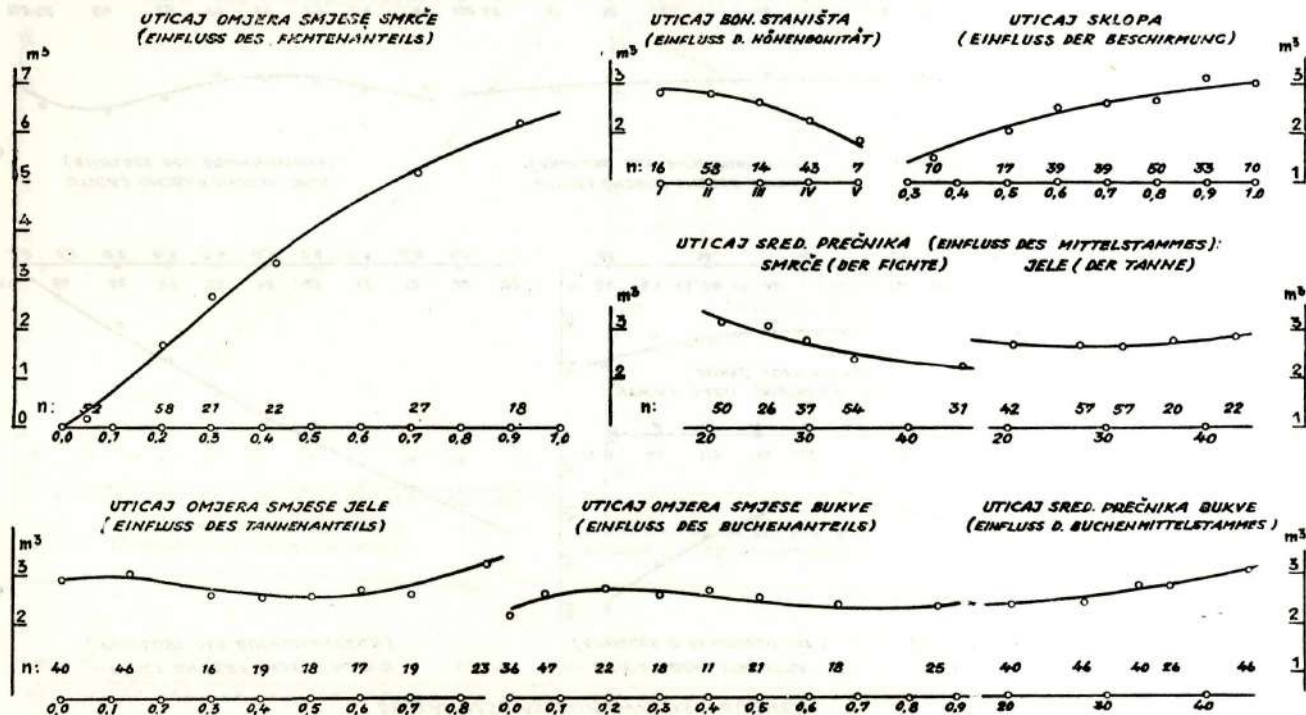
UTICAJ OMJERA SMJESE SMRČA  
(EINFLUSS DES FICHTENANTEILS)



SL. 33



ZAPREMINSKI PRIRAST SASTOJINE-SMRČA  
(BESTANDESMASSENZUWACHS - FICHTE)



Amplituda zapreminskog prirasta, uslovljena bonitetom staništa, kod nas je manja nego amplituda prinosa jednodobnih sastojina (uz pretpostavku najviših produkcionih perioda koji prinodne tablice sadrže). Prosječni prirast, uključivši proredni materijal, je prema Wiedemann—Schobrovim tablicama za jelu prvog bonitetnog razreda veći za 2,5 puta nego kod petog<sup>1)</sup>, za smrču 3,0, a za bukvu 3,3. Prema našim rezultatima ovi faktori iznose: za jelu 2,2, a za smrču i bukvu cca 1,7. Da nije bilo spomenutog povijanja grafova ovi bi bili nešto veći. Kako vidimo, razlike su kod smrče i bukve znatne.

Naše je ubjedenje da izloženo odstupanje nije normalna pojava nego da su se one javile zbog specifične situacije u pogledu sastava naših prebornih sastojina. Stoga ćemo pokušati da ih objasnimo.

Kako je već u više navrata podvučeno, među našim parcelama su zastupljeni svi mogući prelazni oblici s obzirom na dužinu perioda, od momenta kada se započelo sa prevođenjem prašume u privredni oblik. Jednu krajnost predstavljaju parcele gdje je to započeto prije 70—80 ili više godina, a drugu pak slučajevi gdje je sa time nedavno započeto. Kod prvih je preformiranje kruna, posebno njihovo popunjavanje, preformiranje vitkosti stabala, saobrazno novim uslovima, mnogo dalje otišlo nego u slučajevima kod kojih je sa prevođenjem započeto kasnije. U slučajevima kod kojih se s time počelo nedavno, ostala je ista situacija kao u prašumi.

U prebornim šumama imaju stabla, uz pretpostavku jednakih ostalih uslova, punije krune i manju vitkost nego u prašumama. Razlike u tom pogledu su veće u boljim stanišnim uslovima nego u lošijim. Ovo stoga što je u prašumama mnogo veća obraslost u boljim nego u lošijim i što su razlike u tom pogledu kod prebornih šuma, zahvaljujući intervenciji čovjeka, mnogo manje.

U fazi prevođenja u privredni oblik krune se proširuju, što se odražava u stepenu sklopa, i popunjavaju. S tim u vezi se povećava debljinski prirast, zapreminski prirast po m<sup>2</sup> površine koje stablo zauzima, i smanjuje se vitkost. Taj proces ne teče brzo jer stabla, kako smo vidjeli, vrlo sporo rastu. Velika većina srednjih i sva debela stabla naših prebornih šuma rasla su u prašumskim uslovima.

Kod smrče je on naročito spor jer, kako navodi Wiedemann (37), starija smrčeva stabla nemaju sposobnosti da šire i popunjavaju svoje krune. To znači da se u fazi prevođenja kod njih neće dići povećanje zapreminskog prirasta po m<sup>2</sup> spomenute površine na onaj nivo koji se javlja u prebornim šumama kod kojih je proces prevođenja završen, tačnije kod kojih su sva stabla od mladosti rasla u uslovima preborne šume. Relativne razlike u tom pogledu morale bi biti u najboljim stanišnim uslovima najveće zbog malo prije navedenih razloga i da se opadanjem staništa smanjuju. Zbog toga se, po našem mišljenju, i javilo spomenuto povijanje prema dolje lijevog kraka grafa uticaja boniteta staništa na zapreminski prirast.

Budući da je proces preformiranja kruna i stim u vezi povećavanja debljinskog i zapreminskog prirasta kod jele brži, spomenuto povijanje je manje, a kod bukve, koja spada među vrste čija stabla najbrže reagiraju

1) U tablicama nije razrađen V bonitetni razred za jelu. Prosječni prirast za njega ocijenili smo pomoću Eichonovih prinodnih tablica.



popunjavanjem kruna na proširenje slobodnog prostora, to povijanje nije se uopće ni javilo.

Za smanjivanje vitkosti bukovih stabala na nivo koji odgovara prebornom sastavu, traže se mnogo duži periodi nego za povećavanje prirasta po m<sup>2</sup> površine koju stablo zauzima. To pogotovo važi za jelu, a o smrči da i ne govorimo. Zapravo, uzevši matematski tačno, vitkost neće pasti na taj nivo sve dok ima stabala koja su rasla u prašumskim uslovima, jer će se stečena velika vitkost u prašumi osjećati do kraja života stabla. Relativne razlike u pogledu vitkosti između prebornih šuma i šuma u fazi prevođenja biće to veće što je kraći period od njegovog početka i što su bolji stanišni uslovi. Stoga su prilikom utvrđivanja boniteta staništa svrstane mnoge parcele u nešto više bonitetne razrede nego kojima stvarno pripadaju. To je povuklo sa sobom otupljivanje razlike između bonitetnih razreda s obzirom na veličinu prirasta odnosno smanjivanje amplitude o kojoj je bila riječ.

Ne raspoložemo osnovama za ocjenu da li će se javiti ista amplituda kao kod jednodobnih sastojina ili neće kad se završi proces prevođenja u preboran sastav. Time se poteže pitanje da li ima nešto od istine u Mitscherlichovim tvrdnjama ili ne. Jedno je, međutim, sigurno da visina stabala nisu u onoj mjeri nepodesan indikator za bonitiranje staništa kako on tvrdi. S time ne mislimo reći da nas one kao indikator u potpunosti zadovoljavaju. One nas mogu zadovoljiti samo kao jedno pomoćno rješenje, a pravo rješenje vidimo u izdvajanju tipova šuma.

## b) Uticaj sklopa

Opadanjem sklopa zapreminski prirast se ne smanjuje linearno nego po jednoj krivulji koja se, počevši sa stepenom sklopa 1,0, postepeno povija prema apscisi. To je i logično ako se ima u vidu da se proređivanjem stvaraju bolji uslovi za rasteenje stabala obzirom na osvjetljenost, da se time, kako smo vidjeli, povećava debljinski prirast. Na taj način stabla koja ostaju nadoknađuju jednim dijelom prirast onih stabala koja su uklonjena.

Kod jele i smrče dobili smo rezultate koji su se mogli i očekivati na osnovu takvog rezonovanja. Za izjednačenje je primijenjena kubna parabola, kao i u ranijem radu (19). Relativni odnosi zapreminskog prirasta ovih dviju vrsta za razne stepene sklopa su sljedeći:

Stepen sklopa:	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
jela:	0,53	0,64	0,71	0,81	0,87	0,92	0,97	1,00
smrča:	0,46	0,60	0,70	0,80	0,86	0,92	0,97	1,00

Kako se vidi iz ovih podataka, krivulja koju smo dobili za smrču nešto je bliža linearnom odnosu nego ona za jelu. Drugim riječima, relativno smanjivanje njenog prirasta s opadanjem sklopa je nešto veće nego kod jele, i to od stepena 0,7 do 0,3. I to je logično ako se ima u vidu sporije popunjavanje kruna kod smrče nego kod jele. Ovi relativni odnosi ne odstupaju od onih do kojih je došao Mitscherlich za bukove šume (29).

Kod bukve smo dobili, međutim, rezultate koji izgledaju na prvi mah kao nelogični. Kod nje s opadanjem sklopa, počevši sa stepenom 1,0, najprije prirast naglo opada, do stepena 0,8, zatim stagnira na potezu od 0,8 do 0,6, a onda počinje opet ponovno opadati. Javlja se sedlo kod stepena 0,7.

Ovu pojavu možemo objasniti onim istim razlozima sa kojim smo objašnjavali promjene veličine kruna i debljinskog prirasta promjenom sklopa. Rekli smo da je kod parcela sa sklopom od 0,9 i 1,0 period iza izvršenih sječa znatno duži nego kod parcela sa nižim sklopom. Kod parcela sa stepenom sklopa 0,7 i 0,8 taj period je vrlo kratak i, po pravilu, radilo se o prvim sječama u vezi prevodenja prašume u privredni oblik. Dok su se kod prvih parcela popunile krune, kod ovih taj proces nije daleko odmakao i nije se još prirast popeo po  $m^2$  površine, koju stabla zauzimaju, na nivo koji bi odgovarao uslovima preborne šume.

#### c) Uticaj srednjeg prečnika vrste na njen zapreminski prirast

Kako se vidi iz grafičkih prikaza, smanjivanjem srednjeg prečnika vrste povećava se i njen zapreminski prirast u prebornoj sastojini. Drugim riječima, što je veći udio tanjih (mladih) ili što je manji udio debelih (starih) stabala vrste, to je veći njen prirast.

To je u skladu sa konstatovanom pojavom kod jednodobnih sastojina da se maksimalni tekući prirast javlja u doba kad sastojine imaju srednji prečnik od cca 15 cm. Dakle, kad su, mjerena mjerom preborne sastojine, još tanka odnosno mlada.

Do istog rezultata je došao i Mitscherlich. Prema njegovom nalazu, prirast je to veći što su više zastupljena tanka (7 do 25 cm pr. pr.) i srednja (od 26 do 49 cm pr. pr.) odnosno što su manje zastupljena debela stabla (28).

Prema tome, uopće ne stoji tvrdnja, koja se još može čuti, da se sa relativno velikim zalihama u prebornim sastojinama postižu veći prirasti nego sa malim. Uz iste ostale uslove veća zaliha se može javiti samo onda ako je veći udio debelih stabala odnosno ako je veći srednji prečnik. A to može da znači, kako proizilazi iz naših rezultata, samo manji prirast. Ali ne za onaj cio iznos koji bi proizilazio iz grafova odnosno funkcija. Ne treba gubiti iz vida da se kontinuelno obnavljanje sastojina većeg srednjeg prečnika može obezbijediti višim stepenom sklopa nego ako se radi o sastojini manjeg srednjeg prečnika i da to znači opet nešto veći prirast u prvom slučaju u odnosu na prirast kod drugog. Pretpostavka je, naravno, isti stepen selekcije, kako kod uraščivanja tako i kod sječa u inventarisanom dijelu. U svakom slučaju razlike u prirastu zbog razlika u stepenu sklopa, koje bi se s tim u vezi javile, mnogo su manje nego razlike koje se javljaju zbog razlika u srednjem prečniku.

#### d) Uticaj srednjeg prečnika drugih vrsta

Ovaj uticaj je mnogo zamršeniji.

Na prvi mah izgleda kao logično da pri prosječnim veličinama za ostale taksacione elemente prirast vrste mora biti to manji što je srednji prečnik ostalih dviju vrsta odnosno druge vrste manji, jer je u tom slučaju veće zasjenjivanje stabala vrste čiji se prirast razmatra. Stabla druge odnosno drugih vrsta u tom slučaju su viša. To je, međutim, samo jedna komponenta.

Uz prosječne veličine za ostale taksacione elemente, dakle, i uz prosječne omjere smjesa, biće količina lista odnosno iglica druge odnosno dru-



gih vrsta to manja što je veći njihov srednji prečnik. Na kubni metar zapremine drveta otpada to manja površina projekcije kruna što je veći prečnik stabala. Prema tome, biće manje zasjenjivanje vrste, čiji se prirast razmatra, što je veći srednji prečnik druge odnosno drugih vrsta.

Ova komponenta je uticajnija od prve. Stoga je u većini slučajeva prirast vrste veći što je veći srednji prečnik druge, odnosno drugih vrsta. Iznimku predstavlja samo zavisnost prirasta jele od srednjeg prečnika smrče. Kod ovog slučaja je odnio prevagu uticaj prve komponente.

### e) Uticaj omjera smjese

Radi sticanja uvida u to kako se mijenja prirast zapremine sastojine, promjenom omjera smjese, obračunati su prirasti za više kombinacija s obzirom na omjer smjese, a uz stepen sklopa 0,7 i za prosječne veličine za ostale taksacione elemente. Podaci su izneseni u tablici 17. U posljednja tri reda uneseni su preračunati prirasti na „čiste” sastojine. Oni su dobiveni dijeljenjem konstatovanog prirasta vrste u mješovitoj sastojini sa njenim omjerom smjese.

Čiste jelove sastojine imaju znatno veći prirast nego čiste smrčeve i čiste bukove sastojine. Zbog toga imaju i mješovite jelove i smrčeve te jelove i bukove sastojine to veći prirast što je u njima više zastupljena jela.

Čiste smrčeve sastojine imaju, uzevši u prosjeku, nešto veći prirast nego čiste bukove. U mješovitim sastojinama ovih dviju vrsta povećanjem udjela smrče sa 0,1 na 0,4, povećava se znatno prirast sastojine (kombinacije: III, XII i XIII). Daljim povećanjem udjela smrče on se, međutim, ne mijenja. To se javilo i zbog toga što je u ovakvim sastojinama veće smanjivanje prirasta bukovog dijela sastojine usljed smanjivanja njenog omjera smjese nego povećavanje prirasta smrčevog dijela, usljed povećanja njenog omjera smjese.

U mješovitim sastojinama jele—smrče—bukve zavisnost prirasta sastojine od omjera smjese još je složenija. Jednostavna je situacija u pogledu njegove zakonitosti od udjela bukve: povećavanjem njenog omjera smjese prirast opada. Povećavanjem udjela jele, uz isti udio bukve, ne povećava se uvijek prirast sastojine, što bi trebalo očekivati na osnovu odnosa čistih jelovih i smrčevih sastojina s obzirom na veličinu prirasta. Tako npr. prirast kombinacije XIX manji je nego kod kombinacije XVI, iako je udio jele u prvoj veći. Isti je odnos između kombinacija XX i XVII. Nasuprot tome, kod kombinacije XXIII veći je udio jele i znatno veći prirast nego kod kombinacije XXI.

Na osnovu naših podataka nije moguće izvršiti egzaktna razmatranja promjena prirasta vrste (njenog dijela sastojine) mijenjanjem njenog omjera smjese, jer bi u tu svrhu trebalo raspolagati „prostorom” koji ona zauzima u sastojini. To znači da bi trebalo poznavati ne samo stvarnu površinu koju vrsta zauzima u mješovitoj sastojini nego i kakav je odnos jedne vrste prema drugim s obzirom na osvjetljenost odnosno na međusobno zasjenjivanje. Na obuhvatanje ovih faktora nije se moglo ni pomisliti u okviru naših radova. Pitanje je da li bi se ono moglo s uspjehom sprovesti s obzirom na metodološku stranu. Uprkos svemu tome, pokušaćemo ipak da učinimo nešto u tom pogledu. Radi toga smo preračunali priraste vrsta na „čiste” sastojine na izloženi način.

PRIRAST ZAPREMINE SASTOJINE  
(Bestandesmassenzuwachs)

Kombinacija (Kombination):		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Omjer smjese	jela (Tanne):	1,0	—	—	0,2	0,4	0,6	0,8	0,2	0,4	0,6	0,8
(Anteil der	smrča (Fichte):	—	1,0	—	0,8	0,6	0,4	0,2	—	—	—	—
Baumarten)	bukva (Buche):	—	—	1,0	—	—	—	—	0,8	0,6	0,4	0,2
Prirast po ha u m <sup>3</sup>	jela (Tanne):	9,98	—	—	2,04	3,60	5,30	7,46	1,89	3,35	5,05	7,29
(Zuwachs je ha in	smrča (Fichte):	—	6,56	—	5,76	4,44	2,79	1,73	—	—	—	—
m <sup>3</sup> :	bukva (Buche):	—	—	5,20	—	—	—	—	4,67	3,36	2,26	1,39
	Svega:	9,98	6,56	5,20	7,80	8,04	8,09	9,19	6,56	6,71	7,31	8,69
Preračunati prirast	jela (Tanne):				10,02	9,00	8,84	9,33	9,45	8,38	8,42	9,11
vrste na njen omjer	smrča (Fichte):				7,20	7,40	6,98	8,65	—	—	—	—
smjese 1,0 (umge-	bukva (Buche):				—	—	—	—	5,84	5,60	5,65	6,95
rechnerer Zuwachs												
der Baumarten auf												
ihren Anteil 1,0):												

XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII
—	—	—	—	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8
0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,4	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1	0,1
0,8	0,6	0,4	0,2	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0,1	0,3	0,1
—	—	—	—	2,14	2,15	2,06	3,61	3,52	5,27	5,15	7,38
1,58	3,36	5,01	6,21	5,15	3,55	1,58	3,42	1,52	2,47	0,74	1,18
4,18	3,23	2,06	0,97	1,31	2,45	3,58	0,98	2,17	0,38	1,64	0,88
5,76	6,59	7,07	7,18	8,60	8,15	7,22	8,01	7,21	8,12	7,53	9,44
—	—	—	—	10,70	10,75	10,30	9,03	8,80	8,79	8,59	9,23
7,90	8,30	8,35	7,67	8,58	8,88	7,90	8,55	7,60	8,24	7,40	11,80
5,23	5,38	5,15	4,85	6,55	6,12	5,96	4,90	5,42	3,80	5,47	8,80



Pri istom srednjem prečniku i približno istoj visini, najveću zapreminu po  $m^2$  projekcija kruna imaju smrčeva stabla, a najmanju bukova. Jela u tom pogledu stoji nešto iza smrče. To znači da bi uz isti procentualni udio s obzirom na masu drveta, trebalo da bukva zauzima najveću površinu u mješovitoj sastojini, a smrča najmanju. Tako npr. na ha mješovite sastojine kombinacije XIX bukva zauzima više od  $2.000 m^2$  a jela i smrča manje od po  $4.000 m^2$ , koliko bi, s obzirom na omjer smjese, na njih otpadalo. Isto tako u mješovitoj sastojini XVIII kombinacije bukva zauzima veću površinu od  $6.000 m^2$ . Ali relativna razlika između te površine i  $6.000 m^2$  je manja nego između one koju zauzima u mješovitoj kombinaciji XIX i  $2.000 m^2$ . To je toliko očividno da to ne treba dokazivati. Dovoljno je da ukažemo na to, da smanjivanjem udjela jele i smrče na nulu, bukva zauzima onoliku površinu kolika proizilazi iz omjera smjese, tj. da spomenutih razlika nestaje, kako i apsolutno tako i relativno.

Ostalo nam je još da ukažemo na to da razlike o kojima je bila riječ nisu onakve kakve bi trebalo da proizilaze samo na osnovu odnosa između vrsta s obzirom na zapreminu stabla po  $m^2$  njegove projekcije krune. Ne treba gubiti iz vida da bukva bolje izdržava zasjenu nego jela, a ova opet bolje nego smrča, i da će zbog toga biti veći dio bukovih kruna koji će biti zasjenjen jelovim stablima nego obratno, te da će biti isto tako veći dio jelovih kruna koji će biti zasjenjen smrčevim stablima nego obratno. Ta činjenica doprinosi otupljivanju razlika o kojima je bila riječ.

Prema tome, obračunati prirasti u tri posljednje alineje 17. tablice nisu realni. Oni imaju karakter samo računskih veličina. Ipak će nam poslužiti korisno za naša dalja izlaganja.

Jela (zapravo jelov dio) u mješovitim sastojinama jele—smrče ima nešto manji prirast nego u čistim jelovim sastojinama. S obzirom na to da u ovim sastojinama jela zauzima nešto veću površinu od one koja proizilazi iz omjera smjese, trebalo bi se dobiti preračunavanjem na „čistu“ sastojinu veći prirasti nego što su dobiveni analizom za stvarno čiste sastojine. Vjerovatno je tome doprinijelo veće zasjenjivanje jelovih stabala u mješovitim sastojinama nego u čistim jer su, kako smo konstatovali ranije, smrčeva stabla viša nego jelova.

U mješovitim sastojinama jele—bukve jela zauzima manje površine od onih koje proizilaze iz omjera smjese. Zbog toga se ne bi mogao izvesti zaključak da jela ima u ovim sastojinama manje priraste, zato što su njeni oreračunati prirasti manji nego u čistim sastojinama.

U mješovitim sastojinama jele—smrče—bukve, jela ili zauzima stvarno onu površinu koja proizilazi iz omjera smjese ili nešto manju, već prema tome kakav je udio smrče u sastojini. Ako je udio ove velik, tj. ako je udio bukve malen, onda će se javiti prvi slučaj, a u obratnom slučaju drugi. S obzirom na to, kao i s obzirom na međusobni odnos preračunatih prirasta na čiste sastojine i stvarnih čistih sastojina, mogli bismo izvesti zaključak da je prirast jele u mješovitim sastojinama jele—smrče—bukve veći nego u njenim čistim sastojinama, ako je njen udio malen (Kombinacija XVI, XVII, XVIII). A ako je veći, onda je prirast ili jednak ili nešto manji.

Za razliku od jele, smrča ima znatno veći prirast u sastojinama jele—smrče nego u svojim čistim sastojinama. S obzirom na to da u njima smrča zauzima manju površinu od one koja proizilazi iz omjera smjese, preračunavanjem na čistu sastojinu dobio bi se manji prirast nego u čistim. Budući



da se to nije dogodilo, mora biti prirast u mješovitim sastojinama jele—smrče, veći nego u čistim smrčevim sastojinama. Ovoj pojavi doprinijela je činjenica da su smrčeva stabla viša nego jelova, ali ne postoji osnova za tvrdnju da se razlika u prirastu javila jedino zbog tog razloga.

Na osnovu analognih odnosa može se zaključiti da je prirast smrče također veći u mješovitim sastojinama smrče—bukve i jele—smrče—bukve, nego u čistim smrčevim sastojinama. U ovim mješovitim sastojinama smrča stvarno zauzima manju površinu od one koja proizilazi iz omjera smjese i zbog toga je njen stvarni prirast po ha veći od onog koji se dobio preračunavanjem na čistu sastojinu. Kako je ovaj veći nego u stvarnim čistim sastojinama, to mora biti prirast smrče u mješovitim sastojinama smrča—bukva i jela—smrča—bukva znatno veći nego u čistim smrčevim sastojinama. Po našem mišljenju, ove razlike se ne bi mogle objasniti, kao i kod mješovitih sastojina jele—smrče, u cjelosti povoljnijim uslovima s obzirom na osvjetljenost smrčevih stabala u mješovitim sastojinama nego u čistim smrčevim sastojinama.

S obzirom na to da u mješovitim sastojinama bukva zauzima stvarno veću površinu od one koja proizilazi na osnovu omjera smjese, logično je da bi njeni prirasti u mješovitoj sastojini, preračunati na čiste, morali ispasti veći nego u njenim stvarnim čistim sastojinama. Naravno, ako se uzme u obzir samo površina. U svim takvim slučajevima ne možemo zaključiti da li bukva prirašćuje bolje u mješovitim ili u čistim sastojinama jer ne znamo kakav je odnos između površine koju ona stvarno zauzima i one koja proizilazi iz omjera smjese. Ali ako je njen preračunati procent na čistu sastojinu manji od prirasta stvarno čistih bukovih sastojina ili mu je jednak ili samo nešto veći, onda je prirast bukve u mješovitim sastojinama manji nego u čistim bukovim sastojinama.

Takvu situaciju imamo u mješovitim sastojinama smrče—bukve i za neke kombinacije mješovitih sastojina jele—smrče—bukve (XIX, XX, XXI, XXII). Razlog treba tražiti u velikom zasjenjivanju bukovih stabala od strane smrčevih stabala.

Naročito je karakteristično, da je prirast smrče mnogo veći u mješovitim nego u čistim sastojinama i da se, zahvaljujući tome, u mješovitoj sastojini jele—smrče—bukve sa malim udjelom bukve može mijenjati udio jele u znatnoj mjeri, a da to ne izazove neke naročite promjene u prirastu sastojine.

## 2) Veličina zapreminskog prirasta sastojine

Za obračun zapreminskog prirasta izradili smo također tablice. Njihovom primjenom biće uklonjeni oni nedostaci koji bi se javili ako bi se u tu svrhu neposredno upotrebile dobivene regresivne funkcije.

Prilikom njihove izrade, pojednostavili smo posao u odnosu na onaj koji je izvršen pri izradi tablica za obračun zapremine i broja stabala sastojine. I ovdje je, kao i tamo, definisan uticaj srednjeg prečnika pojedinih vrsta u funkciji za srednji omjer smjese. Stoga je trebalo najprije utvrditi kako se mijenja uticaj (odnosno naši faktori) ovih taksacionih elemenata usljed promjena udjela vrste.

Ako je npr. u pitanju prirast jele, onda povećavanjem njenog udjela treba da se povećava i uticaj njenog srednjeg prečnika. Kako se već zbog samog povećavanja udjela jele povećava i njen prirast, to će doći i do po-



većanja uticaja i njenog srednjeg prečnika ako se primjeni izloženi postupak množenja sa faktorima. Prema tome, ovdje se problem ne javlja.

Problem se javlja kod uticaja srednjeg prečnika — da ostanemo kod iste vrste drveta — smrče i bukve. Konstatovani njihovi uticaji na prirast jele odnose se na prosječni omjer smjese za one parcele kod kojih su one participirale. Ovaj je iznosio: jela 0,48, smrča 0,18 i bukva 0,34. Nagibom krivulje, određena je veličina njihovog uticaja. Ako se udio smrče odnosno bukve smanjuje, smanjivaće se i nagib krivulja. Kad on padne na nulu, preći će one u horizontalni pravac. Uticaj će se izgubiti, a naši će faktori poprimiti vrijednosti od 1. Ako se udio smrče i bukve povećava iznad prosječnih, i uticaj bi se morao povećavati. Ali to ne znači da bi se javilo i apsolutno povećanje prirasta jele, jer takvo povećavanje može da prati smanjivanje udjela jele, a s time i njenog prirasta, jer je uticaj udjela jele znatno veći nego uticaj srednjeg prečnika smrče odnosno bukve.

Promjene uticaja srednjeg prečnika smrče i bukve, povećavanjem njihovog udjela iznad prosječnog, zanemarili smo. Uzeli smo kao da je isti kao i uz prosječni omjer smjese. Naprotiv, promjene koje se javljaju smanjivanjem udjela smrče i bukve od prosječnog omjera smjese na 0,0 uzeli smo u obzir kod izrade tablica, i to na bazi pretpostavke da smanjivanje uticaja teče linearno.

Greške koje proizilaze iz jednog i drugog su neznatne jer je uticaj srednjih prečnika smrče i bukve na prirast jele malen.

Na isti način je postupljeno kod drugih vrsta.

Tablice za obračun prirasta sastavljene su iz tri dijela: tablica faktora omjera smjese i sklopa, tablica boniteta staništa i srednjeg prečnika vrste čiji se prirast utvrđuje i tablica omjera smjese i srednjih prečnika ostalih dviju vrsta. Prve dvije imaju po dva ulaza, a treća četiri. Iz svake se očitava, po jedan faktor, čijim se međusobnim množenjem dobiva prirast vrste.

Obračunati korelacioni faktori iznose za jelu 0,828, za smrču 0,900 i za bukvu 0,870 ako se obračun zapreminskog prirasta odnosno residiuma izvrši neposredno na bazi funkcije, a ako se to izvrši na bazi tablica, on iznosi za jelu 0,872, za smrču 0,909 i za bukvu 0,880.

Korelacioni koeficijenti su vrlo visoki, što ukazuje na to da su funkcijama odnosno tablicama vrlo dobro obuhvaćene zakonitosti promjena prirasta vrsta, usljed promjena drugih taksacionih elemenata koji su uzeti kao nezavisni faktori.

Radi sticanja približnog uvida u amplitudu variranja zapreminskih prirasta prebornih sastojina zbog razlika u veličini taksacionih elemenata, obračunali smo ih za 15 karakterističnih kombinacija. Dobiveni rezultati su izneseni na tablici 18. U zagradi su navedeni srednji prečnici vrste koji se uzimaju kao ulazi prilikom utvrđivanja trećeg faktora.

Prilikom izbora kombinacija birani su oni taksacioni elementi (kao zavisni faktor) pri kojim će se javiti, pored srednjih, ekstremne veličine prirasta. Izuzetak predstavlja sklop. Uzet je kod svih onaj stepen sklopa koji je najbliže normalnom, uzevši u prosjeku sve tri vrste i sve bonitete staništa.

U težnji da se obuhvati uopće moguća amplituda, uzeli smo i takve kombinacije koje ne bi trebalo da se javljaju kod srednjeg šumskog gospodarenja. Tako npr. ne bi se smjelo događati, da srednji prečnik bude u lošim stanišnim uslovima veći nego u boljim, a pogotovo ne da razlika između

ZAPREMINSKI PRIRAST SASTOJINE  
(Bestandesmassenzuwachs)

Kombinacija (Kombination):		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Omjer smjese (Baumartenanteil):	jela (Tanne):	1,0	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
	smrča (Fichte):	—	—	—	1,0	1,0	1,0	—	—	—	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
	bukva (Buche):	—	—	—	—	—	—	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2
Sklop (Beschirmungsgrad):	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Bonitet staništa (Höhenbonität):	jela (Tanne):	I	III	V	—	—	—	—	—	—	I	III	V	I	III	V
	smrča (Fichte):	—	—	—	I	III	V	—	—	—	I	III	V	I	III	V
	bukva (Buche):	—	—	—	—	—	—	I	III	V	II	III	V	I	III	V
Srednji prečnik (Mittelstamm):	jela (Tanne):	20	30	40	—	—	—	—	—	—	20(40)	30	40(20)	20(40)	30	40(20)
	smrča (Fichte):	—	—	—	20	30	40	—	—	—	20(20)	30	40(40)	20(20)	30	40(40)
	bukva (Buche):	—	—	—	—	—	—	20	30	40	20(40)	30	40(20)	20(40)	30	40(20)
Prirast u m <sup>3</sup> po ha (Zuwachs in m <sup>3</sup> je ha):	jela (Tanne):	13,95	9,94	4,23	—	—	—	—	—	—	5,68	3,48	1,62	7,05	4,32	2,01
	smrča (Fichte):	—	—	—	9,10	6,67	3,85	—	—	—	2,45	1,50	0,82	4,06	2,43	1,35
	bukva (Buche):	—	—	—	—	—	—	8,65	5,70	4,24	3,88	2,40	1,32	1,64	1,02	0,55
	Σ	13,95	9,94	4,23	9,10	6,67	3,85	8,65	5,70	4,24	12,01	7,38	3,76	12,75	7,77	3,91



srednjih prečnika iznosi 20 cm. Normalno bi bilo da srednji prečnik za najlošija staništa iznosi oko 20 cm, a za najbolja oko 30 cm.

Kako se vidi iz podataka tablice, amplituda je znatna; kod čistih jelovih sastojina i kod mješovitih sastojina jele—smrče—bukve prirasti pri „najpovoljnijoj konstelaciji ostalih taksacionih elemenata“, približno su tri puta veći nego pri „najnepovoljnijoj“. Kod čistih smrčevih i čistih bukovih sastojina amplituda je relativno uža.

Vrlo je teško vršiti upoređenja naših rezultata sa rezultatima do kojih su došli naši i strani autori u pogledu veličine prirasta prebornih sastojina. Prvo, zbog toga, što njihovi rezultati počivaju na izvornom materijalu vrlo skromnog obima, vrlo često na materijalu koji je snimljen na nekoliko parcela, i drugo, zbog toga što je prilikom obrade primijenjen sasvim drugi metod rada.

Između njih je Mitscherlich raspolagao najobimnijim materijalom (28). Budući da je on odbacio visine stabala kao indikator boniteta staništa i budući da je primijenio sasvim drugi metod rada prilikom analiza (zavisnost prirasta parcela od udjela jele, zavisnost prirasta jele od raspodjele stabala u sastojini i dr.), nismo u mogućnosti da izvršimo upoređenja na solidnijim osnovama. Na osnovu upoređenja prirasta jednih i drugih parcela, uzevši ih u cjelini, stiče se utisak da su prirasti stalnih oglednih parcela Badena i Württemberga za 15—20% veći nego kod naših parcela. Ovo se odnosi samo na jelu i smrču, pri čemu smo uzeli kao bazu prirast smrče u mješovitim sastojinama. Ali budući da on nije dao visinske krivulje, ovo treba uzeti sa rezervom. Tome u prilog ne ide jedna okolnost.

Mitscherlich je na osnovu svojih analiza došao do zaključka, da ne postoji razlika između prebornih i jednodobnih sastojina u pogledu prinosa. Prema najnovijim Wiedemann-Schoberovim prinostnim tablicama, prosječni prirasti za srednje stanišne prilike iznose:

kod čistih jelovih sastojina 8,7 m<sup>3</sup> uz produkcionni period od 150 g.

kod čistih smrčevih sastojina 7,6 m<sup>3</sup> uz produkcionni period od 120 g.

kod čistih bukovih sastojina 5,6 m<sup>3</sup> uz produkcionni period od 140 g.

Ako se uporede ovi podaci sa našim podacima iz tablice 18, za kombinacije I, II i III, onda proizilazi da su naši prirasti veći kod jele za 1,1 m<sup>3</sup> ili 13%, a kod smrče manji za 0,9 m<sup>3</sup> ili za 12%. Kod bukve ne postoje skoro nikakve razlike. Ako bi se kao baza uzeo prirast jele i smrče u mješovitim sastojinama, onda bi se spomenute razlike smanjile (vidi desni krak grafa uticaja omjera smjese jele na slici 31!).

Isto tako je vrlo teško vršiti upoređenja naših rezultata, u pogledu prirasta, sa prirastima švajcarskih stalnih oglednih parcela. Kod njih se kreće prirast od cca 4 do 14 m<sup>3</sup>, u zavisnosti od boniteta staništa i udjela jele odnosno smrče. U tim granicama se kreću prirasti i naših parcela.

Jedini zaključak koji bi se mogao sigurno povući je taj, da su prirasti naših čistih smrčevih sastojina doista niži nego u srednjoj i zapadnoj Evropi. Razlog treba, po našem mišljenju, tražiti prvenstveno u tome, što je udio starih smrčevih stabala vrlo velik, stabala koja su odrasla u prašumskim uslovima.

Upoređenja sa rezultatima ispitivanja, koja su izvršena u zemlji, ne bi imala nikakve praktične vrijednosti zbog malog broja parcela. Na osnovu eventualnih razlika ne bi se mogli povući nikakvi zaključci, jer bi razlike stajale u okviru normalnog variranja.

## V PROCENT PRIRASTA ZAPREMINE SASTOJINE

Procent prirasta predstavlja za šumara vrlo značajan taksacioni element zbog mnogih razloga. Nema potrebe da ovdje ulazimo u njih. Ono što je u vezi sa procentom prirasta najznačajnije i što bi moglo pružiti osnove za cjelishodno djelovanje šumarskog stručnjaka kao ekonomista, ostalo je neobrađeno. To je zavisnost procenta prirasta od drugih taksacionih elemenata. Sa utvrđivanjem zavisnosti i objašnjenjem dolazi se do osnova za rad u spomenutom pravcu. Prvenstveno radi toga, obrađen je procent prirasta u ovom radu.

Kao polazni materijal poslužili su procenti prirasta koji su utvrđeni kod pojedinih parcela. Broj parcela je iznosio:

za jelu . . . . .	261
za smrču . . . . .	196
za bukvu . . . . .	324

Prilikom obračuna procenta prirasta za pojedine parcele nije uzeta u obzir zapremina uraslih stabala.

Prilikom regresivne analize obuhvaćeni su kao nezavisni faktori sljedeći taksacioni elementi: bonitet staništa i srednji prečnik vrste čiji se procent prirasta razmatra, srednji prečnici i omjeri smjese za druge dvije vrste — čime je, kako je već u nekoliko navrata naglašeno, obuhvaćen i omjer smjese razmatrane vrste — i, na kraju sklop. Najprije je primijenjen metod najmanjih kvadrata, a zatim su metodom sukcesivnih aproksimacija uklonjeni nedostaci rješenja koji su dobiveni. Dobili smo sljedeće:

### Regresivne funkcije za procent prirasta zapremine sastojine (Regressionsfunktionen der Bestandesmassenprozenten):

#### Jela (Tanne):

$$y = -0,08 \cdot x^2 + 0,59 \cdot x - 3,52 \cdot \varphi^4 + 19,52 \cdot \varphi^3 - 29,48 \cdot \varphi^2 - 14,7 \cdot \varphi + 3,7 \cdot \gamma^2 - 3,31 \gamma - 0,78 \cdot \lambda^4 + 8,54 \cdot \lambda^3 - 8,36 \cdot \lambda^2 + 0,71 \cdot \lambda + 0,00635 \cdot d_j^2 - 0,5385 \cdot d_j - 0,00095 \cdot d_s^2 + 0,0865 \cdot d_s - 0,00135 \cdot d_b^2 + 0,1195 \cdot d_b + 6,69$$

#### Smrča (Fichte):

$$y = 0,028 \cdot x^2 + 0,003 \cdot x + 4,02 \cdot \varphi^4 - 6,4 \cdot \varphi^3 + 0,74 \cdot \varphi^2 + 0,447 \cdot \varphi - 1,08 \lambda^2 + 0,7 \cdot \lambda + 0,0048 \cdot d_s^2 - 0,4 \cdot d_s - 0,0055 \cdot d_j - 0,0005 \cdot d_b^2 + 0,027 \cdot d_b + 7,77$$

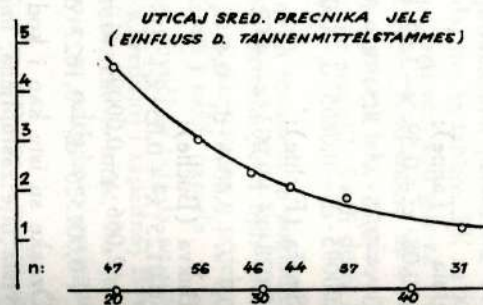
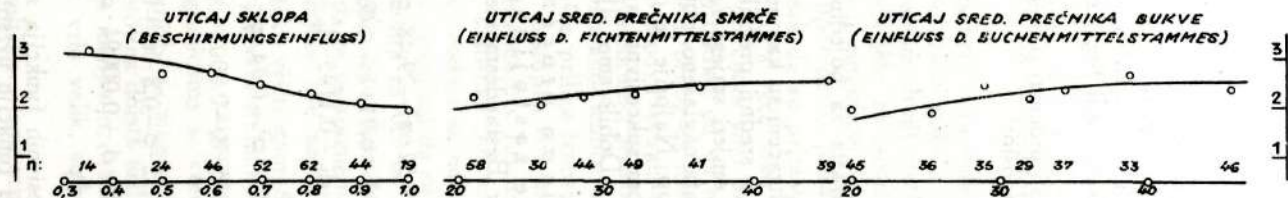
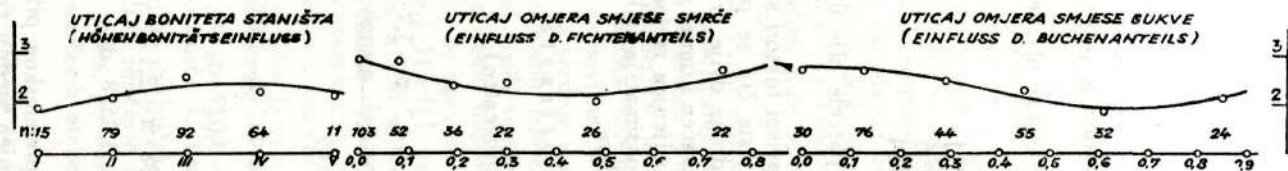
#### Bukva (Buche):

$$y = 0,0125 \cdot x^2 + 0,05 \cdot x + 1,3 \cdot \varphi^3 - 3,72 \cdot \varphi - 0,8 \cdot \pi^2 + 0,38 \cdot \pi + 2,172 \cdot \gamma^2 - 2,066 \cdot \gamma - 0,00094 \cdot d_j^2 + 0,0544 \cdot d_j + 0,00091 \cdot d_s^2 - 0,0598 \cdot d_s + 0,001526 \cdot d_b^2 - 0,1627 \cdot d_b + 7,73$$

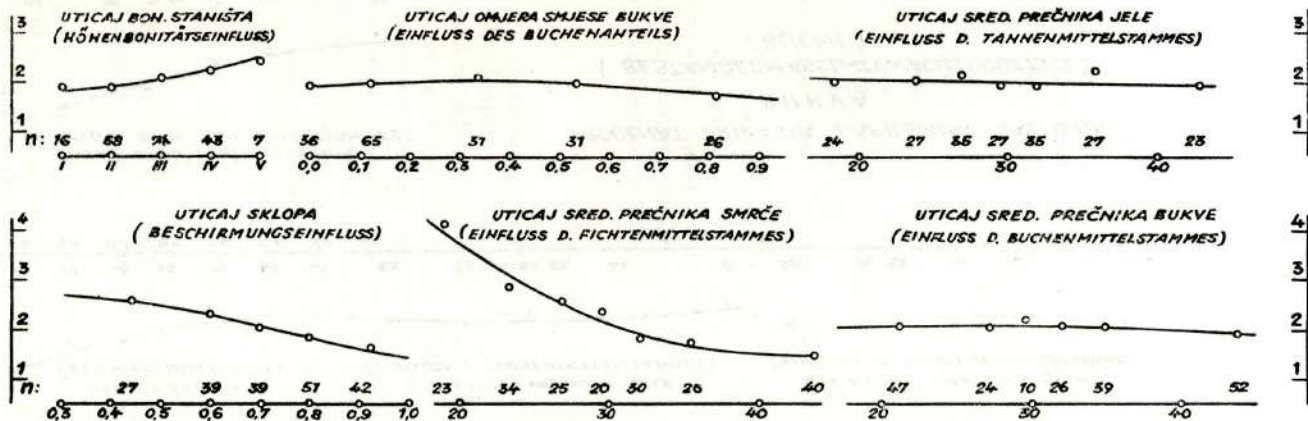
Oznake su iste kao i kod regresivnih funkcija zapreminskog prirasta. Ako vrsta nije zastupljena, ima se u funkciju uvrstiti njen srednji prečnik koji je naveden u prethodnom poglavlju.

(Die Bezeichnungen sind dieselben wie in den Regressionsfunktionen für den Bestandesmassenzuwachs. Falls der Anteil einer von Baumarten gleich





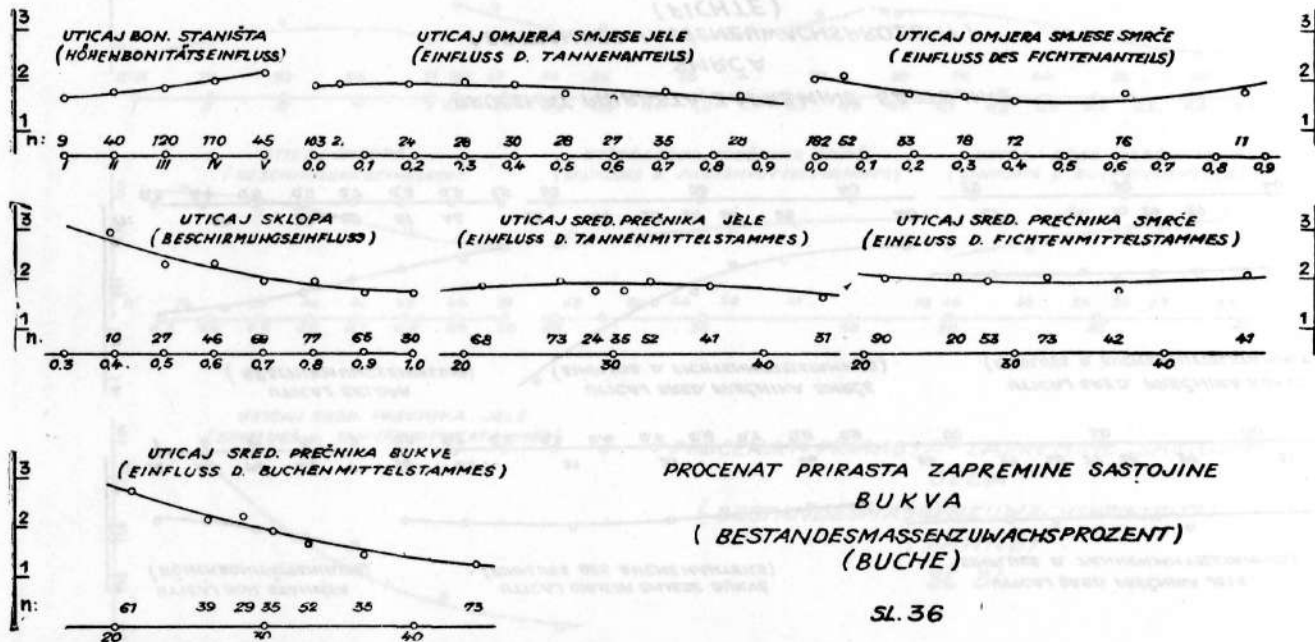
PROCENAT PRIRASTA ZAPREMINE SASTOJINE  
JELA  
(BESTANDESMASSENZUWACHSPROZENT)  
(TANNE)  
SL 34



PROCENAT PRIRASTA ZAPREMINE SASTOJINE  
SMRČA  
(BESTANDESMASSENZUWACHSPROZENT)  
(FICHTE)

SL.35





Null ist, hat man in die Funktion ihren durchschnittlichen Mittelstamm unserer Parzellen einzusetzen. Ihre Grössen sind im Kapitel des Bestandesmassenzuwachses gegeben).

## 1) Uticaj taksacionih elemenata na procent prirasta

### a) Uticaj boniteta staništa

Izuzevši jelu na potezu od IV do V bonitetnog razreda, povećava se procent prirasta usljed opadanja boniteta staništa. To je i razumljivo ako se ima u vidu, da se opadanjem boniteta staništa povećava debljinski prirast kod većine debljinskih stepenova. Debljinski prirast je, naime, vrlo uticajan faktor na veličinu prirasta u apsolutnom iznosu, pa, prema tome, i na procent prirasta. Kako se opadanjem boniteta staništa smanjuje i visina stabala, dakle, i zapremina sastojine, to je i taj faktor imao isti pravac djelovanja kao i debljinski prirast. Ispoljavanje jednog i drugog je u izvjesnoj mjeri otupljeno priraščivanjem stabala u visinu. Konstatovali smo, naime, da se za naše tri vrste prirast stabala u visinu smanjuje opadanjem boniteta staništa, što sa svoje strane ima obratno djelovanje u odnosu na djelovanje prva dva faktora.

Spomenuti izuzetak kod jele javio se zbog toga, što se opadanjem boniteta staništa od III na V bonitetni razred, debljinski prirast ili neznatno povećava ili smanjuje. Zahvaljujući tome, kao i smanjivanju prirasta u visinu smanjivanjem boniteta staništa, javilo se i opadanje procenta prirasta zapremine na spomenutom potezu.

### b) Uticaj sklopa

Uticaj ovog taksacionog elementa na procent prirasta je vrlo velik kod sve tri vrste. Opadanjem sklopa, procent prirasta se naglo povećava zato, što se povećava i debljinski i visinski prirast. S obzirom na tok toga povećavanja, bukva se razlikuje znatno od druge dvije vrste. Kod jele i smrčce povećavanje procenta prirasta smanjivanjem stepena sklopa, počevši sa potpunim, progresivno teče do stepena 0,7, a dalje ono progresivno opada. Kod bukve progresivno povećavanje, koje je u početku vrlo malo, teče sve do stepenova koji su bili zastupljeni u našim parcelama, tj. sve do stepena 0,3. Ovu pojavu treba smatrati abnormalnom a javila se iz istog razloga pomoću koga smo objasnili gotovo isti tok krivulje uticaja sklopa na debljinski prirast.

### c) Uticaj srednjeg prečnika

Ovdje treba razlikovati dva slučaja: uticaj srednjeg prečnika vrste čiji se procent prirasta zapremine razmatra i uticaje srednjih prečnika za ostale dvije vrste.

Uticaj prvog je vrlo velik na procent prirasta zapremine. Smanjivanjem srednjeg prečnika vrste, progresivno se povećava procent prirasta njene zapremine. To je i logično ako se ima u vidu da se smanjivanjem srednjeg prečnika povećava prirast vrste, a smanjuje njena zapremina.

S obzirom na opći tok tog povećavanja, nema razlike između naše tri vrste. Između njih postoji razlika s obzirom na veličinu povećanja procenta



prirasta usljed opadanja prečnika za 1 cm. Ovo je najveće kod jele, a najmanje kod bukve.

U pogledu uticaja srednjeg prečnika drugog slučaja postoje znatne razlike između vrsta.

Procent prirasta zapremine jele povećava se povećavanjem srednjeg prečnika smrče i bukve, i to dosta znatno. Iz toga proizilazi da bi moralo biti veće zasjenjivanje jelovih stabala (svih debljinskih stepenova zajedno) ako su smrčeva i bukova brojnija, uprkos tome što su, uzevši u prosjeku tanja i prema tome i niža.

Uticaj srednjih prečnika jele i bukve na procent prirasta smrče je malen. Povećanjem srednjeg prečnika jele procent prirasta smrče se jednolično smanjuje, a povećanjem prečnika bukve on se najprije nešto povećava, a zatim opada. Uticaj srednjih prečnika jele i smrče na procent prirasta bukve je također malen. Povećavanjem srednjeg prečnika jele, procent prirasta bukve se najprije povećava, a zatim opada. Obratno je sa uticajem srednjeg prečnika smrče, tako da se povećanjem prečnika jednog i drugog prečnika ne mijenja procent prirasta zapremine bukve.

#### d) Uticaj omjera smjese

Uticaj omjera smjese je vrlo složen. Stoga će se uvid u to najlakše dobiti na bazi nekoliko karakterističnih kombinacija s obzirom na omjer smjese. Uzeli smo iste kombinacije kao i kod razmatranja zavisnosti zapreminskog prirasta od omjera smjese (tablica 17). Obračun procenta izvršen je na bazi stepena sklopa od 0,7 i prosječnih veličina za ostale taksacione elemente. Rezultati su izneseni u tablici 19.

PROCENT PRIRASTA ZAPREMINE  
(Massenzuwachsprozent)

Tablica 19

Kombinacija (Kombination):	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
Omjer smjese (Anteil der Baumarten):												
jela (Tanne)	1,0	—	—	0,2	0,4	0,6	0,8	0,2	0,4	0,6	0,8	
smrča (Fichte)	—	1,0	—	0,8	0,6	0,4	0,2	—	—	—	—	
bukva (Buche)	—	—	1,0	—	—	—	—	0,8	0,6	0,4	0,2	
Procent prirasta (Massenzuwachsprozent):												
jela (Tanne)	3,36	—	—	3,07	2,67	2,59	2,82	2,59	2,47	2,81	3,23	
smrča (Fichte)	—	2,01	—	2,01	2,01	2,01	2,01	—	—	—	—	
bukva (Buche)	—	—	2,04	—	—	—	—	2,08	2,06	1,98	1,84	
	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI	XXII	XXIII
	—	—	—	—	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,6	0,6	0,8
	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,4	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1	0,1
	0,8	0,6	0,4	0,2	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0,1	0,3	0,1
	—	—	—	—	2,54	2,03	1,93	2,46	2,26	2,66	2,72	3,05
	1,87	2,04	2,12	2,11	2,11	2,12	2,04	2,11	2,12	2,07	2,13	2,07
	1,72	1,58	1,60	1,78	1,64	1,62	1,77	1,60	1,75	1,57	1,80	1,65

Procent prirasta jele je najveći u njenim čistim sastojinama. U mješovitim sastojinama jele—smrče i jele—bukve on je samo nešto manji nego

u čistim, ako je udio smrče odnosno bukve vrlo malen. Povećavanjem udjela ovih dviju vrsta, najprije se procent jele smanjuje, a poslije se povećava. U sastojinama jele—bukve, to je povećavanje vrlo malo. U mješovitim sastojinama jele—smrče—bukve, procent prirasta jele je uglavnom to manji što je njen udio manji i što je udio bukve veći.

Uticaj udjela jele na procent prirasta smrče je neznatan i stoga je zanemaren.

Kako se vidi iz podataka, procent prirasta smrče ne podliježe velikim promjenama ako se mijenja omjer smjese. U mješovitim sastojinama u kojim je zastupljena bukva veći su procenti prirasta smrče nego u čistim smrčevim sastojinama i u mješovitim sastojinama jele—smrče. Povećavanjem udjela bukve povećava se procent prirasta smrče. Ali kada udio bukve pređe 0,5, onda se javlja njegovo opadanje.

Procent prirasta bukve je manji u mješovitim sastojinama jele—bukve ako je udio jele manji od 0,5. U čistim bukovim sastojinama je samo nešto manji. U mješovitim sastojinama jele—bukve, sa većim udjelom jele od 0,5, mješovitim sastojinama smrče—bukve i jele—smrče—bukve, procent prirasta bukve je znatno manji.

Onim istim obrazloženjima, pomoću kojih smo objašnjavali zavisnost debljinskog prirasta od omjera smjese, mogu se uglavnom objasniti i ove pojave, jer procent prirasta sastojine u najvećoj mjeri zavisi od debljinskog prirasta stabala.

## 2) Veličina procenta prirasta

Tablice prirasta su izrađene na isti način kao i tablice zapreminskog prirasta.

Budući da procent prirasta sastojine zavisi od dva varijabilna faktora, zapremine sastojine i njenog zapreminskog prirasta, to je on mnogo varijabilniji. Zbog toga su i korelacioni koeficijenti procenta prirasta mnogo niži nego koeficijenti kod zapreminskog prirasta i zapremine. Oni iznose:

Vrst drveta:	jela	smrča	bukva
po regresivnim funkcijama:	0,657	0,604	0,580
po tablicama:	0,692	0,669	0,627

Radi sticanja uvida u amplitudu variranja procenta prirasta, obračunali smo ga za 15 karakterističnih kombinacija i rezultate iznijeli na tablici 20. Srednji prečnik vrste u zagradi uzet je onda kao ulaz kada se radilo o utvrđivanju procenta prirasta drugih dviju vrsta.

Podaci pokazuju da je amplituda procenta prirasta vrlo velika. Najveća je kod jele, a najmanja kod bukve. Kod jele je moguće da procent prirasta bude skoro 10 puta veći u slučaju „najpovoljnije“ konstelacije taksacionih elemenata (koji su uzeti kao nezavisni faktori) nego u slučaju kad je ona „najnepovoljnija“. Kod smrče taj relativni odnos iznosi oko 3,5, a kod bukve oko 3.

Ova pojava ukazuje jasno koliko su proizvoljne tendencije da se uzme procent prirasta kao neka opća norma za kontrolu kontinuiteta gospodarenja prilikom izrade uređajnih elaborata. Naročito onda, ako se to protegne i na sastojine.



## PROCENT PRIRASTA

Tablica 20

Kombinacija		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
Omjer smjese	jela:	1,0	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
	smrča:	—	—	—	1,0	1,0	1,0	—	—	—	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
	bukva:	—	—	—	—	—	—	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2
Sklop:	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Bonitet staništa	jela:	I	III	V	—	—	—	—	—	—	I	III	V	I	III	V
	smrča:	—	—	—	I	III	V	—	—	—	I	III	V	I	III	V
	bukva:	—	—	—	—	—	—	I	III	V	I	III	V	I	III	V
Srednji prečnik	jela:	4,0	3,0	2,0	—	—	—	—	—	—	40(30)	30	20(30)	40(30)	30	20(30)
	smrča:	—	—	—	4,0	3,0	3,0	—	—	—	40(20)	30	20(40)	40(20)	30	20(40)
	bukva:	—	—	—	—	—	—	4,0	3,0	2,0	40(20)	30	20(40)	40(20)	30	20(40)
Procent prirasta	jela:	1,51	3,56	6,15	—	—	—	—	—	—	0,65	2,28	4,68	0,82	2,60	5,14
	smrča:	—	—	—	1,35	2,15	4,60	—	—	—	1,45	2,25	4,71	1,44	2,26	4,69
	bukva:	—	—	—	—	—	—	1,35	2,22	3,61	1,31	1,89	3,22	1,23	1,75	2,98

Kao i kod nekih drugih taksacionih elemenata, nismo u mogućnosti da uporedimo naše rezultate sa rezultatima do kojih su došli naši i strani autori zbog istih razloga koje smo ranije naveli.

Na kraju bilo bi korisno da podvučemo da je procent prirasta kod prebornih sastojina dobrog prebornog sastava, tj. kod onih koje su formirale sistematski provedene doznake na bazi usvojenih principa kroz duže periode, znatno manji pri boljim nego pri lošijim stanišnim uslovima, i to iz dva glavna razloga. Prvo, zbog toga što je na boljim staništima udio debelih stabala veći (10), i prema tome, veći srednji prečnik vrste čiji se prirast razmatra. Ovaj faktor je, kako smo vidjeli, vrlo uticajan i stoga se moraju javiti znatne razlike između sastojina u pogledu procenta prirasta ako se njihovi srednji prečnici mnogo razlikuju.

## F) TAČNOST ODREĐIVANJA TAKSACIONIH ELEMENATA POMOCU FUNKCIJA ODNOSNO TABLICA

U literaturi, koliko nam je poznato, još nije detaljno razrađena metodika rada za utvrđivanje greške vrlo složenih regresivnih funkcija, onakvih kakve smo mi imali. Stoga bismo najvećim dijelom morali sami da krčimo put ako bismo se odlučili na utvrđivanje tačnosti koja će se ostvariti prilikom korišćenja dobivenih funkcija odnosno tablica u vezi s utvrđivanjem razmatranih taksacionih elemenata u praksi. To bi zahtijevalo još ogroman utrošak sredstava i vremena, čime nismo raspolagali. Osim toga nismo raspolagali ni sa potrebnom opremom za izvođenje ogromnih računskih radnji, kod kojih se traži velika tačnost. U kojoj mjeri bi to bio složen posao, vidi se i po tome što je utvrđivanje greške krivulje visina bilo već dosta složeno, iako se radilo samo o jednom nezavisnom faktoru (prečniku) i o svega 3 parametra. Mi smo imali regresivnih funkcija sa 8 nezavisnih faktora i 20 parametara.

Uprkos tome što nismo obrađivali taj problem, moći ćemo, zahvaljujući sticaju prilika, nešto reći o tačnosti koju možemo očekivati prilikom korišćenja tablica za utvrđivanje najvažnijeg taksacionog elementa, zapreminskog prirasta sastojine.

Veličina greške koja će se učiniti tom prilikom sastoji se, kao i kod utvrđivanja visine stabala (sl. 3), iz greške regresivne funkcije i analogne greške onoj koja je definisana formulom broj (3) u poglavlju D/1/1/b.

Greške funkcije su najmanje za prosječne veličine taksacionih elemenata koje su uzete kao nezavisni faktori. Što se njihova veličina više udaljuje od prosječnih (za sve parcele) i što je veći broj takvih taksacionih elemenata, greška funkcije je veća. Najveća je kod njihovih ekstremnih veličina.

Greške druge kategorije ne bi trebalo da budu, uzevši relativno, velike. U praksi će se na osnovu funkcija odnosno tablica utvrđivati zapreminski prirasti za odsjeke odnosno odjeljenja. Njihova prosječna veličina, kako smo vidjeli, iznosi 38 ha. To znači da će se raditi o utvrđivanju prosječne veličine prirasta vrste drveta za 38 slučajeva od po 1 ha i da će se stoga kod spomenute formule, po pravilu, javljati znatna veličina u nazivniku. U većini slučajeva zbog toga neće biti velika greška druge kategorije, tako da



sveukupna greška neće premašiti dvostruki iznos greške same funkcije ni u slučajevima kad se ova javlja kao minimalna.

Radi ocjene greške regresivnih funkcija zapreminskog prirasta sastojine, poslužit ćemo se podacima o korelacionim koeficijentima funkcija visina stabala i o njihovim greškama za naša tri odjeljenja iz poglavlja D/1/1/b.

Korelacioni koeficijenti za ove funkcije iznose: za jelu 0,925, za smrču 0,940 i za bukvu 0,924. Oni su, kako vidimo, vrlo visoki.

Na bazi 95% vjerovatnoće, relativne greške funkcija visina stabala za ta odjeljenja iznose:

Debljinski stepen:	15	30	45	55
kod jele:	± 4,2	± 1,9	± 4,4	± 8,4 %
kod smrče:	± 5,6	± 2,1	± 5,4	± 10,4 %
kod bukve:	± 4,8	± 2,9	± 3,1	± 7,0 %

Poznato nam je od ranije da stepen povećavanja greške funkcije visine stabala od srednjih prema najtanjim i prema najjačim debljinskim stepenima, u velikoj mjeri zavisi od raspodjele izmjerenih stabala po debljinskim stepenima.

Veličina relativne greške zavisi, između ostalog, i od ukupnog broja izmjerenih stabala. Veći broj izmjerenih stabala znači manju grešku. Kako je veličina greške kod najtanjih i najjačih debljinskih stepenova znatno uplvisana od spomenute raspodjele izmjerenih stabala, to se uticaj većeg ili manjeg izmjerenog ukupnog broja stabala najsigurnije ispoljava na tačnost funkcije kod srednjih debljinskih stepenova. Zbog toga se za debljinski stepen od 30 cm uglavnom i smanjuje relativna greška od bukve prema jeli, tj., onako kako se povećava ukupan broj izmjerenih stabala.

U veličini relativne greške ispoljava se i korelacioni koeficijent. Što je on veći, to je manja i greška, naravno, uz jednake ostale uslove. To je i razumljivo ako se ima u vidu da je korelacionim koeficijentom izražen na određen način odnos između obračunatih taksacionih elemenata po funkciji odnosno tablicama i utvrđenih na parcelama, dakle, da se i preko njega ispoljava relativna tačnost dobivenih funkcija odnosno tablica.

Zavisnost veličine greške od korelacionog faktora ispoljava se u navedenim podacima. U odnosu na grešku kod jele, nije se javilo ono povećanje greške kod smrče koje bi trebalo očekivati, s obzirom na razlike u ukupnom broju izmjerenih stabala kod jedne i druge vrste. Kod smrče je izmjereno manje za 32% stabala nego kod jele, a kod bukve za 42%. Dok je kod smrče relativna greška veća samo za 0,2% nego kod jele, kod bukve je veća za 1,0%. Ovo odstupanje se javilo uglavnom, zbog toga, što je korelacioni faktor kod smrče veći nego kod jele.

Na osnovu učinjenih napomena mogli bismo nešto reći u pogledu tačnosti regresivnih funkcija odnosno tablica za zapreminski prirast.

S obzirom na to da su kod njih korelacioni koeficijenti nešto niži nego kod funkcija visina stabala i da je kod prvih veći broj parametara, njihove greške bi trebalo da budu veće, a s obzirom na to da je znatno veći broj slučajeva od kojih se pošlo (broj parcela u odnosu na broj izmjerenih visina stabala), trebalo bi da njihove relativne greške budu manje. Vrlo je vjerovatno da su prva dva faktora uticajnija i da bi, prema tome, trebalo očekivati nešto veće relativne greške kod regresivnih funkcija nego kod funkcija



visina stabala, ali su isključene velike razlike. Po našoj ocjeni, one neće doseći grešku od  $\pm 5\%$  ako nije velika razlika između veličina zavisnih taksacionih elemenata od njihovih prosječnih veličina za sve parcele, a sveukupna relativna greška prilikom korišćenja tablica u praksi neće u takvim slučajevima doseći  $\pm 10\%$  za slučajeve kod kojih površina odsjeka odnosno odjeljenja ne bi bila mnogo manja od 38 ha. U svim ostalim slučajevima jedne i druge greške biće, naravno, veće.

Zbog znatno nižih korelacionih koeficijenata nego kod funkcija visina stabala nismo u mogućnosti da kod ostalih taksacionih elemenata govorimo određenije o veličini greške njihovih regresivnih funkcija odnosno o veličini greški prilikom njihovog korišćenja u praksi, u cilju određivanja taksacionih elemenata. Greške će biti znatno veće, ali će, po našem mišljenju, ostati u tolerantnim okvirima.

Ostalo nam je još da damo odgovor na pitanje koje smo postavili u poglavlju D/I/1/b: da li postoje osnove za povećavanje broja bonitetnih razreda radi ostvarenja većeg stepena detaljisanja kod bonitiranja staništa ili ne?

Odgovor na ovo pitanje nije teško dati.

Visina stabala za naše tri vrste je na najboljim staništima 1,6 do 1,7 puta veća nego kod najlošijih staništa, a zapreminski prirast je veći na prvim nego kod drugih, kako je ranije navedeno, za jelu 2,2, a za smrču i bukvu je 1,7 puta. Dakle, radi se, kad je u pitanju smrča i bukva, o istoj relativnoj amplitudi za jedan i drugi taksacioni element. Kod prirasta je ona za jelu veća za 1,3 puta nego kod visine stabala. S druge strane, relativne greške su, kako smo malo prije konstatovali, kod regresivnih funkcija za prirast veće nego kod funkcije za visine stabala.

Mi smo ranije konstatovali da ne postoje osnove za povećanje broja bonitetnih krivulja radi ostvarenja veće tačnosti kod utvrđivanja visina stabala, sve dotle dok je u primjeni današnji način rada kod uređivanja šuma. Čak smo rekli da ne možemo opravdati ni sadašnji njihov broj. Navedeni podaci ukazuju na to, da postoje još manje osnove za povećanje broja bonitetnih razreda radi ostvarenja većeg stepena detaljisanja kod bonitiranja staništa odnosno ostvarenja veće tačnosti kod utvrđivanja prirasta. Kod smrče i bukve je to više nego očividno. Kod jele je, istina, nešto veća relativna amplituda prirasta nego visine stabala, ali su zato veće i relativne greške regresivne funkcije tako da ni kod nje ne dolazi u obzir povećanje broja bonitetnih razreda. Takva je situacija za sada. Kad se izmijeni sastav naših prebornih sastojina i kad razradimo bolje funkcije odnosno tablice, vjerovatno će se i one izmijeniti.

## Z U S A M M E N F A S S U N G

### TAXATIONSELEMENTE DER TANNEN—FICHTEN—UND BUCHENPLENTERWÄLDER BOSNIENS

In Bosnien werden alle Tannen-, Fichten- und Buchenhochwälder plenterartig bewirtschaftet. Wegen der Kürze der Periode seitdem man mit der Überführung der Urwälder in die Wirtschaftsform begann, sind die Bestände mit guter Plenterverfassung noch immer selten. Hauptsächlich überwiegen alle möglichen Übergangsformen von den Beständen mit Urwaldcharakteristiken bis zu den typischen plenterartigen Beständen. Ihre Strukturverfassung im konkreten Falle hängt in der Hauptsache von der Länge erwähnter Periode ab.



Verfasser hat als seine Hauptaufgabe die Herstellung der Ertragstabellen übernommen, mittels deren die Zuwachsfeststellung der Plenterbestände verschiedener Verfassung in forstwirtschaftlicher Praxis ermöglicht wird. Da der Zuwachs von vielen Faktoren, von denen man grössere Zahl durch die Taxationselemente umfassen kann, abhängig ist, mussten zur Verwirklichung dieser Aufgabe die Aufnahmen an das Terrain und die Kanzleiberechnungen zur Feststellung verschiedener Taxationselemente erstreckt werden. Das auf solche Weise erhaltene Material wurde zur Erweiterung der Aufgabe ausgenützt, und zwar zur Ausforschung der gegenseitigen Abhängigkeit einzelner wichtigeren Taxationselemente in unseren Verhältnissen, sowie zur Herstellung entsprechender Tabellen für ihre praktische Bestimmung.

Die Tabellen werden als separate Edition veröffentlicht werden.

In verschiedenen Standorten — und Bestandesverhältnissen sind 383 temporäre Probeflächen je ca 1 ha gelegt worden, auf denen Taxationsaufnahmen durchgeführt wurden.

## I TAXATIONSELEMENTE DER BÄUME

### 1) Baumhöhen

Auf jeder Probefläche werden die Höhen aller Bäume gemessen und die Höhenkurve für jede Holzart graphisch konstruiert. Erhaltene Höhenkurvenzahl betrug: für Tanne 219, für Fichte 165, und für Buche 274. Auf Grund der Höhenbonitätsdisposition, die heute in der Praxis angewandt wird, wurden die Höhenkurven in fünf Klassen gruppiert und für jede solche Gruppe durchschnittliche Baumhöhe stärkefenweise festgestellt. Erhaltene Angaben sind im Bild 1 dargestellt. Nach den durchgeführten graphischen Ausgleichungen entlang der Kurven und zwischen denselben wurden die Resultate erhalten, die Tafel 4 enthält.

Auf diese Weise erhaltene Höhenkurven wurden als Basis für die Herstellung der Massentarife verwendet und werden als Anzeiger zur Standortbonitierung einzelner Bestände verwendet werden. Verfasser hat einen Versuch gemacht, auf Grund der Fehler, die bei der Bestimmung der Höhe für den Stärkeklassenmittelstamm in Praxis gemacht werden, zu beweisen, dass es nicht möglich sei fünf Tarife bzw. fünf Höhenbonitätsklassen unter der Anwendung gegenwärtiger Methoden in Forsteinrichtungspraxis zu rechtfertigen und dass die Tendenzen zur Vergrösserung ihrer Zahl im Grunde keine Berechtigung haben.

Erhaltene Resultate zeigten dass die Höhenbonitätskurven, die in Bosnien heute angewandt werden, in bezug auf ihren Lauf nicht reel sind. Dagegen stimmen sie mit den Höhenkurven von Prodan in diesem Sinne ziemlich gut überein (31).

Sie bestätigen nicht den Befund von Flury, dass die Standortunterschiede keine bemerkbare Differenzierung der Höhenkurven bei den Stärkestufen von 8—25 cm verursachen (10). Wie es aus der Tafel 4 hervorgeht, ist fast dieselbe relative Differenzierung bei allen Stärkestufen unserer drei Holzarten, festgestellt worden, ausgenommen nur die Stärkestufe von 10 cm für Tanne, bei der diese Differenzierung zweimal kleiner ist als bei anderen. Demgemäss hat die Empfehlung von Flury hinsichtlich der Benutzung der Höhenkurventeile oberer Stärkeklassen zur Bonitierung, keine Berechtigung.

In Tannen-, Fichten- und Buchenmischbeständen sind im Durchschnitt die Fichtenbäume höher als Tannenbäume, und zwar um 7—10% bei Stärkestufe von 15 cm und um 4—6% bei der Stärkestufe von 65 cm. Bei erster Stärkestufe sind die Buchenbäume um 10—20% höher als die Tannenbäume und bei der zweiten niedriger um 7-12%.

### 2) Schirmfläche einzelner Bäume

Zur Erforschung der Abhängigkeit der Baumschirmfläche von anderen Taxationselementen als unabhängigen Faktoren, ist die Methode der Regressionsanalyse angewandt worden. Erste Lösung wurde auf Grund der gewählten Funktionen für den Einfluss einzelner Taxationselemente mittels der Methode kleinster Quadrate erhalten, die dann mit der Methode sukzessiver Approximation verbessert wurde. Als unabhängige Faktoren waren Baumstärke, Höhenbonität, Beschirmungsgrad und Bestandesmittelstamm angenommen. Da sich der Einfluss der Beschirmung und des Bestandesmittelstammes mit der Baumstärkeveränderung sehr viel ändert, wurden Regressionsanalysen zuerst stärkefenweise durchgeführt und dann wurde der Einfluss der Baumstärke mittels graphischer Methoden in Betracht einbezogen.

Die entsprechenden Aufnahmen sind nicht auf allen Parzellen durchgeführt, sondern nur auf cca 40% von ihnen. Als Grundmaterial für die Analysen sind die baumartenweise graphisch konstruierten Baumschirmflächenkurven einzelner Parzellen angenommen.

Die erhaltenen Regressionsfunktionen sind in Tafel 11 angeführt und Einflusskurven einzelner Taxationselemente als unabhängige Faktoren sind in Bildern 5—8 dargestellt. Mit  $n$  ist die Parzellenzahl bezeichnet. Der Abstand eines jeden von Punkten, die mit kleinen Kreisen bezeichnet sind, bis zur Kurve ist gleich der durchschnittlichen Residuumsgrösse der angeführten Parzellenzahl ( $n$ ).

Bei der Berechnung der Korrelationskoeffiziente wurde in die Formel, die Ezekiel empfiehlt (9) und die im Kapitel D/II/2 angeführt ist, die Parameterzahl derjenigen Funktion eingesetzt, mittels welcher es alle vier unabhängige Taxationselemente gleichzeitig zu erfassen möglich sein wird. Dabei wurde auch die entsprechende Vergrößerung der Residuen durchgeführt.

Gesetzmässigkeiten hinsichtlich der Abhängigkeit der Baumschirmfläche von erwähnten Taxationselementen als unabhängigen Faktoren sind aus den Bildern ersichtlich. Im Bereich der oberen Stärkestufen sind dieselben ziemlich unsicher (kleine Parzellenzahl, besonders kleine Baumzahl).

Interessant ist die Tatsache dass die Tannen — und Fichtenbaumschirmflächen im Durchschnitt um 20—30% kleiner als bei schweizerischen ständigen Versuchsflächen sind. Nach der Meinung des Verfassers ist dies in der Hauptsache die Folge der erwähnten kurzen Periode.

### 3) Stärkezuwachs

Auf jeder Parzelle wurden alle Bäume auf zwei Stellen in der Brusthöhe gebohrt. Für jede Probefläche wurden Stärkezuwachskurven nach Holzarten konstruiert und stärke-stufenweise abgelesene Werte wurden als Grundmaterial angenommen.

Die Regressionsanalysen sind auf ähnliche Weise wie in dem vorangehenden Kapitel durchgeführt. Die Tafeln 12 und 13 enthalten die erhaltenen Regressionsfunktionen, die in Bildern 9—13 graphisch dargestellt sind. Die Taxationselemente, die als unabhängige Faktoren angenommen wurden, sind aus den Regressionsfunktionen bzw. aus den Bildern ersichtlich. Der Bestandesmittelstamm wurde in diesem Falle auf Grund des prozentuellen Anteiles der Stärkenklassen festgestellt. Trotzdem dass der Stärkezuwachs im grossen Masse von der Kronengrösse abhängig ist, wurde dieselbe in die Analysen nicht einbezogen, und zwar deshalb weil in regulärer Forsteinrichtungspraxis die Feststellung keines von ihren bedeutungsvollen Merkmalen in dieser Richtung derzeit in Betracht kommt.

Regressionsfunktionen in unserer Form zeigen wie sich der Stärkezuwachs als abhängiges Taxationselement reel ändert mit der Veränderung der Grösse eines von anderen Taxationselementen, die als unabhängige Faktoren genommen sind, aber unter der Bedingung dass für andere unabhängige Taxationselemente ihre durchschnittlichen Werte in Funktionen eingesetzt werden. Direkt mittels Regressionsfunktionen wird nur annähernder Stärkezuwachs erhalten, wenn sich zwei oder mehrere von unabhängigen Taxationselementen gleichzeitig ändern. Der Fehler ist desto grösser, je grösser die Unterschiede zwischen ihren konkreten und durchschnittlichen Werten sind. Der Verfasser hat ein Verfahren entwickelt, mittels dessen dieser Mangel grösstenteils beseitigt wird. Dasselbe gründet sich auf der Voraussetzung gleicher relativen Veränderung des abhängigen Taxationselements als auch im Falle wenn sich nur ein von den unabhängigen Taxationselementen verändert. Mittels dieses Verfahrens wurden auf Grund der Regressionsfunktionen die Tafeln hergestellt, die für die Feststellung des Stärkezuwachses in der Praxis werden angewandt werden können. Die Beziehung zwischen den Regressionskoeffizienten, von denen der eine direkt auf Grund der erhaltenen Regressionsfunktion und der andere auf Grund solcher Tafeln berechnet ist, gibt die Einsicht in welchem Masse die Resultate durch die Anwendung erwähnten Verfahrens verbessert werden können. Im Falle des Stärkezuwachses wurden diese zweiten Korrelationskoeffiziente aus besonderen Gründen nicht berechnet.

Von den Resultaten, die durch Regressionsanalysen erhalten wurden, sind folgende die wichtigsten:

a) die Bäume der Schwach- und Mittelstärkestufen haben desto grösseren Stärkezuwachs, je die Höhenbonität niedriger ist. Die Bäume der oberen Stärkestufen haben den grössten Stärkezuwachs bei Mittelhöhenbonitäten;

b) der Stärkezuwachs ist grösser bei kleineren Beschirmungsgraden als bei höheren, was selbstverständlich ist;



c) die Bäume der Schwach- und Mittelstärkestufen haben den kleinsten Stärkezuwachs bei den Mittelwerten hinsichtlich des Bestandmittelstammes. Bei oberen Stärkestufen ist der Stärkezuwachs desto kleiner, je der Bestandmittelstamm grösser ist;

d) der Stärkezuwachs der Fichten — und Buchenbäume ist desto grösser, je der Buchenanteil grösser ist. Demgegenüber ist der Stärkezuwachs der Tannenbäume im Hauptzwecke desto grösser, je der Buchenanteil kleiner ist;

e) Der Baumstärkezuwachs kulminiert bei desto kleineren Stärkestufen je die Höhenbonität niedrigerer ist. Die Kulminationsstärkestufen für verschiedene Höhenbonitäten sind aus dem Bild 13 ersichtlich.

#### 4) Höhen-, Massen- und Prozentzuwachs des Baumes. Baummassenzuwachs je m<sup>2</sup> seiner Kronenprojektion. Baumwachstum im Pflenterwald.

Höhen-, Massen- und Prozentzuwachs wurden auf Grund des entsprechenden Stärkezuwachses und der Höhenkurve hervorgeleitet, und zwar mittels der Formeln die in den Kapiteln D/IV, D/V und D/VII angeführt sind<sup>1)</sup>. Baumwachstum wurde auch auf ähnliche Weise ausgeführt.

Von den Resultaten, die in Bildern 15—26 graphisch dargestellt sind, sind die folgenden am wichtigsten:

a) der Höhenzuwachs ist desto kleiner und kulminiert bei desto kleineren Stärkestufen, je die Höhenbonität niedriger ist. Unter gleicher Höhenbonität ist der Höhenzuwachs dem Stärkezuwachs in der Hauptsache proportional. Jedoch kulminiert er bei viel kleineren Stärkestufen als Stärkezuwachs;

b) der Baummassenzuwachs ist grösser bei höheren Höhenbonitäten als bei niedrigeren. Ausgenommen V. Höhenbonitätsklasse, liegen die Kulminationspunkte über den Stärkestufen vom 70 cm;

c) der Baummassenzuwachs je m<sup>2</sup> der Schirmfläche ist desto grösser je höher die Höhenbonität ist. Kulminationspunkte liegen am schlechten Höhenbonitäten bei der Stärkestufe von ca 35 cm und am mittleren bei der Stärkestufe von ca 50 cm. Interessant ist dass dieser Zuwachs fast gleich demjenigen der schweizerischen ständigen Versuchsflächen ist. (1). Demgegenüber ist Baummassenzuwachs kleiner;

d) Baummassenzuwachsprozent ist desto grösser, je die Höhenbonität kleiner ist.

## II BESTANDESTAXATIONSELEMENTE

Als Taxationsgrenze wurde der Brustdurchmesser von 10 cm angenommen.

### 1) Bestandesschirmfläche

#### a) Beschirmungskoeffizient

Unter diesem Begriffe versteht man den Quotienten zwischen der Bodenfläche und der gesammten Bestandesschirmfläche.

Erhaltene Regressionsfunktion mit erforderlichen Erläuterungen hinsichtlich der Bezeichnungen ist im Kapitel E/1/1 angeführt. Einfluss einzelner Taxationselemente, die als unabhängige Faktoren angenommen sind, ist aus dem Bilde 27 ersichtlich. Nur mit der Abhängigkeit des Beschirmungskoeffizienten vom Baumartenanteil ist etwas andere Situation, weil man bei entsprechenden Betrachtungen alle drei Baumarten gleichzeitig umfassen muss.

Der Buchereinbestand hat den kleinsten und Fichtenreinbestand hat den grössten Beschirmungskoeffizient, und zwar 0,743 bzw. 0,877, natürlich wenn für  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $\varphi$  und  $d$  durchschnittliche Werte in drei Regressionsfunktionen eingesetzt werden.

Unter dieser Bedingung für den Tannenreinbestand beträgt er 0,845. Bei den Tannen — Fichten — und Buchenmischbeständen liegen die Beschirmungskoeffizienten im Rahmen der vorerwähnten Koeffizientengrössen.

Erhaltene Resultate sind logisch, wenn man im Auge behält dass die Bäume desto grössere Beschattung aushalten können, je jünger sie sind (je der Bestandesmittelstamm

1) Wegen der Anwendung der konventionellen Bezeichnungen sind sie ohne speziellen Erläuterungen leicht verständlich.



kleiner ist), die Standortverhältnisse besser sind und je der Anteil ausgeprägter Schattenarten grösser ist. Es ist nur eine ausführlichere Erläuterung hinsichtlich des Beschirmungseinflusses erforderlich.

Intensität des diffusen Lichtes ist grösser bei kleinerem als grösserem Beschirmungsgrade. Demzufolge sollte im ersten Falle der Beschirmungskoeffizient kleiner sein, und zwar wegen der besseren Lichtbedingungen zur Erhaltung am Leben einer grossen Zahl der schwachen Bäume unter den Kronen der starken. Andererseits in Fällen mit vollem Beschirmungsgrade sind in unseren Verhältnissen keine Hegemassnahmen durchgeführt. Dass heisst eine grosse Zahl der beschatteten Bäume, aller diejenigen die sich am Leben erhalten könnten. Resultante dieser zwei Faktoren war die Kurve, bei der der erste Faktor an ihrer linken und der zweite an ihrer rechten Seite zum Ausdruck kam.

Wegen der kleinen Zahl von Parzellen, bei denen die entsprechenden Aufnahmen durchgeführt wurden, wie auch wegen der grossen Variabilität, ist die Regressionsfunktion ziemlich unsicher. Korrelationskoeffizient beträgt nur 0,45. Deshalb wurden erwähnte Tafeln nicht zusammengestellt.

### b) Bestandesschirmflächengrösse

Erhaltene Regressionsfunktion mit den erforderlichen Bezeichnungserläuterungen sind im Kapitel E/I/2 angeführt und im Bilde 28 graphisch dargestellt. Korrelationskoeffizient ist gleich 0,792.

Unter gleichem Beschirmungsgrade ist die Abnahme der Bestandesschirmfläche mit der Höhenbonitätsverminderung logisch, weil die Bäume die grösseren gegenseitigen Beschattungen leichter in besseren als in schlechteren Standortverhältnissen aushalten können. Unter gleicher Bedingung vergrössert sich diese Fläche mit der Verminderung des Bestandesmittelstammes deshalb, weil die jüngeren Bäume diese Beschattungen besser als die älteren aushalten können.

Wenn man die Eigenschaften unserer drei Holzarten hinsichtlich ihrer Schattenfestigkeit vor Augen hat, ist ohne weiteres verständlich dass die Bestandesschirmfläche desto grösser sein muss, je der Buchen — und Tannenanteil grösser ist. Bei durchschnittlichen Werten für andere Taxationselemente beträgt sie für den Buchenreinbestand 11090, für den Tannenreinbestand 8790 und für den Fichtenreinbestand 7300 m<sup>2</sup>. In Tannen — Fichten und Buchenmischbeständen liegt die Bestandesschirmfläche in diesem Rahmen.

Auf Grund der Regressionsfunktion ist auf die dargelegte Weise die Tafel hergestellt worden. Gemäss derselben beträgt die Bestandesschirmfläche für folgende Fälle:

$\pi = 0,0; \gamma = 0,0; \lambda = 1,0; x_3 = I, 0; d = 20 \text{ cm}; \varphi = 0,8.$	16.240 m <sup>2</sup>
$\pi = 0,2; \gamma = 0,7; \lambda = 0,1; x_1 = V, 0; x_2 = V, 0; x_3 = V, 0;$	
$d = 25 \text{ cm}; \varphi = 0,6.$	4.985 m <sup>2</sup>

Diese zwei Grössen begrenzen die Amplitude, die annähernd in Wirtschaftswäldern möglich ist.

### 2) Bestandesbaumzahl

Regressionsfunktion mit erforderlichen Erläuterungen hinsichtlich der Bezeichnungen ist im Kapitel E/II angeführt und im Bilde 29 graphisch dargestellt. Korrelationskoeffizient beträgt 0,763, wenn die Residuen mittels Tafeln berechnet werden, und 0,735, wenn dies direkt mittels Regressionsfunktion gemacht wird.

Die Gründe der Bestandeszahlabnahme als Folge der Abnahme des Beschirmungsgrades und der Zunahme des Bestandesmittelstammes sind notorisch, so dass keine besondere Erläuterungen erforderlich sind.

Bei dem Beschirmungsgrade 0,7 und bei den durchschnittlichen Werten für andere unabhängige Taxationselemente beträgt, unserer Regressionsfunktion nach, die Bestandesbaumzahl für den Tannenreinbestand 450, für den Fichtenreinbestand 400 und für den Buchenreinbestand 320. Die erste und dritte Zahl bestimmen den annähernden Rahmen der Bestandesbaumzahl für die Tannen — Fichten — und Buchenmischbestände verschiedenes Holzartenanteils, selbstverständlich unter erwähnten Bedingungen. Die Bestandesbaumzahlvariation als Folge der Holzartenanteilsveränderung verursacht im Grunde die Beziehung der Holzarten hinsichtlich der Kronengrösse und der Beschattungsaushaltungsfähigkeit. Mit Rücksicht auf die erste sollte die Baumzahl des Mischbestandes desto grösser sein, je der Buchenanteil kleiner ist bzw. je der Fichtenan-



teil grösser ist und mit Rücksicht auf die zweite ist die Situation umgekehrt. Mit der Tannenanteilszunahme nimmt die Bestandesbaumzahl deshalb zu, weil diese Holzart im Vergleich mit der Buche kleine Kronen hat und im Vergleich mit der Fichte grosse Beschattung aushalten kann.

Den Tafeln gemäss beträgt die Bestandesbaumzahl für folgende Fälle:

$\pi = 0,0; \gamma = 0,0; \lambda = 1,0; \varphi = 0,7; x_3 = I, 0$ und $d = 45$ cm . . . . .	154 Stück
$\pi = 0,4; \gamma = 0,2; \lambda = 0,4; \varphi = 0,7; x_1 = V, 0; x_2 = V, 0; x_3 = V, 0;$	
$d_j = d_s = d_b = 20$ cm . . . . .	899 Stück

Diese zwei Grössen bestimmen annähernd eine theoretisch noch mögliche Amplitude in Wirtschaftswäldern.

### 3) Bestandesderbholzmassenvorrat

Die Regressionsfunktion ist im Kapitel E/III angeführt und im Bilde 30 graphisch dargestellt. Korrelationskoeffizient ist gleich 0,745, wenn die Residuen auf Grund der Tafeln und 0,724, wenn dieselben nach der Funktion berechnet werden.

Mit der Tannenhöhenbonitätsabnahme nehmen die Tannenbaumhöhen ab, aber gleichzeitig nimmt die Tannenbaumzahl zu. Deshalb haben diese zwei Faktoren gegensätzliche Wirkung hinsichtlich des Bestandesmassenvorrates. Da bei der Fichte und der Buche diese Wirkung beider Faktoren gleichsinnig ist, ist die Fichten- und Buchenhöhenbonität auf den Bestandesmassenvorrat einflussreicher als die Tannenhöhenbonität.

Erhaltener Regressionsfunktion gemäss beträgt der Vorrat vom Tannenreinbestande 394 m<sup>3</sup>, vom Fichtenreinbestande 400 m<sup>3</sup> und vom Buchenreinbestande 316 m<sup>3</sup>. Für andere unabhängige Taxationselemente sind selbstverständlich ihre durchschnittlichen Werte eingesetzt worden. Mit den Holzartenanteilsveränderungen in den Tannen — Fichten — und Buchenmischbeständen ändert sich der Vorrat nicht linear, so dass es Kombinationen gibt, bei denen der Fichtenreinbestand hinsichtlich der Vorratsgrösse überstiegen werden kann. Eine solche ist folgende:

$\pi = 0,3; \gamma = 0,6$  und  $\lambda = 0,1$ . Ihr Vorrat beträgt 458 m<sup>3</sup>.

Der einflussreichste Taxationselement ist der Bestandesmittelstamm nach der Holzart. Mit seiner Zunahme von 20 auf 45 cm nimmt der Vorrat z. B. des Tannenreinbestandes, III Höhenbonität und Beschirmungsgrad 0,7, von 256 m<sup>3</sup> auf 619 m<sup>3</sup> (142%) zu. Bei demselben Beschirmungsgrade und durchschnittlichem Werte für den Mittelstamm steigt der Vorrat bei dem Tannenreinbestande von 305 m<sup>3</sup> auf 510 m<sup>3</sup> (nur 67%), wenn ihre Höhenbonität von V, 0 auf I, 0 erhöht wird.

Unsere Tafeln gemäss beträgt der Vorrat folgender Kombinationen:

$\pi = 0,0; \gamma = 0,0; \lambda = 1,0; x_3 = V,0; \varphi = 0,7$ und $d = 20$ cm . . . . .	119 m <sup>3</sup>
$\pi = 0,4; \gamma = 0,2; \lambda = 0,4; x_1 = I,0; x_2 = I,0; x_3 = I,0; \varphi = 0,7;$	
$d_j = d_s = d_b = 45$ cm . . . . .	937 m <sup>3</sup>

Die erste Zahl stellt das untere und die zweite das obere Extrem.

### 4) Bestandesmassenzuwachs

Regressionsfunktionen mit erforderlichen Erläuterungen hinsichtlich der Bezeichnungen sind im Kapitel E/IV angeführt und in Bildern 31—33 graphisch dargestellt. Korrelationskoeffizienten haben folgende Werte:

Holzarten:	Tanne	Fichte	Buche
Berechnungsweise der Residuen:			
auf Grund der Tafeln	0,872	0,909	0,880
auf Grund der Funktionen	0,828	0,900	0,870

Einfluss der Höhenbonität auf den Zuwachs der Holzarten, wie aus den Bildern ersichtlich ist, ist bedeutend. An I. Höhenbonität ist er grösser als an V. bei der Tanne

2,2 mal, bei der Fichte, und Buche 1,7 mal. In bezug auf gleichaltrige Bestände ist diese relative Amplitude bei der Tanne fast die gleiche (39). Bei der Fichte ist sie 42% und bei der Buche für 48% kleiner (39). Dies ist nach der Meinung des Verfassers zum Teile Folge der Tatsachen, dass unsere Plenterwälder die Eigenschaften der Urwälder hinsichtlich der Beziehung Baumhöhe: Baumdurchmesser im grossen Masse noch behalten haben.

Unsere Ergebnisse bestätigen nicht den Befund von Mitscherlich über die Beziehung zwischen dem Massenzuwachs und der Höhenkurve (28).

Der Massenzuwachs der Holzart nimmt ab, wenn ihr Mittelstamm zunimmt. Dies ist verständlich, wenn man in Betracht zieht die Tatsache, dass im Bestände mit der Mittelstammzunahme der Prozent älterer Bäume steigt.

Den Regressionsfunktionen gemäss nimmt der Zuwachs einer von Holzarten mit der Zunahme der Mittelstämme anderer zwei Holzarten zu. Die Gründe dafür liegen im Umstand, dass bei stärkeren Bäumen das Kronenvolumen je 1 m<sup>3</sup> Baummasse, mittels deren der Baumartenanteil berechnet wird, kleiner als bei den schwächeren Bäumen ist. Bei gleichen Holzartenanteilen sind deshalb die Bäume einer von drei Holzarten weniger beschattet, je die Mittelstämme anderer zwei Arten grösser sind.

Mit der Abnahme des Beschirmungsgrades nimmt der Zuwachs nach der Parabel dritten Grades ab. In dieser Hinsicht gehen aus den Regressionsfunktionen folgende Beziehungen voraus:

Beschirmungsgrad:	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0
Tanne	0,53	0,71	0,87	0,97	1,00
Fichte	0,46	0,70	0,86	0,97	1,00

Unterschied zwischen der Tanne und der Fichte hinsichtlich dieser Zuwachsabnahme ist verständlich, wenn man in Betracht zieht, dass die Kronenergänzung im Laufe der Überführung der Urwälder in die Wirtschaftsform langsamer bei der Fichte als bei der Tanne vor sich geht.

Wie aus dem Bilde erichtlich ist, hat die Beschirmungseinflusskurve der Buche einen Sattel bei den Beschirmungsgraden 0,7 und 0,8, was auf den ersten Blick unverstänglich ist. Dies ist Folge einer Konstellation, die in der Phase der Urwaldüberführung in die Wirtschaftsform in Erscheinung kam. Es wurde nämlich bemerkt, dass bei den Beständen mit den Beschirmungsgraden 0,9 — 1,0 und 0,4 — 0,6 erwähnte Überführungsperiode in der Regel länger als bei jenen mit den Beschirmungsgraden von 0,7 — 0,8 ist. Bei der letzten handelte sich in der Regel um die Bestände, die durch einen plenterartigen Holzschlag in Urwäldern (oder in Wäldern mit grosser Bestockung) entstanden sind. Während der Aufnahmen befand sich die Kronenergänzung bei ihnen am Beginn und deshalb blieb die entsprechende Zuwachszunahme aus.

Zur Einsichtsgewinnung in die Zuwachsveränderungen, die die Veränderungen hinsichtlich des Holzartenanteils verursachen, wurden für 23 Kombinationen die Zuwachsgrössen mittels Regressionsfunktionen berechnet. Ausgenommen den Holzartenanteil, wurden für andere unabhängige Taxationselemente ihre durchschnittliche Werte in der Funktion eingesetzt. Die Resultate sind in der Tafel 17 angeführt.

Die Angaben dieser Tafel bestätigen die bekannte Tatsache, dass der Zuwachs der Tannen — Fichten- und Buchenmischbestände desto grösser ist, je der Tannenanteil grösser und je der Buchenanteil kleiner ist. Bei gleichem Buchenanteil verursacht die Zunahme des Fichtenanteils die Abnahme des Bestandeszuwachses.

Wenn man vor sich hat, dass die Fichte in Tannen — Fichten — und Buchenbeständen kleinere Fläche einnimmt als es nach der Berechnungsweise ihres Anteils hervor geht (sie hat die grössere Baummasse je 1 m<sup>2</sup> der Kronenprojektion als Tanne und Buche), zeugen uns die Tafelangaben der letzten drei Reihen, dass der Zuwachs der Fichte in Mischbeständen grösser als in Reinbeständen ist. In Mischbeständen ist er annähernd gleich ihrem durchschnittlichen Zuwachs der gleichaltrigen Reinbestände mitteleuropäischer Verhältnisse (39). In den Reinbeständen ist er für cca 15% kleiner. Demgegenüber Zuwachs der Tanne in unseren Plenterbeständen ist für 10—15% grösser als in mitteleuropäischen gleichaltrigen Beständen (39). Bei der Buche gibt es keinen bemerkbaren Unterschied (39).

Tafel 18 enthält Zuwachsangaben für einige Kombinationen, bei deren Auswahl man nach der Umfassung der mittleren und extremen Fälle hinsichtlich der Zuwachsgrössen trachtete. Sie sind mittels der Zuwachstafeln berechnet.



## 5) Bestandesmassenzuwachsprozent

Regressionsfunktionen sind im Kapitel E/V angeführt und in Bildern 34—36 graphisch dargestellt. Korrelationskoeffizienten haben folgende Werte:

Holzart:	Tanne	Fichte	Buche
Berechnungsweise der Residuen:			
auf Grund der Tafeln:	0,692	0,669	0,627
auf Grund der Regressionsfunktionen:	0,657	0,604	0,580

Wenn man vor sich hat, dass mit der Höhenbonitätsabnahme bei grösserer Zahl der Stärkestufen der Stärkezuwachs zunimmt und dass der Bestandesvorrat gleichzeitig abnimmt, ist es verständlich dass der Zuwachsprozent mit der Höhenbonitätsabnahme zunehmen muss. Entgegengesetzte Wirkung der gleichzeitigen Höhenzuwachsabnahme als dritter Komponente könnte die Grundrichtung nicht verändern.

Mit der Beschirmungsabnahme nimmt der Zuwachsprozent stark zu. Dies ist verständlich wenn man vor sich hat, dass die Stärke und Höhenzuwachs gleichzeitig auch stark zunimmt.

Hinsichtlich des Einflusses des Holzartenmittelstammes ist jeder Kommentar überflüssig.

Einfluss des Holzartenanteils auf das Zuwachsprozent ist ziemlich kompliziert. Zur Einsichtsgewinnung in die Abhängigkeit des Zuwachsprozenten vom Holzartenanteil sind die Zuwachsprozenten für diejenigen 23 Kombinationen (hinsichtlich des Holzartenanteils), die wir im vorangehenden Kapitel gehabt hatten, mittels Regressionsfunktionen auf die schon mehrmals erwähnte Weise berechnet worden. Die Resultate sind aus der 19. Tafel ersichtlich.

Tannenmassenzuwachsprozent ist in Reinbeständen am grössten. In den Mischbeständen ist er in der Hauptsache desto kleiner je der Buchenanteil grösser ist. Fichtenmassenzuwachsprozent hängt vom Tannenanteil nicht ab. In Fichten — und Buchenmischbeständen sowie in Tannen — Fichten — und Buchenmischbeständen ist ihr Zuwachsprozent in der Hauptsache grösser als in den Reinbeständen. Nur wenn der Buchenanteil sehr gross ist, dann ist ihr Zuwachsprozent kleiner als in Reinbeständen.

Buchenmassenzuwachsprozent in Mischbeständen ist kleiner als in Reinbeständen, und zwar desto kleiner je ihr Anteil kleiner ist.

Tafel 20 enthält die Massenzuwachsprozente für die Fälle, bei deren Auswahl man nach demselben Ziele wie bei der Ausarbeitung der Tafel 18 trachtete. Die Angaben sind natürlich mittels der Zuwachsprozenttafeln berechnet.

## LITERATURA

- 1) B a d o u x, E.: L'allure de l'accroissement dans la forêt jardinée. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, XXVI Band, 1. Heft, Zürich, 1949.
- 2) B u r g e r, H.: Holz, Blatmenge und Zuwachs. Mitteilungen der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, XXII. Band, 2. Heft, Zürich, 1942.
- 3) Č o k l, M.: Kritičan pregled metod za urejane snežniskih gozdov. Zbirke strukovnih in znanstvenih del Inštituta za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije, št. 4. Ljubljana, 1957.
- 4) C r o x t o n, F. and C o w d e n, D.: Applied General Statistics. Prentice — Hall, 1956.
- 5) D r i n i ć, P.: Taksacioni elementi sastojina bukovich prašumskog tipa u Donjoj Drinjači. Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Sarajevu. Sarajevo, 1957.
- 6) D r i n i ć, P.: Taksacioni elementi sastojina jela, smrčice i bukve prašumskog tipa u Bosni. Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Sarajevu. Sarajevo, 1956.
- 7) E i ć, N.: Tabele drvnih masa, temeljnica i druge Sarajevo, 1956.
- 8) E i ć, N.: Nove tabele drvnih masa za smrču, „Narodni šumar“, br. 4—6, 1958.
- 9) E z e k i e l, M.: Methods of Correlation Analysis. New York, John Wiley and Sons. Ins. 1956.
- 10) F l u r y, F.: Über den Aufbau des Plenterwaldes. Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen, XV. Band, 2. Heft, Zürich, 1929.

- 11) Flury, F.: Über die Wachstumsverhältnisse des Plenterwaldes. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das Versuchswesen, XVIII. Band, 1. Heft, Zürich, 1933.
- 12) Flury, F.: Taxatorische Grundlagen zur Forsteinrichtung. Mitteilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forst. Versuchswesen. Band XIV, 3. Heft, Zürich, 1927.
- 13) Francisković, S.: Zastrta površina u prebornoj šumi. Godišnjak Instituta za eksperimentalno šumarstvo Jugoslavenske Akademije, Zagreb, 1958.
- 14) Klepac, D.: Istraživanja dubljinskog prirasta jele u najraširenijim fitocenoza Gorskog kotara. Glasnik za šumske pokuse, br. 12, Zagreb, 1956.
- 15) Klepac, D.: Rezultati iskustva u proredama u Danskoj. Jug. centar za polj. i šum., Beograd, 1960.
- 16) Leiboldgut, H.: Waldbauliche Untersuchungen über den Aufbau von Plenterwäldern. Mitteilungen der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Bd. XXIV.
- 17) Levaković, A.: Analitički izraz za sastojinsku visinsku krivulju. Glasnik za šumske pokuse, 4. Zagreb, 1935.
- 18) Matić, V.: Normalno stanje u jelovim i smrčevim prebornim šumama. Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Sarajevu, 1956.
- 19) Matić, V.: Prirast jele, smrče i bukve u šumama NRBiH. Sarajevo, Zavod za privredno planiranje NRBiH. 1955.
- 20) Mihajlov, I.: Dendrometrija. Skoplje, 1952.
- 21) Miletić, Ž.: Istraživanja širenja (ekspanzije) kruna u prebirnoj sastojini bukve. Glasnik Šumarskog fakulteta, broj 7. Beograd, 1954.
- 22) Miletić, Ž.: Osnovi uređivanja prebirne šume. Knjiga prva. Beograd, 1950.
- 23) Miletić, Ž.: Istraživanja o strukturi bukovih sastojina karaktera prašume. Šumarski list, Zagreb, 1950.
- 24) Miletić, Ž.: Smrekova prašuma binomske strukture na Vel. Vitorozi. Šumarski list, Zagreb, 1931.
- 25) Milin, Ž.: Istraživanje elemenata strukture u bukovoj sastojini karaktera prašume u Južnom Kučaju. Glasnik Šumarskog fakulteta, broj 7. Beograd, 1954.
- 26) Milojković, D. i Mirković, D.: Istraživanja strukture prirasta jele u čistim četinarskim sastojinama na Goču i Tari. Glasnik Šumarskog fakulteta, Beograd, 1955.
- 27) Mirković, D.: Dendrometrija, II izd. Univerzitet u Beogradu. Beograd, 1954.
- 28) Mitscherlich, G.: Der Tannen — Fichten — (Buchen) — Plenterwald. Heft 8 der Schriftenreihe der Badischen forstlichen Versuchsanstalt, Freiburg im Br., 1952.
- 29) Mitscherlich, G.: Der Einfluss der Bestandesdichte auf den Zuwachs der Rotbuche im Nord — und Westdeutschland. Forstw. Centralblatt, 1954.
- 30) Näslund, M.: Die Durchforstungsversuche der forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in Kieferwald, Primärbearbeitung. Meddelanden Fron Statens Skogsforsöksanstalt, Häfte 29, No. 1. 1936.
- 31) Prodan, M.: Normalisierung des Plenterwaldes. Schriftenreihe, der Badischen forstlichen Versuchsanstalt, Heft 7, Freiburg im Br., 1949.
- 32) Prodan, M.: Messung der Waldbestände, Frankfurt a. M., 1951.
- 33) Schultz, H.: The Standard Error of a Forecast from a Curve.
- 34) Šurić, S.: Tablica drvnih masa. Priručnik za šumarske inženjere, Beograd, 1957.
- 35) Walter, H.: Grundlagen der Pflanzenverbreitung, Standortslehre, Stuttgart, 1955.
- 36) Weck, J.: Forstliche Zuwachs — und Ertragskunde, Radebeul, 1955.
- 37) Wiedemann, E.: Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft. Frankfurt am M., 1951.
- 38) Wiedemann, E.: Ertragstafeln der wichtigen Holzarten, Hannover, 1949.
- 39) Wiedemann — Schöber: Ertragstafeln. Hannover. M. u H. Cshaper. 1957.
- 40) —————: Priručnik za šumarske inženjere, Naučna knjiga. Beograd, 1957.



## SADRŽAJ

	Strana
PREDGOVOR . . . . .	5
A) PROBLEM . . . . .	6
B) OPĆE KARAKTERISTIKE IZVORNOG MATE- RIJALA . . . . .	7
C) OPĆENITO O METODICI RADA . . . . .	9
D) TAKSACIONI ELEMENTI STABLA . . . . .	11
I    VISINA STABLA . . . . .	11
1) Krivulja visina stabala . . . . .	11
a) Izrada krivulja visina stabala . . . . .	11
b) Problem broja uređajnih zapreminskih tablica . . . . .	19
c) Nerealnost bonitetnih krivulja koje se primjenjuju u uređajnoj praksi NRBiH . . . . .	29
2) Visine jelovih, smrčevih i bukovih stabala na području Bosne . . . . .	32
3) Odnosi između visina jelovih, smrčevih i bukovih stabala u mješovitim sastojinama ovih vrsta . . . . .	37
4) Uticaj sječa na visinu stabla u sastojini . . . . .	41
II   PROJEKCIJA KRUNE STABLA . . . . .	42
1) Zavisnost projekcije krune stabla od drugih taksacionih elemenata . . . . .	42
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	48
b) Uticaj sklopa . . . . .	52
c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine . . . . .	53
d) Uticaj debljine stabala . . . . .	53
2) Veličina površine projekcije kruna . . . . .	55
III  DEBLJINSKI (GODIŠNJI) PRIRAST . . . . .	58
1) Uticaj taksacionih elemenata na debljinski prirast . . . . .	62
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	62
b) Uticaj sklopa . . . . .	67
c) Uticaj srednjeg prečnika sastojine . . . . .	69
d) Uticaj omjera smjese . . . . .	70
e) Uticaj debljine stabla . . . . .	73
2) Veličina debljinskog prirasta . . . . .	77
IV   GODIŠNJI PRIRAST STABLA U VISINU . . . . .	84
V    GODIŠNJI ZAPREMINSKI PRIRAST STABLA . . . . .	88
VI   ZAPREMINSKI PRIRAST STABLA PO m <sup>2</sup> PROJEKCIJE NJEGOVE KRUNE . . . . .	91
VII  PROCENT PRIRASTA ZAPREMINE STABLA . . . . .	94
VIII MEĐUSOBNI ODNOSI JELE, SMRČE I BUKVE S OBZIROM NA PRIRAST NJIHOVIH STABALA . . . . .	96
IX   RASTENJE STABLA . . . . .	97

E) TAKSACIONI ELEMENTI SASTOJINE . . . . .	104
I PROJEKCIJA KRUNA SASTOJINE . . . . .	104
1) Koeficijent prekrivanja kruna . . . . .	104
a) Zavisnost veličine koeficijenta prekrivanja od veličine drugih taksacionih elemenata . . . . .	106
b) Veličina koeficijenta prekrivanja . . . . .	108
2) Površina projekcije kruna i sastojina . . . . .	109
a) Zavisnost površine projekcija kruna sastojine od veličine ostalih taksacionih elemenata . . . . .	110
b) Veličina površine projekcija kruna i sastojine . . . . .	113
II BROJ STABALA U SASTOJINI . . . . .	115
1) Zavisnost broja stabala od veličine drugih taksacionih elemenata . . . . .	116
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	116
b) Uticaj sklopa . . . . .	118
c) Uticaj omjera smjese . . . . .	118
d) Uticaj srednjeg prečnika vrste . . . . .	119
2) Veličina broja stabala . . . . .	119
III ZAPREMINA STABALA SASTOJINE . . . . .	121
1) Zavisnost zapremine stabala sastojine od veličine drugih taksacionih elemenata . . . . .	123
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	123
b) Uticaj sklopa . . . . .	123
c) Uticaj srednjeg prečnika . . . . .	123
d) Uticaj omjera smjese . . . . .	124
2) Veličina zapremine stabala sastojine . . . . .	124
IV ZAPREMINSKI PRIRAST SASTOJINE . . . . .	125
1) Uticaj taksacionih elemenata na zapreminski prirast . . . . .	127
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	127
b) Uticaj sklopa . . . . .	132
c) Uticaj srednjeg prečnika vrste na njen zapreminski prirast . . . . .	133
d) Uticaj srednjih prečnika drugih vrsta . . . . .	133
e) Uticaj omjera smjese . . . . .	134
2) Veličina zapreminskog prirasta sastojine . . . . .	137
V PROCENT PRIRASTA ZAPREMINE SASTOJINE . . . . .	141
1) Uticaj taksacionih elemenata na procent prirasta . . . . .	145
a) Uticaj boniteta staništa . . . . .	145
b) Uticaj sklopa . . . . .	145
c) Uticaj srednjeg prečnika . . . . .	145
d) Uticaj omjera smjese . . . . .	146
2) Veličina procenta prirasta . . . . .	147
F) TAČNOST ODREĐIVANJA TAKSACIONIH ELEMENTA POMOĆU FUNKCIJA ODNOSNO TABLICA	149
ZUSAMMENFASSUNG . . . . .	151
LITERATURA . . . . .	158