

Bozalo G.:

ZAVISNOST VELIČINE ZAPREMINSKOG PRIRASTA BUKVE U ČISTIM BUKOVIM
SASTOJINAMA I MJEŠOVITIM SASTOJINAMA BUKVE, JELE I SMRČE NA
PODRUČJU BOSNE OD VELIČINE NJENE ZAPREMI NE I DRUGIH TAKSACIO-
NIH ELEMENATA SASTOJINE

DIE ABHÄNGIGKEIT DES MASSENZUWACHSES DER BUCHE IN REINEN BU-
CHENBESTÄNDEN UND MISCHBESTÄNDEN DER BUCHE, TANNE UND FICHTE
IN BOSNIEN VON IHREM VORRAT UND ANDEREN TAXATIONEN ELEMENTEN
DES BESTANDES

S A D R Ź A J

| | Strana |
|---|--------|
| UVOD - - - - - | 5 |
| Osvrt na dosadašnja istraživanja zapreminskog prirasta u Bosni | 6 |
| PREDMET I METOD ISTRAŽIVANJA - - - - - | 10 |
| OSVRT NA IZVORNI MATERIJAL - - - - - | 11 |
| REZULTATI ISTRAŽIVANJA - - - - - | 17 |
| Višestruka korelaciona veza između zapreminskog prirasta bukve i drugih taksacionih elemenata sastojine - - - - - | 17 |
| Pokazatelji višestruke korelacione veze - - - - - | 20 |
| Neto-korelacione veze - - - - - | 21 |
| ANALIZA KORELACIONIH VEZA - - - - - | 24 |
| Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine i boniteta staništa bukve - - - - - | 24 |
| Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine i stepena sklopa sastojine - - - - - | 26 |
| Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine i omjera smjese bukve - - - - - | 29 |
| Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine i omjera smjese jele - - - - - | 31 |
| Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine i srednjeg prečnika bukovih stabala - - - - - | 32 |
| Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine i srednjeg prečnika jelovih i smrčevih stabala zajedno - - - - - | 34 |
| Neto-korelacija tekućeg zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine i veličine zapremine bukovih stabala - - - - - | 35 |
| ZAKLJUČNA RAZMATRANJA - - - - - | 38 |
| ZUSAMMENFASSUNG - - - - - | 41 |
| LITERATURA - - - - - | 46 |

UVOD

Osnovni zadatak šumarstva kao privredne grane sastoji se u trajnom i kvalitetnom zadovoljavanju privrednih (društvenih) potreba za šumskim proizvodima (sortimentima). Proizlazi iz toga da je osnovni cilj gazdovanja šumama postizanje trajne proizvodnje drveta kao sirovinske baze za kontinuelno podmirivanje društvenih potreba ovom sirovinom.

Da bi se izvršila potrebna planiranja u tom domenu neophodni su podaci (pokazatelji) o prinosnim mogućnostima (produktivnosti) šuma.

Osnovni pokazatelj prinosnih mogućnosti šuma je njihov zapreminski prirast. Zbog toga je precizno poznavanje veličine zapreminskog prirasta (kao glavnog pokazatelja produktivnosti šuma) i njegove zavisnosti od drugih faktora, od velikog značaja za šumarsku praksu.

Bez poznavanja veličine zapreminskog prirasta šuma ne može se pristupiti određivanju obima sječa na bazi principa trajnosti gazdovanja šumama, a bez poznavanja njegove zavisnosti od drugih faktora, ne mogu se uspješno rješavati produkciona pitanja, tj. planirati mjere na principu kontinuiteta produkcije.

Zbog toga poznavanje zatečenog zapreminskog prirasta šuma i proučavanje mogućnosti njegovog sistematskog povećanja, radi podizanja i povećanja proizvodnje, predstavlja i danas u šumarstvu jedan od najaktuelnijih problema.

Ža poduzimanje potrebnih šumsko-uzgojnih mjera radi sistematskog povećanja zapreminskog prirasta, tj. prinosnih mogućnosti šuma, neophodan preduslov predstavlja poznavanje zavisnosti njegove veličine od prirodnih uslova i drugih faktora. Sa stanovišta prakse je od posebnog

značaja znati kako zavisi veličina zapreminskog prirasta od onih faktora na koje čovjek može da utiče, da ih mijenja. To su u prvom redu taksacioni elementi sastojine.

Na rasvjetljavanju tih odnosa za šume na području Bosne radili su članovi katedre za Uredjivanje šuma Šumarskog fakulteta u Sarajevu.

OSVRT NA DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA ZAPREMINSKOG PRIRASTA U BOSNI

Sistematska istraživanja i proučavanja zapreminskog prirasta i pored ovako velikog značaja njegovog poznavanja u našoj republici započeta su tek 1953. godine. Do tada, dok su u našim šumama postojale velike zalihe, obim sječa je odredjivan na bazi maksimalno dozvoljenog intenziteta sječa i minimalnih zaliha koje su morale ostati iza sječe. Zbog toga je pri uredjivanju šuma glavni cilj bio da se utvrdi zatečeno stanje drvnih masa pojedinih sastojina. Podaci o veličini prirasta, ukoliko su i postojali u dotadašnjim uredjajnim elaboratima, bili su ocjenjivani pomoću raznih tablica izradjenih na osnovu stranih rezultata istraživanja, za koje se nije znalo da li odgovaraju uslovima naših šuma i u kojoj mjeri odgovaraju. Ta ocjenjivanja bila su vrlo nepouzdana, a za navedeni način odredjivanja etata nisu bila ni potrebna.

Medjutim, smanjenjem drvnih zaliha sastojina, odredjivanje obima sječa na izloženi način nije se više mogao primjenjivati, ako se želilo gazdovati šumama na principu kontinuiteta gazdovanja.

Izmedju ostalog i zbog toga je **M a t i ć V.** sa saradnicima 1953. godine počeo sa sistematskim istraživanjima prirasta i ostalih taksacionih elemenata u šumama na području Bosne. U tu svrhu položen je na teritoriji Bosne veliki broj privremenih oglednih parcela u ekonomski najvažnijim kategorijama šuma.

Na tim parcelama utvrdjivani su, u prvom redu, oni taksacioni elementi za koje se pretpostavljalo da spadaju medju uticajnije na zapreminski prirast sastojine, a da se njihovo utvrdjivanje vrši ili može vršiti pri izradi šumskoprivredne osnove ili se mogu lako odrediti.

M a t i ć, koji je rukovodio poslom, obavio je ispitivanje u šumama jele, smrče i bukve; **V u k m i r o v i ć** u šumama hrasta kitnja-

ka; D r i n i ć u šumama crnog bora i S t o j a n o v i ć u šumama bijelog bora.

Za ispitivanje zavisnosti zapreminskog prirasta sastojine od drugih taksacionih elemenata sastojine u ovim šumama, prikupljen je materijal na:

383 privremene probne površine za šume jele, smrče, bukve (M a - t i ć, 1959.),

71 privremenoj probnoj površini za šume hrasta kitnjaka (V u k m i r o v i ć, 1963.),

56 privremenih probnih površina za šume crnog bora (D r i n i ć 1963.) i

59 privremenih probnih površina za šume bijelog bora (S t o - j a n o v i ć, 1966.).

Od 383 ogledne parcele koje su položene u šumama jele, smrče, bukve, bilo je:

261 parcela u kojima je participirala jela,

198 parcela u kojima je participirala smrča i

324 parcele u kojima je participirala bukva.

Pretpostavka od koje se pošlo bila je sljedeća:

Zapreminski prirast, kao neposredni pokazatelj prinosa mogućnosti šuma, stoji u direktnim ili indirektnim uzročnim vezama sa većim brojem faktora (pojava). Zapravo on se ostvaruje sa dejstvom mnogobrojnih faktora koji su u medjusobno većoj ili manjoj zavisnosti. Jedni druge dopunjuju i uslovljavaju. Svaki od njih ima posebnu težinu i značaj, a karakteristika im je što su u stalnoj dinamici, tako da njihov intenzitet varira. Usljed toga analiza pojedinačnog ili grupnog djelovanja faktora na veličinu zapreminskog prirasta je neobično kompleksan posao, a za nauku i praksu je od ogromnog značaja što preciznije poznavanje te zavisnosti.

Do zadovoljavajućih rezultata ne može se doći ako se istovremeno ne obuhvate "uticaji" svih onih faktora čiji je "uticaj" na veličinu zapreminskog prirasta znatan.

Postupne analize njegove zavisnosti od jednog, drugog i ostalih faktora ne bi dale rezultate koji realno ocrtavaju tu zavisnost. Do real-

nih rezultata može se doći ako se analizom zavisnosti pojave istovremeno obuhvate svi faktori. Takve analize su poznate pod imenom "regresione analize" (6). One nam omogućuju da ustanovimo promjene pojave nastale pod istovremenim djelovanjem više faktora, ili pod "uticajem" jednog faktora a da se "uticaji" ostalih faktora "isključe".

Zbog toga je M a t i ć (i ostali) prilikom ispitivanja zavisnosti veličine zapreminskog prirasta vrste drveta u sastojini od drugih taksacionih elemenata sastojine primijenio metod višestruke korelacije i regresione analize.

S obzirom da je navedeni metod priznat i prihvaćen kao naučni nećemo ovdje opširnije pisati o njemu.

Prilikom analize uzeti su kao nezavisni faktori oni taksacioni elementi sastojine za koje se unaprijed znalo, ili moglo pretpostaviti da znatnije utiču na veličinu zapreminskog prirasta vrste drveta u sastojini, tj. oni taksacioni elementi sastojine sa čijim se uticajem moglo unaprijed računati. Tako je M a t i ć (6) prilikom ispitivanja zavisnosti veličine zapreminskog prirasta vrste od drugih taksacionih elemenata sastojine u šumama jele, smrče i bukve uzeo kao nezavisno promjenljive faktore sljedeće taksacione elemente sastojine:

- bonitet staništa s obzirom na razmatranu vrstu drveća,
- stepen sklopa sastojine,
- omjer smjese vrste čiji prirast se razmatra,
- omjer smjese svakog pojedinog "partnera",
- srednji prečnik vrste čiji prirast razmatramo i
- srednji prečnik svakog pojedinog "partnera".

Radi ilustracije iznijet ćemo ovdje ovako dobivenu funkciju višestruke korelacije za bukvu. Ona glasi:

$$Y = 0,0575 x^2 - 0,875 x + 13,42 \varphi^3 - 24,28 \varphi^2 + 15,365 \varphi - 24,44 \pi^4 + 51,94 \pi^3 - 33,85 \pi^2 + 6,657 \pi + 0,72 x^2 - 1,02 x - 1,0 \lambda^2 + 6,38 \lambda - 0,0002 d_j^2 + 0,139 d_j - 0,00075 d_s^2 + 0,0665 d_s + 0,00136 d_b^2 - 0,1105 d_b - 2,576.$$

U funkciji je označen sa:

Y - zapreminski prirast bukovih stabala,
 x - bonitet staništa s ozbirom na bukvu,
 φ - stepen sklopa sastojine,
 \mathcal{H} - udio jele u zapremini sastojine,
 \mathcal{R} - udio smrče u zapremini sastojine,
 λ - udio bukve u zapremini sastojine,
 d_j - srednji prečnik jelovih stabala,
 d_s - srednji prečnik smrčevih stabala i
 d_b - srednji prečnik bukovih stabala.

Kako se vidi u jednačini višestruke korelacije obuhvaćena je zavisnost zapreminskog prirasta bukovih stabala od:

- boniteta staništa, parabolom drugog reda,
- sklopa sastojine, parabolom trećeg reda,
- udjela jele, parabolom četvrtog reda,
- udjela smrče, parabolom drugog reda,
- udjela bukve, parabolom drugog reda,
- srednjeg prečnika jelovih stabala, parabolom drugog reda,
- srednjeg prečnika smrčevih stabala, parabolom drugog reda i
- srednjeg prečnika bukovih stabala, parabolom drugog reda.

Izračunati koeficijent determinacije, koji iznosi 0,757, ukazuje na to da su odabranom funkcijom, dosta dobro obuhvaćene zakonitosti promjene zapreminskog prirasta bukovog dijela sastojine u čistim bukovim sastojinama i mješovitim sastojinama bukve, jele i smrče.

Prilikom analize zavisnosti veličine zapreminskog prirasta vrste od navedenih taksacionih elemenata sastojine, *M a t i ć* je ne samo konstatovao, nego i dao logična i prihvatljiva objašnjenja konstatovanih pojava.

Rezultati ovoga rada ukazali su nam na mogućnost obuhvatanja analizom jednog od zapostavljenih faktora koji stoji u direktnoj uzročnoj vezi sa zapreminskim prirastom vrste, a to je količina lišća njenih stabala. Ona predstavlja jedan od bitnih uslova za njegovo realizovanje.

Naime, prilikom izvodjenja analiza, izostavio je *M a t i ć* količinu lišća inventarisanih stabala kao nezavisnog faktora, zbog toga što ga nije moguće u redovnoj praksi (kao ni prilikom izvodjenja snimanja u okviru naučnog istraživanja) utvrdjivati. S toga je ostao kao jedini iz-

laz da se ovaj faktor obuhvati posredno pomoću veličine zalihe, kao nezavisnog faktora, koji odražava obraslost.

PREDMET I METOD ISTRAŽIVANJA

PREDMET ISTRAŽIVANJA

Kao što je poznato stepen sklopa sastojine nije jedini pokazatelj obraslosti površine zemljišta šumskim drvećem. Može se desiti da dvije sastojine koje imaju isti stepen sklopa i iste ostale uslove, mogu imati po jedinici površine različit broj stabala, različitu temeljnicu i različitu zapreminu drveta ili drugačije rečeno uz isti broj stabala, istu temeljnicu i istu zapreminu, mogu imati različite stepene sklopa. To zavisi, uglavnom, od veličine krošnji stabala i stepena njihovog medjusobnog prekrivanja.

Za onu sastojinu koja ima, uz iste ostale uslove, veći broj stabala po jedinici površine (ona po pravilu ima i veću temeljnicu i veću zapreminu) kažemo da ima veću o b r a s l o s t.

Sa stanovišta principa kontinuiteta produkcije nas interesuje da li veličina zapreminskog prirasta vrste, pored ostalog, zavisi i od stepena obraslosti zemljišta njenim stablima.

Za preborne šume u Bosni još nije, koliko nam je poznato, na adekvatan način razmatrano to pitanje, iako bi to imalo praktičnu vrijednost za planiranje uopšte a posebno za planiranje produkcije. Zbog toga smo uzeli zadatak da to pitanje, u ovom radu, pokušamo osvijetliti za bukvu, bez pretenzija da ga riješimo do kraja.

Prema tome, predmet rada bi se sastojao u sljedećem: ispitati zavisnost veličine zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine od stepena obraslosti i drugih taksacionih elemenata sastojine u čistim bukovim sastojinama i mješovitim sastojinama bukve, jele, smrče na području Bosne.

METOD ISTRAŽIVANJA

Utvrđivanjem predmeta istraživanja djelimično su predodređeni i metodi za njegovo rješavanje. Ranije smo naglasili da se, ako se is-

tražuje pojava koja varira pod uticajem više faktora, koji međusobno djeluju, do realnih rezultata zavisnosti pojave može doći samo ako se analizom zavisnosti pojave istovremeno obuhvate svi faktori koji je određuju.

Zapreminski prirast je pojava koja zavisi od niza faktora. Da bismo mogli sa uspjehom odgovoriti na postavljeni zadatak prisiljeni smo da prilikom razmatranja zavisnosti veličine zapreminskog prirasta bukve od stepena obraslosti zemljišta njenim stablima uzmemo u razmatranje i ostale taksacione elemente sastojine od kojih zavisi njegova veličina. Zbog toga smo primijenili metod višestruke korelacije i regresione analize.

Obraslost zemljišta šumskim drvećem iskazujemo, kod jednodobnih čistih sastojina, pomoću obrasta, pod kojim podrazumijevamo odnos temeljnice (G_s) ili zapremine (V_s) konkretne sastojine i temeljnice (G_n) ili zapremine (V_n) odgovarajuće sastojine iz prinostnih tablica.

Ovako shvaćen obrast je za preborne šume i naše analize nepodesan.

Medjutim, zbog prirode korelacionih veza, moguće je u korelacionom računu jedan taksacioni element, koji je uzet za nezavisno promjenljivu veličinu, zamijeniti sa nekim drugim elementom, čije su promjene na neki način paralelne promjenama veličine zamijenjenog elementa. Na osnovu toga, mi smo u regresionoj analizi, kao nezavisno promjenljivu veličinu, umjesto obrasta uzeli zapreminu bukovih stabala. Smatrali smo da ćemo na taj način moći pokazati da li zapreminski prirast bukovih stabala u čistim i mješovitim sastojinama bukve zavisi, pored ostalog, i od "gustine" sastojine, tj. obraslosti zemljišta njenim stablima.

OSVRT NA IZVORNI MATERIJAL

Podatke sa privremenih oglednih površina, koji čine osnovni materijal za ova istraživanja ustupio nam je prof. M a t i ć. On je dao inicijativu za ova istraživanja.

Privremene ogledne plohe postavljene su u periodu od 1952. do 1958. godine. Po godinama je izvršeno snimanje sljedećeg broja parcela u šumama bukve, jele i smrče:

| Godina | 1952. | 1953. | 1954. | 1955. | 1956. | 1957. | 1958. | E |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Broj parcele | 2 | 225 | 18 | 54 | 38 | 28 | 18 | 383 |

Detaljno o izboru, načinu postavljanja primjernih parcela, te načinu prikupljanja, sredjivanja i pripreme podataka za analizu M a t i ć je pisao u radovima (5, 6). Mi ćemo ovdje ukazati samo na neke karakteristike toga materijala.

Prilikom raspodjele oglednih ploha težilo se da u ukupnom njihovom broju budu zastupljena sva uža područja unutar areala bukve, jele i smrče na području Bosne, tj. da u materijalu (uzorku) budu zastupljeni svi tipovi ovih šuma.

Pri izboru mjesta oglednih parcela vodjeno je računa, pored ostalog, i o sljedećem:

- da one što bolje obuhvate zavisnost veličine zapreminskog prirasta od drugih taksacionih elemenata sastojine sa kojima operiše u redjajna praksa;

- da ogledne parcele, svaka za sebe, budu homogene s obzirom na stanište i sastojinske prilike,

- da sječa u datoj sastojini nije izvršena posljednjih sedam do deset godina,

- da veličina ogledne parcele bude cca 1 hektar.

Ovakav način izbora parcela nije ni u kom slučaju umanjio njihovu reprezentativnost zbog toga što, kako navodi M a t i ć (6), "lice koje je vršilo izbor mjesta parcela nije moglo ni naslutiti kakav će biti prirast zapremine na jednom mjestu u odnosu na isti taj prirast na drugom mjestu, jer su ostali taksacioni elementi od kojih i zavisi njegova veličina različiti. Ne postoje nikada dvije parcele sa istim ostalim uslovima".

Reprezentativni metod izbora oglednih parcela nije se mogao ni provesti u strogom smislu riječi, bez prethodnog poznavanja strukture površina i taksacionih elemenata tih šuma, tj. bez prethodnog istraživanja ove vrste. Ipak, kako ćemo vidjeti one dobro predstavljaju geomorfološke uslove pod kojim je bukva rasprostranjena u Bosni. To se isto odnosi i na

GEOMORFOLOŠKE I TAKSACIONE KARAKTERISTIKE OSNOVNOG MATERIJALA

Raspodjela privremenih oglednih površina, s obzirom na geomorfološke karakteristike (nadmorsku visinu, ekspoziciju, inklinaciju), data je u tabelama 1, 2 i 3, a raspored oglednih parcela, s obzirom na analizirane taksacione elemente (bonitet staništa, sklopsastojine, omjer smjese bukve, omjer smjese jele, srednji prečnik bukovih stabala, srednji prečnik jelovih i smrčevih stabala zajedno i veličinu zapremine bukovih stabala) u tabelama 4, 5, 6, 7, 8, 9 i 10.

GEOMORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Kao vrsta dosta širokog areala bukva pokazuje vrlo veliku raznolikost u pogledu nadmorske visine, ekspozicije i inklinacije.

RASPODJELA OGLEDNIH PARCELA S OBZIROM NA NADMORSKU VISINU VERTEILUNG DER VERSUCHSFLÄCHEN HINSICHTLICH DER HÖHE Ü.M.

Tabela 1

| Nadmorska visina u m | do- 500 | 501- 700 | 701- 900 | 901- 1100 | 1101- 1300 | 1301- 1500 | 1501 i više | E |
|-------------------------|------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|----------------|-----|
| Broj parcela | 37 | 44 | 65 | 89 | 54 | 27 | 8 | 324 |
| U % | 11 | 14 | 20 | 27 | 17 | 8 | 3 | 100 |

RASPODJELA OGLEDNIH PARCELA S OBZIROM NA EKSPOZICIJU VERTEILUNG DER VERSUCHSFLÄCHEN HINSICHTLICH DER EXPOSITION

Tabela 2

| Ekspozicija | S | SI | I | JI | J | JZ | Z | SZ | Ravno | E |
|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|-----|
| Broj parcela | 58 | 66 | 22 | 17 | 18 | 34 | 45 | 60 | 4 | 324 |
| U % | 18 | 20 | 7 | 5 | 6 | 10 | 14 | 19 | 1 | 100 |

RASPODJELA OGLEDNIH PARCELA S OBZIROM NA INKLINACIJU VERTEILUNG DER VERSUCHSFLÄCHEN HINSICHTLICH DER INKLINATION

Tabela 3

| Inklina- cija ° | Ravno do 5 | 6-10 | 11-15 | 16-20 | 21-25 | 26-30 | 31-35 | 36-40 | E |
|--------------------|---------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| Broj parcela | 40 | 58 | 81 | 57 | 38 | 29 | 18 | 3 | 324 |
| U % | 12 | 18 | 25 | 18 | 12 | 9 | 5 | 1 | 100 |



TAKSACIONE KARAKTERISTIKE

Osnovne jedinice (elementi) uzorka za ova istraživanja su, što se već iz ranijeg izlaganja moglo vidjeti, privremene ogledne površine postavljene u čistim bukovim šumama i mješovitim šumama bukve, jele i smrče na području Bosne.

A. RASPODJELA OGLEDNIH PARCELA PREMA BONITETU STANIŠTA S OBZIROM NA BUKVU VERTEILUNG DER VERSUCHSFLÄCHEN NACH DER HÖHENBONITÄT HINSICHTLICH DER BUCHE

Tabela 4

| Bonitet staništa | I | II | III | IV | V | E |
|------------------|---|----|-----|-----|----|-----|
| Broj parcela | 9 | 42 | 119 | 111 | 43 | 324 |
| U % | 3 | 13 | 37 | 34 | 13 | 100 |

Iako se pri izboru oglednih površina nastojalo što bolje obuhvatiti variranje s obzirom na bonitet staništa bukve, zapaža se, i pored toga, veoma mali broj parcela prvog bonitetnog razreda. Ova činjenica ukazuje na to da su staništa prvog bonitetnog razreda veoma rijetka, što se odrazilo i na zastupljenost parcela toga razreda u uzorku.

B. RASPODJELA OGLEDNIH PARCELA PREMA STEPENU SKLOPA SASTOJINE VERTEILUNG DER VERSUCHSFLÄCHEN NACH DEM BESCHIRMUNGSGRAD DES BESTANDES

Tabela 5

| Stepen sklopa | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | E |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Broj parcela | 8 | 28 | 47 | 70 | 79 | 64 | 28 | 324 |
| U % | 2 | 9 | 14 | 22 | 24 | 20 | 9 | 100 |

Kao izrazita vrsta koja dobro podnosi zasjenu bukva gradi jako sklopljene sastojine čak i u smjesi sa drugim vrstama drveća. Pri izboru oglednih parcela nastojalo se da po mogućnosti budu zastupljeni svi stepeni sklopa.

C. RASPODJELA OGLEDNIH PARCELA PREMA UDJELU BUKVE U ZAPREMINI SASTOJINE (%)
 VERTEILUNG DER VERSUCHSFLÄCHEN NACH DEM BUCHENANTEIL IM DERBHOLZMASSEN-
 VORRAT DES BESTANDES (%)

Tabela 6

| Udio bukve u % | 0-10 | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 | 51-60 | 61-70 | 71-80 | 81-90 | 91-100 | E |
|-------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----|
| Broj parcela | 40 | 33 | 24 | 30 | 26 | 30 | 13 | 14 | 19 | 95 | 324 |
| U % | 12 | 10 | 8 | 9 | 8 | 9 | 4 | 5 | 6 | 29 | 100 |

Na području Bosne nalazimo čiste bukove sastojine i mješovite sastojine bukve i drugih vrsta. U mješovitim sastojinama najčešće su sa bukvom pomiješani jela i smrča, bijeli bor, jasika, breza, javor, grab i dr. Postavljene ogledne površine obuhvataju kako čiste bukove sastojine tako i mješovite sastojine bukve i jele i bukve, jele i smrče.

Razumljivo je da se na raspored površina prema procentualnom udjelu bukve u zapremini sastojine nije moglo u potpunosti uticati prilikom izbora oglednih parcela. Zapaža se mali broj parcela sa udjelom bukve 0,60-0,90, te vrlo veliki broj "čistih" bukovih sastojina.

D. RASPORED OGLEDNIH PARCELA PREMA UDJELU JELE U ZAPREMINI SASTOJINE (%)
 VERTEILUNG DER VERSUCHSFLÄCHEN NACH DEM TANNENANTEIL IM DERBHOLZMASSEN-
 VORRAT DES BESTANDES (%)

Tabela 7

| Udio jele u % | 0-10 | 11-20 | 21-30 | 31-40 | 41-50 | 51-60 | 61-70 | 71-80 | 81-90 | 91-100 | E |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----|
| Broj parcela | 123 | 21 | 22 | 29 | 32 | 25 | 35 | 20 | 14 | 3 | 324 |
| U % | 38 | 6 | 7 | 9 | 10 | 8 | 11 | 6 | 4 | 1 | 100 |

Iz rasporeda oglednih parcela da se zaključiti da su prilično dobro obuhvaćeni svi omjeri smjese jele.

E. RASPORED OGLEDNIH PARCELA PREMA SREDNJEM PREČNIKU BUKOVIH STABALA
 VERTEILUNG DER VERSUCHSFLÄCHEN NACH DEM MITTLEREN DURCHMESSER DER BUCHEN-
 STÄMME

Tabela 8

| Srednji prečnik bukve (cm) | 10- 14 | 15- 19 | 20- 24 | 25- 29 | 30- 34 | 35- 39 | 40- 44 | 45- 49 | 50- 54 | 55 i više | E |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----|
| Broj parcela | 1 | 12 | 39 | 72 | 83 | 50 | 35 | 22 | 5 | 5 | 324 |
| U % | 0 | 4 | 12 | 22 | 25 | 15 | 11 | 7 | 2 | 2 | 100 |

F. RASPORED OGLEDNIH PARCELA PREMA SREDNJEM PREČNIKU JELOVIH I SMRČEVIH
 STABALA ZAJEDNO

VERTEILUNG DER VERSUCHSFLÄCHEN NACH DEM MITTLEREN DURCHMESSER DER TANNEN-
 UND FICHTENSTÄMME

Tabela 9

| Srednji prečnik jele i smrče (cm) | 10- 14 | 15- 19 | 20- 24 | 25- 29 | 30- 34 | 35- 39 | 40- 44 | 45- 49 | 50- 54 | 55 i više | E |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|-----|
| Broj parcela | 0 | 7 | 38 | 65 | 151 | 139 | 15 | 4 | 2 | 3 | 324 |
| U % | - | 2 | 12 | 20 | 46 | 43 | 4 | 1 | 1 | 1 | 100 |

I na raspored parcela prema srednjim prečnicima (bukovih, jelovih i smrčevih stabala) nije se moglo uticati prilikom izbora oglednih parcela. Zbog toga, mala zastupljenost parcela sa tanjim srednjim prečnicima (bukovih, jelovih i smrčevih) stabala takodje ukazuje na stvarno malu zastupljenost takvih sastojina u osnovnom skupu.

G. RASPORED OGLEDNIH PARCELA PREMA VELIČINI ZAPREMI NE BUKOVIH STABALA
 VERTEILUNG DER VERSUCHSFLÄCHEN NACH DEM DERBHOLZMASSENVORRAT DER BUCHEN-
 STÄMME

Tabela 10

| Zapremina bukve u m ³ /ha | Do 50 | 51- 100 | 101- 150 | 151- 200 | 201- 250 | 251- 300 | 301- 350 | 351- 400 | 401- 450 | 451- 500 | 501- više | E |
|---|----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-----|
| Broj parcela | 50 | 36 | 56 | 39 | 35 | 33 | 24 | 16 | 12 | 7 | 16 | 324 |
| U % | 15 | 11 | 17 | 12 | 11 | 10 | 8 | 5 | 4 | 2 | 5 | 100 |

I raspored oglednih parcela prema zapremini bukovih stabala je, kako se vidi, dosta ravnomjerno raspoređen, iako se o tome prilikom izbora parcela nije moglo u potpunosti voditi računa.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

VIŠESTRUKA KORELACIONA VEZA IZMEDJU ZAPREMINSKOG PRIRASTA BUKVE I DRUGIH TAKSACIONIH ELEMENATA SASTOJINE

Zadatak rada nije široko postavljen, ali smo mi zbog prirode samog problema morali izvršiti analizu kompleksnog uticaja, odnosno višestruke korelacione veze, između veličine zapreminskog prirasta i drugih taksacionih elemenata sastojine.

Od drugih taksacionih elemenata uzeli smo uz neznatne izmjene one koje je u svojim analizama uzео M a t i ć. Kako smo vidjeli, M a t i ć je prilikom ispitivanja zavisnosti zapreminskog prirasta bukve od drugih taksacionih elemenata, kao nezavisno promjenljive veličine uzео sljedeće taksacione elemente:

- bonitet staništa s obzirom na bukvu,
- udio bukve u zapremini sastojine,
- stepen sklopa sastojine,
- srednji prečnik bukovih stabala,
- udio jele u zapremini sastojine,
- udio smrče u zapremini sastojine,
- srednji prečnik jelovih stabala i
- srednji prečnik smrčevih stabala.

Dakle, ukupno osam faktora.

Mi smo izvršili pojednostavljenje na taj način, što smo u analizu umjesto pojedinačnih srednjih prečnika jelovih i smrčevih stabala uzeli njihov zajednički srednji prečnik, a od omjera smjese drugih vrsta uzeli smo samo omjer smjese jele.

Na taj način smo smanjili broj nezavisno promjenljivih veličina, a time smanjili i pojednostavili posao, a da se pri tome odnosi istraživanih pojava, ubijedjeni smo, nisu bitnije promijenili. Izostavlja-

njem omjera smjese smrče, srednjeg prečnika jele i srednjeg prečnika smrče, opšta funkcija je čak dobila znatno u pogledu elasticiteta (fleksibilnosti).

Prema tome, kao nezavisno promjenljive faktore uzeli smo sljedeće taksacione elemente:

- bonitet staništa s obzirom na bukvu,
- stepen sklopa sastojine,
- omjer smjese bukve,
- omjer smjese jele,
- srednji prečnik bukovih stabala,
- srednji prečnik jelovih i smrčevih stabala zajedno i
- veličinu zapremine bukovih stabala.

Navedeni taksacioni elementi su izraženi uobičajenim načinima, tj.:

- zapreminski prirast u m^3/ha ,
- bonitet staništa rednim brojevima 1-5,
- stepen sklopa sastojine u desetim dijelovima 04-1,0,
- omjeri smjese (na bazi drvne mase) u stotim dijelovima 0,05-1,00,
- srednji prečnici u santimetrima i
- zapremina bukovih stabala u m^3/ha .

Ako se zavisnost veličine zapreminskog prirasta bukve od spomenutih taksacionih elemenata izrazi matematički dobije se slijedeća opšta korelaciona jednačina.

$$Y = f(x_1) + f(x_2) + f(x_3) + f(x_4) + f(x_5) + f(x_6) + f(x_7) \quad (1)$$

gdje je:

- Y - zapreminski prirast bukovih stabala,
- x_1 - bonitet staništa s obzirom na bukvu,
- x_2 - stepen sklopa sastojine,
- x_3 - omjer smjese bukve,
- x_4 - omjer smjese jele,
- x_5 - srednji prečnik bukovih stabala,
- x_6 - srednji prečnik jelovih i smrčevih stabala zajedno i
- x_7 - zapremina bukovih stabala u sastojini.

Kako se vidi prilikom rješavanja problema, čiste bukove sastojine nisu izdvojeno tretirane, nego su svrstane u mješovite. Tako, npr. čista bukova preborna sastojina je tretirana kao mješovita sastojina kod koje je $x_3 = 1,00$; $x_4 = 0,00$ i $x_6 = 30$.

Pri regresionim analizama kao prvi zadatak nameće se izbor oblika funkcije za pojedine faktore, koji će najbolje izražavati "uticaj" svakog pojedinog faktora na veličinu zapreminskog prirasta. Iovdje je za račun realnosti izvršeno pojednostavljenje u odnosu na Matičeve funkcije.

Naime, na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja Matića (6) i ostalih (3, 17, 18) i na osnovu stručno logičkog razmatranja, pretpostavili smo da se "uticaj" svakog pojedinačnog faktora na zapreminski prirast "bukovog dijela" sastojine može dobro izraziti funkcijom oblika parabole drugog reda ($y = a + bx_1 + cx_1^2$). Na taj način, opšta jednačina višestruke korelacije (1) dobila je ovaj oblik:

$$\hat{Y} = a + b_1x_1 + c_1x_1^2 + b_2x_2 + c_2x_2^2 + b_3x_3 + c_3x_3^2 + b_4x_4 + c_4x_4^2 + b_5x_5 + c_5x_5^2 + b_6x_6 + c_6x_6^2 + b_7x_7 + c_7x_7^2 \quad (2)$$

Rješenjem sistema normalnih jednačina metodom najmanjih kvadrata dobili smo veličine parametara:

$$\begin{array}{ll} a = 6,4352045, & c_4 = -0,2707807, \\ b_1 = -0,43234546, & b_5 = -0,082617264, \\ c_1 = 0,02303958, & c_5 = 0,0005332111, \\ b_2 = -13,503058, & b_6 = 0,054706177, \\ c_2 = 9,6794808, & c_6 = -0,00049807047, \\ b_3 = 5,0524602, & b_7 = 0,0047426228 \text{ i} \\ c_3 = -0,95033821, & c_7 = 0,0000005579267. \\ b_4 = 0,45097255, & \end{array}$$

Uvrštavanjem dobivenih parametara u jednačinu višestruke korelacije (2) dobili smo sljedeću jednačinu procjene:

$$\hat{Y} = 6,4352045 - 0,43234546 x_1 + 0,02303958 x_1^2 - 13,503058 x_2 + 9,6794808 x_2^2 + 5,0524602 x_3 - 0,95033821 x_3^2 + 0,45097255 x_4 - 0,2707807 x_4^2 - 0,082617264 x_5 + 0,0005332111 x_5^2 + 0,054706177 x_6 - 0,00049807047 x_6^2 + 0,0047426228 x_7 + 0,0000005579267 x_7^2 \quad (3)$$

Ona pokazuje kako se istraživana pojava (Y), tj. zapreminski prirast "bukovog dijela" sastojine, kao zavisno promjenljiva veličina, mijenja, ali pod uslovom da su veličine nezavisno promjenljivih u jednačini jednake prosječnim veličinama nezavisno promjenljivih iz uzorka.

Po jednačini procjene izračunali smo veličine zapreminskog prirasta za svaku oglednu parcelu, a zatim utvrdili razlike (rezidume) između stvarno izmjerenih prirasta i prirasta dobijenih po funkciji.

Ispitivanje realnosti odabranih funkcija kojima je izražen "uticaj" pojedinih taksacionih elemenata sastojine (nezavisno promjenljive veličine x_1, x_2, \dots, x_7) na veličinu zapreminskog prirasta bukovog dijela sastojine (zavisno promjenljiva veličina Y) izvršeno je nanošenjem utvrdjenih reziduma oko grafički prikazanih funkcija neto-korelacija pojedinih nezavisno promjenljivih veličina. Rezidumi nisu nanošeni posebno za svaku oglednu plohu, nego su formirane grupe sa jednakim intervalima a nanošene su njihove aritmetičke sredine. Tako, npr. kada se radilo o "uticaju" zapremine bukovich stabala formirani su sljedeći intervali: do 49, od 50-99, od 100 do 149 m³/ha itd.

Tokovi nanosenih tačaka reziduma oko grafički prikazanih linija neto-korelacija pokazali su da su "uticaji" svih nezavisno promjenljivih veličina dobro izraženi parabolom drugog reda (grafikoni 1-7), te da nije trebalo dalje vršiti bilo kakve korekcije.

POKAZATELJI VIŠESTRUKRE KORELACIONE VEZE

Od pokazatelja valjanosti korelacione veze računali smo:

- Varijansu višestruke korelacije (" s_t^2 "),

kao mjeru variranja (odstupanja) izvornih podataka od prosječnog odnosa izraženog jednačinom višestruke korelacije:

$$s_t^2 = \frac{E (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - k} = \frac{316,82}{324,15} = 1,0253$$

Ova varijansa je pokazatelj variranja zavisno promjenljive (zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine) pod uticajem onih faktora koji nisu obuhvaćeni jednačinom višestruke korelacije.

- Varijansu zavisno promjenljive (" S_y^2 "),

kao mjeru variranja (odstupanja) izvornih podataka oko njihove srednje vrijednosti:

$$S_y^2 = \frac{E(Y_i - \bar{Y})^2}{n} = \frac{EY_i^2}{n} - \bar{Y}^2 = \frac{5449,83}{324} - 3,4095679^2 = 5,197945$$

Ova varijansa pokazuje ukupno variranje zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine, tj. variranje koje je prouzrokovano svim faktorima, obuhvaćenim i neobuhvaćenim.

- Koeficijent višestruke korelacije (R),

kao mjeru za jačinu korelacione veze:

$$R_y : x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7 = \sqrt{1 - \frac{S_t^2}{S_y^2}} = \sqrt{1 - \frac{1,0253}{5,197945}} = 0,8028 = 0,896$$

Koeficijent višestruke korelacije pokazuje u kojoj se mjeri stvarno variranje zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine približuje odnosu po funkciji. Njegov kvadrat (R^2) - koeficijent determinacije - pokazuje u procentima koliki dio odstupanja od aritmetičke sredine se objašnjava uzetim faktorima (taksacionim elementima sastojine) u analizi.

NETO-KORELACIONE VEZE

Dosadašnja analiza nam je pokazala u kojoj se mjeri promjene zapreminskog prirasta mogu pripisati kombinovanom dejstvu svih analizom obuhvaćenih faktora. Medjutim, pored ovoga, za praksu je, kako smo naglasili, veoma važno znati "čist" odnos izmedju prirasta i svakog pojedinačnog taksacionog elementa koji je uzet u analizu. Za utvrđivanje i analizu ovih odnosa koristili smo metod neto-korelacije.

Prilikom primjene ovoga metoda polazi se od pretpostavke da će se pokazati "čist" odnos izmedju veličine zapreminskog prirasta i jednog od uzetih faktora, ako se "eliminšu uticaji" ostalih faktora. "Elimini-

sanje uticaja" ostalih faktora vrši se ako se pretpostavi da se oni nemijenaju, tj. ostaju konstantni.

Prema tome, jednačine neto-korelacije se dobiju ako se u jednačinu procjene (3) uvrste prosječne vrijednosti iz uzorka za sve nezavisno promjenljive veličine osim one čiji se "uticaj" ispituje. Prosječne vrijednosti nezavisno promjenljivih veličina u uzorku su iznosile za:

| | |
|--|--|
| - bonitet staništa | $\bar{x}_1 = 3,422839,$ |
| - sklop sastojine | $\bar{x}_2 = 0,75061728,$ |
| - omjer smjese bukve | $\bar{x}_3 = 0,56280864,$ |
| - omjer smjese jele | $\bar{x}_4 = 0,31333333,$ |
| - srednji prečnik bukovih stabala | $\bar{x}_5 = 32,623457 \text{ cm},$ |
| - srednji prečnik jelovih i smrčevih stabala zajedno | $\bar{x}_6 = 30,762346 \text{ cm i}$ |
| - zapreminu bukovih stabala | $\bar{x}_7 = 204,41667 \text{ m}^3/\text{ha}.$ |

Jednačine koje pokazuju kako "zavisi" veličina zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine od pojedinih taksacionih elemenata sastojine, koji su uzeti u analizu i koje su na naprijed opisani način dobijene iz jednačine višestruke korelacije (3) glase:

a) Za bonitet staništa

$$\hat{Y} = 4,487069 - 0,43234546 x_1 + 0,02303958 x_1^2;$$

b) Za stepen sklopa sastojine

$$\hat{Y} = 7,959103 - 13,503058 x_2 + 9,6794808 x_2^2;$$

c) Za omjer smjese bukve

$$\hat{Y} = 0,734604 + 5,0524602 x_3 - 0,95033821 x_3^2;$$

d) Za omjer smjese jele

$$\hat{Y} = 3,162429 + 0,45097255 x_4 - 0,2707807 x_4^2;$$

e) Za srednji prečnik bukovih stabala

$$\hat{Y} = 5,404930 - 0,082617264 x_5 + 0,0005332112 x_5^2;$$

f) Za srednji prečnik jelovih i smrčevih stabala zajedno

$$\hat{Y} = 2,065593 + 0,054706177 x_6 - 0,00049807047 x_6^2;$$

g) Za zapreminu bukovih stabala

$$\hat{Y} = 2,284365 + 0,0047426228 x_7 + 0,0000005579 x_7^2.$$

Jednačine a) do g) pokazuju kako se mijenja zapreminski prirast u čistim i mješovitim bukovim sastojinama na području Bosne sa promjenama:

- a) boniteta staništa s obzirom na bukvu;
- b) stepena sklopa sastojine;
- c) udjela bukve u zapremini sastojine;
- d) udjela jele u zapremini sastojine;
- e) srednjeg prečnika bukovih stabala;
- f) srednjeg prečnika jelovih i smrčevih stabala zajedno;
- g) zapremine bukovih stabala;

uz uslov da su ostali nezavisni faktori u jednačinama jednaki njihovim prosječnim vrijednostima, dakle da su konstantni, ili matematički izraženo da su izdvojeni "uticaji" nezavisno promjenljivih veličina koje međusobno djeluju.

Tako, npr. jednačina pod a) pokazuje kako se mijenja zapreminski prirast bukve u čistim i mješovitim bukovim sastojinama na području Bosne sa promjenama boniteta staništa, ako su pri tome stepen sklopa, omjer smjese bukve, omjer smjese jele, srednji prečnik bukovih stabala, srednji prečnik jelovih i smrčevih stabala zajedno i zapremina bukovih stabala svedeni na njihove srednje vrijednosti iz uzorka (primjernih parcela).

Rezultati dobiveni po funkcijama a) do g) - koje izražavaju zavisnost zapreminskog prirasta bukve u čistim i mješovitim bukovim sasto-

jinama od boniteta staništa, stepena sklopa sastojine, omjera smjese bukve, omjera smjese jele, srednjeg prečnika bukovih stabala, srednjeg prečnika jelovih i smrčevih stabala zajedno i veličine zapremine bukovih stabala - prikazani su grafički na slikama 1-7. Izlomljenim crtkanim linijama predstavljene su neizravnate, a punim linijama izravunate neto-korelacije "zavisnosti" zapreminskog prirasta bukve od pojedinih taksacionih elemenata sastojine.

ANALIZA KORELACIONIH VEZA

Naš zadatak sastojao se u tome da utvrdimo zakonitosti "uticaja" pojedinih taksacionih elemenata sastojine na veličinu zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine i da po mogućnosti damo objašnjenje za njih. Za rješavanje toga problema primijenili smo, kako je već naglašeno, metod višestruke korelacije i regresione analize.

Medjutim, regresiona analiza ne objašnjava pojave, nego utvrđuje kvantitativnu mjeru uporednog slaganja u njihovim varijacijama. To slaganje može biti i rezultat izvjesnih opštih faktora. Zbog toga dobivene neto-korelacije "uticaja" pojedinih taksacionih elemenata sastojine na veličinu zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine iziskuju i teoretsko osvjetljavanje i objašnjenje prirode tih odnosa, njihovu kvalitativnu analizu.

1. NETO-KORELACIJA ZAPREMINSKOG PRIRASTA "BUKOVOG DIJELA" SASTOJINE I BONITETA STANIŠTA BUKVE

Ako se u jednačinu procjene (3) uvrste prosječne vrijednosti iz uzorka za:

- stepen sklopa sastojine,
- udio bukve u zapremini sastojine,
- udio jele u zapremini sastojine,
- prečnik bukovih stabala,
- prečnik jelovih i smrčevih stabala zajedno i
- zapreminu bukovih stabala,

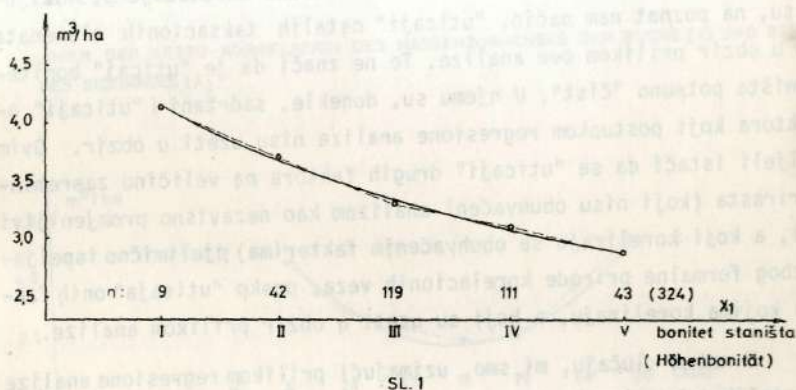
dobije se sljedeća jednačina:

$$\hat{Y} = 4,487069 - 0,4324546 x_1 + 0,02303958 x_1^2 \quad (a),$$

koja pokazuje kako se mijenja zapreminski prirast "bukovog dijela" sastojine sa promjenama boniteta staništa s obzirom na bukvu. Ova parabola sa odgovarajućim reziduumima prikazana je na slici br. 1.

LINIJE NETO-KORELACIJE ZAPREMINSKOG PRIRASTA (Y) I BONITETA STANIŠTA (X₁) BUKVE

LINIEN DER NETTO-KORRELATION DES MASSENZUWACHSES (Y) UND DER HÖHENBONITÄT (X₁) DER BUCHE



Ranije opšte konstatovana pojava opadanja veličine zapreminskog prirasta idući od boljih ka lošijim bonitetima potvrđena je i u našim analizama. Medjutim, stepen ispoljavanja "uticaja" ovog taksacionog elementa na veličinu zapreminskog prirasta u ovim analizama je znatno "izblijedio" u odnosu na rezultate do kojih je došao M a t i ć (6). Naime, amplituda u veličini zapreminskog prirasta, koja je uslovljena bonitetom staništa, u našim analizama je osjetno manja od amplitude do koje je u svojim analizama došao M a t i ć. Kod nas ona iznosi $1,2\text{m}^3$ (I-V bonitet). Drugačije rečeno prirast na prvom bonitetu je veći za 1,4 puta od prirasta na petom bonitetu. Kod M a t i ć a (6) taj faktor iznosi oko 1,7.

Kod jednodobnih bukovih sastojina (uz pretpostavku najviših produkcionih perioda koje prinosne tablice sadrže) prosječni prirast, uključivši i proredni materijal, prema W i e d e m a n n - S c h o b e - r o v i m tablicama je na I bonitetu 3.3 puta veći od tog prirasta na V bonitetu.

Ovo bi donekle išlo u prilog Mitscherlichovoj (12) tezi da visine stabala u prebornoj sastojini nisu pouzdan pokazatelj boniteta staništa, tj. da ne postoji izrazita korelacija između boniteta staništa i veličine zapreminskog prirasta prebornih sastojina.

Razlog, zbog čega je "izblijedio" uticaj boniteta staništa na veličinu zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine u tako izrazitoj formi vidimo u sljedećem.

Prilikom izvodjenja neto-korelacije boniteta staništa i tekućeg zapreminskog prirasta iz jednačine višestruke korelacije 3, "isključeni" su, na poznat nam način, "uticaji" ostalih taksacionih elemenata uzetih u obzir prilikom ove analize. To ne znači da je "uticaj" boniteta staništa potpuno "čist". U njemu su, donekle, sadržani i "uticaji" onih faktora koji postupkom regresione analize nisu uzeti u obzir. Ovim smo željeli istaći da se "uticaji" drugih faktora na veličinu zapreminskog prirasta (koji nisu obuhvaćeni analizom kao nezavisno promjenljivi faktori, a koji koreliraju sa obuhvaćenim faktorima) djelimično ispoljavaju, zbog formalne prirode korelacionih veza, preko "uticaja" onih faktora sa kojima koreliraju, a koji su uzeti u obzir prilikom analize.

U našem slučaju, mi smo, uzimajući prilikom regresione analize pored ostalih taksacionih elemenata sastojine i zapreminu bukovih stabala (čija veličina kako je poznato zavisi i od boniteta staništa), odvojili od boniteta staništa onaj dio "uticaja" koji potiče od "zapremine", a koji se ispoljavao preko boniteta staništa. Na taj način došlo je do "blijedjenja" uticaja boniteta staništa na zapreminski prirast, tj. do smanjenja strmosti krivulje "uticaja" ovog taksacionog elementa.

2. NETO-KORELACIJA TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA "BUKOVOG DIJELA" SASTOJINE I STEPENA SKLOPA SASTOJINE

Jednačinu neto-korelacije zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine i stepena sklopa dobili smo, na poznat nam način, iz jednačine višestruke korelacije. Ona glasi:

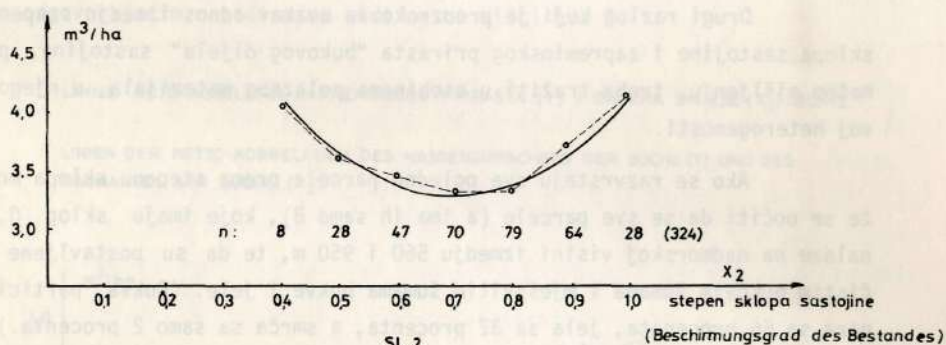
$$\hat{Y} = 7,959103 - 13,503058 x_2 + 9,6794808 x_2^2 \quad (b)$$

Ona pokazuje kako se, u prosjeku, mijenja zapreminski prirast "bukovog dijela" sastojine samo sa promjenama stepena sklopa sastojine.

Iz njenog grafičkog prikaza, koji je sa odgovarajućim reziduumima dat na slici br. 2, jasno proizilazi da se sa opadanjem stepena sklopa sastojine od 1,0 na 0,7 dosta naglo smanjuje i zapreminski prirast bukovog "dijela" sastojine, te da se sa daljim smanjivanjem sklopa sastojine taj prirast naglo povećava. Jasno, pod uslovom da su ostali taksacioni elementi koji su uzeti u analizu kao nezavisno promjenljivi faktori konstantni i jednaki njihovim prosječnim vrijednostima iz uzorka.

LINIJE NETO-KORELACIJE ZAPREMINSKOG PRIRASTA BUKVE (Y) I STEPENA SKLOPA SASTOJINE (X_2)

LINIEN DER NETTO-KORRELATION DES MASSENZUWACHSES DER BUCHE (Y) UND BESCHIRMGSGRADES DES BESTANDES (X_2)



Šta je dovelo do ovakvog toka krivulje, zapravo šta je uzrokovalo dizanje njenog dijela u području sklopa 0,7-0,4 (koje se logično ne bi moglo očekivati kod sastojina koje imaju formiran preborni sastav) teško je na zadovoljavajući način objasniti. Djelimično objašnjenje za ovakav tok linije vidimo u "uticaju" stepena sklopa sastojine na veličinu debljinskog prirasta stabala. Istraživanja zavisnosti veličine debljinskog prirasta stabala sastojine od drugih taksacionih elemenata sastojine, koja je proveo M a t i ć (6) za iste šume i na istom materijalu, pokazala su da se sa smanjivanjem stepena sklopa sastojine povećava debljinski prirast njenih stabala. To povećavanje debljinskog prirasta kod bukve* je daleko veće pri nižim (0,7-0,4) nego pri višim (0,7-1,0) ste-

* Kod jele se maksimalne promjene odigravaju kod smanjenja sklopa od 1,0 na 0,8 i daljim smanjenjem sklopa povećanje prirasta je sve manje. Kod

penima sklopa.

Tako, npr., kod debelih bukovih stabala debljine iznad 50 cm prsnog prečnika, ne primjećuje se povećanje debljinskog prirasta sve dok se stepen sklopa sastojine ne smanji ispod 0,7. Sa daljim njegovim smanjivanjem naglo se povećava debljinski prirast sve do najnižeg stepena sklopa koji se javio u osnovnom materijalu.

Veće povećanje debljinskog prirasta povlači za sobom i veće povećanje zapreminskog prirasta stabala. Na taj način, stabla koja ostaju u sastojini nadoknaduju jednim dijelom prirast onih stabala čije uklanjanje je prouzrokovalo smanjenje sklopa sastojine. Zbog toga se razlike u veličini zapreminskog prirasta prouzrokovane smanjenjem sklopa smanjuju više pri nižim nego pri višim stepenima sklopa sastojine.

Drugi razlog koji je prouzrokovao ovakav odnos između stepena sklopa sastojine i zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine, po našem mišljenju, treba tražiti u osobinama polaznog materijala, u njegovoj heterogenosti.

Ako se razvrstaju sve ogledne parcele prema stepenu sklopa može se uočiti da se sve parcele (a ima ih samo 8), koje imaju sklop 0,4 nalaze na nadmorskoj visini između 560 i 950 m, te da su postavljene u čistim bukovim šumama i mješovitim šumama bukve i jele. (Bukva participira sa 66 procenata, jela sa 32 procenata, a smrča sa samo 2 procenata.)

Kako su uslovi za razvoj bukovih stabala u ovim šumama daleko povoljniji nego u šumama jele, smrče i bukve, u kojima je bukva po pravilu malo zastupljena i u kojima su njena stabla kržljava, moguće su osjetne razlike u veličini zapreminskog prirasta bukovih stabala u ovim kategorijama šuma. Naime, pretežno podređen položaj bukve s obzirom na visine stabala i s obzirom na omjer smjese u ovim šumama (jele, smrče, bukve) mora da ostavi negativan uticaj na njen prirast u odnosu na bukovo-jelove, a posebno na čiste bukove šume. Razlog treba tražiti u povećanom njenom zasjenjivanju od strane jelovih i smrčevih stabala. Te razlike u zapreminskom prirastu zbog heterogenosti materijala došle su, zbog naprijed navedene činjenice, do izražaja posredno preko stepena sklopa.

smrče do maksimalnog povećanja debljinskog prirasta dolazi smanjenjem sklopa između 0,8 i 0,6 a poslije toga se uticaj sklopa naglo gubi.

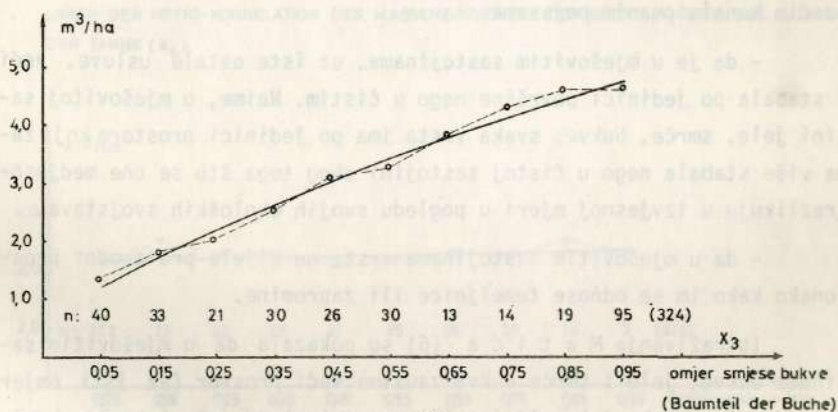
Medjutim, bilo bi ipak neoprezno gledati samo u izloženom jedine uzroke ovakvog toka linije neto-korelacije zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine i stepena sklopa; vjerovatno postoje i drugi.

3. NETO-KORELACIJA TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA "BUKOVOG DIJELA" SASTOJINE I OMJERA SMJESE BUKVE

Uvrštavanjem u jednačinu višestruke korelacije (3) prosječnih veličina za bonitet staništa, stepen sklopa sastojine, omjer smjese jele, srednji prečnik bukovih stabala, srednji prečnik jelovih i smrčevih stabala zajedno i zapremine bukovih stabala dobije se jednačina koja izražava kako se mijenja zapreminski prirast "bukovog dijela" sastojine sa promjenama njenog udjela u zapremini sastojine. Njen grafički prikaz sa odgovarajućim reziduumima vidi se na slici br. 3.

LINIJE NETO-KORELACIJE ZAPREMINSKOG PRIRASTA (Y) I OMJERA SMJESE (X_3) BUKVE

LINIEN DER NETTO-KORRELATION DES MASSENZUWACHSES DER BUCHE (Y) UND DES BAUMANTEIL DER BUCHE (X_3)



SL. 3

Iz toka linije izravnate neto korelacije može se zaključiti da se sa povećanjem udjela bukve u zapremini sastojine, povećava i zapreminski prirast "bukovog dijela" sastojine. Dobiveni rezultati identični su M a t i ć e v i m (6).

Naime, na veličinu zapreminskog prirasta i njegove promjene u sastojinama utiče, kako su to pokazali Boysen-Jensen po M a t i ć u (9), pored ostalog u velikoj mjeri i procentualni udio njenih stabala u uzgojnim klasama. Poznato je da najveći dio prirasta daju dominantna i kodominantna stabla, te da procentualni udio uzgojnih klasa u ukupnom prirastu naglo opada idući od dominantnih prema zasjenjenim, i da je udio ovih posljednjih upravo beznačajan. Razlike u procentualnom udjelu stabala vrste u uzgojnim klasama mogu prouzrokovati znatne razlike u prirastu.

Pošto je procentualni udio bukovih stabala u klasi dominantnih i kodominantnih stabala to manji što je njen udio u zapremini sastojine manji i obratno, logično je očekivati povećanje (smanjenje) njenog prirasta sa povećanjem (smanjenjem) njenog udjela u zapremini sastojine, a to je analiza i potvrdila.

Na osnovu izloženog, logično bi bilo očekivati da se sa povećanjem udjela bukve povećava, ako ne progresivno, a ono bar linearno njen zapreminski prirast. Međutim, kako se iz grafikona vidi, to se nije ostvarilo. Krivulja se diže blago degresivno. Graf je povijen prema apscisci, što ukazuje na to da je zapreminski prirast bukve relativno veći u mješovitim nego u čistim sastojinama. Ovakav tok krivulja da se objasniti sljedećim konstatovanim pojavama:

- da je u mješovitim sastojinama, uz iste ostale uslove, veći broj stabala po jedinici površine nego u čistim. Naime, u mješovitoj sastojini jele, smrče, bukve, svaka vrsta ima po jedinici prostora koji zauzima više stabala nego u čistoj sastojini zbog toga što se one međusobno razlikuju u izvjesnoj mjeri u pogledu svojih ekoloških svojstava,

- da u mješovitim sastojinama vrste ne dijele proizvodni prostor onako kako im se odnose temeljnice ili zapremine.

Istraživanja M a t i ć a (6) su pokazala da u mješovitim sastojinama bukve, jele i smrče bukva zauzima veći prostor (uz isti omjer smjese određen na bazi temeljnice ili zapremine) od jele i smrče. Logično je onda, što su, ne vodeći računa o prostoru koji ona zauzima, njeni prirasti u mješovitoj sastojini, ispali veći nego u njenim stvarnim čistim sastojinama.

4. NETO-KORELACIJA TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA "BUKOVOG DIJELA" SASTOJINE I OMJERA SMJESE JELE

Zavisnost veličine zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine od omjera smjese jele, kako se to pokazalo prilikom ranijih istraživanja M a t i ć a (6), može se dobro iskazati samo vrlo složenim funkcijama, npr. parabolom četvrtog reda. Ali zbog toga što bi nam upotreba ovako složene funkcije nametala vrlo komplikovane računске radnje, a sama zavisnost nije velika, odlučili smo se za primjenu funkcije jednostavnijeg oblika - parabole drugog stepena.

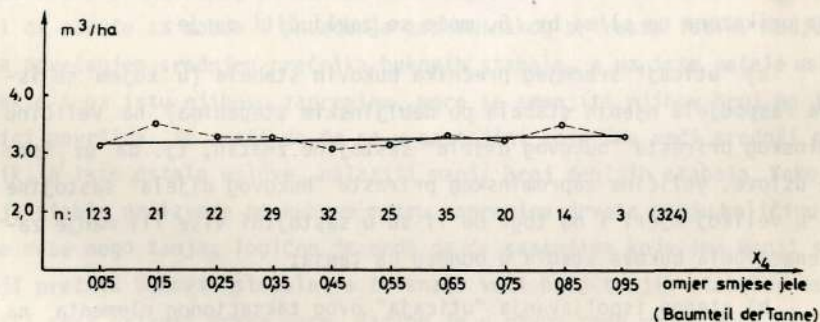
Jednačinu ove neto-korelacije dobili smo izloženim postupkom iz jednačine višestruke korelacije (3). Ona glasi:

$$\hat{Y} = 3,162429 + 0,45097255 x_4 - 0,27078072 x_4^2 \quad (d)$$

Linije izravnate i neizravnate ove neto-korelacije vide se na slici br. 4.

LINIJE NETO-KORELACIJE ZAPREMINSKOG PRIRASTA BUKVE (Y) I OMJERA SMJESE JELE (x₄)

LINIEN DER NETTO-KORRELATION DES MASSENZUWACHSES DER BUCHE (Y) UND DES BAUMANTEILS DER TANNE (x₄)



SL.4

Kako se vidi iz slike, linija izravnate neto-korelacije je paralelna sa apscisom. Na osnovu toga može se zaključiti da omjer smjese jele ima neznatan "uticaj" na veličinu zapreminskog prirasta "bukovog di-

jela" sastojine, te da ga vjerovatno ne bi trebalo uzimati u obzir prilikom analize kao nezavisno promjenljivu veličinu. Ako se smanji omjer smjese jele od 0,8 na 0,1 smanjenje zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine po funkciji iznosi samo $0,15 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Istraživanja M a t i ć a (6) su pokazala da je "uticaj" omjera smjese smrče na zapreminski prirast "bukovog dijela" sastojine još neznačajniji - manji. Zbog toga ga mi u našim analizama nismo posebno tretirali. Pošli smo od pretpostavke da se njegov "uticaj" i u novoj konstelaciji faktora nije značajno promijenio.

5. NETO-KORELACIJA TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA "BUKOVOG DIJELA" SASTOJINE I SREDNJEG PREČNIKA BUKOVIH STABALA

Jednačinu ove neto-korelacije dobili smo uvrštavanjem u jednačinu višestruke korelacije (3), prosječnih veličina iz uzorka za sve regresionom analizom obuhvaćene taksacione elemente sastojine izuzev srednjeg prečnika bukovih stabala (x_5). Ona glasi:

$$\hat{Y} = 5,404930 - 0,082617264 x_5 + 0,0005332112 x_5^2 \quad (e)$$

Ona pokazuje kako se mijenja zapreminski prirast "bukovog dijela" sastojine sa promjenama srednjeg prečnika njenih stabala. Iz grafičkog prikaza jednačine neto-korelacije, koja je sa odgovarajućim reziduumima prikazana na slici br. 5, može se zaključiti da je:

a) "uticaj" srednjeg prečnika bukovih stabala (u kojem se ispoljava raspodjela njenih stabala po debljinskim stepenima) na veličinu zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine znatan, tj. da uz iste ostale uslove, veličina zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine zavisi u velikoj mjeri i od toga da li su u sastojini više ili manje zastupljena debela bukova stabla u odnosu na tanja;

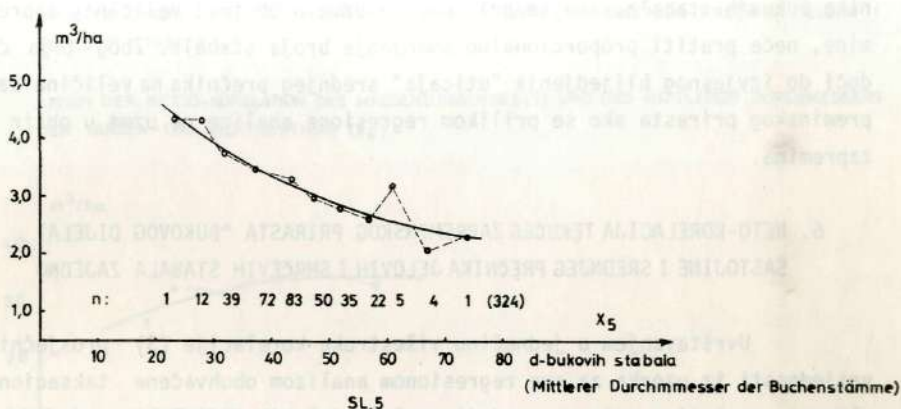
b) stepen ispoljavanja "uticaja" ovog taksacionog elementa na veličinu zapreminskog prirasta opada sa povećanjem srednjeg prečnika, tj. odnosi u tom pogledu nisu linearni. Dobili smo krivulju koja opada blago regresivno.

Za ovakav tok krivulje, po našem mišljenju, odlučna su dva faktora čije je djelovanje na veličinu zapreminskog prirasta oprečno. To su

srednji prečnik bukovich stabala i njihov broj.

LINIJE NETO-KORELACIJE ZAPREMINSKOG PRIRASTA (Y) I SREDNJEG PREČNIKA (X_5) BUKOVICH STABALA

LINIEN DER NETTO-KORRELATION DES MAssENZUWACHSES (Y) UND DES MITTLEREN DURCHMESSERS DER BUCHENSTAMME (X_5)



Povećanje srednjeg prečnika bukovich stabala, u stopu prati povećanje njihovih visina, a to uz iste ostale uslove, poboljšava u izvjesnoj mjeri stepen osvijetljenosti njihovih krošnji. Prema tome, ako bi se izolovano posmatralo, povećanje srednjeg prečnika bukovich stabala moralo bi da povuče za sobom i povećanje zapreminskog prirasta istih. Medjutim, sa povećanjem srednjeg prečnika bukovich stabala, a uz iste ostale uslove, dakle i uz istu njihovu zapreminu, mora se smanjiti njihov broj po jedinici površine. To znači da će se u sastojini koja ima veći srednji prečnik, a iste ostale uslove, nalaziti manji broj debljih stabala. Kako deblja stabla proizvode po kubnom metru zapremine drveta manju količinu drvne mase nego tanja, logično je onda da će sastojina koja ima manji srednji prečnik bukovich stabala, a to znači veći broj tanjih stabala, ostvariti veći prirast drvne mase. Razlog je u prvom redu mnogo veća količina lišća (površina asimilacionog aparata) po kubnom metru drvne mase kod tanjih stabala nego kod debljih. Ova komponenta, kako je pokazala analiza je daleko uticajnija od prve.

Dobiveni rezultati analogni su M a t i ć e v i m (6).

Sa povećanjem srednjeg prečnika bukovih stabala opada zapreminski prirast bukovog dijela sastojine. Medjutim, ako se uporede linije izravnatih neto-korelacija srednjeg prečnika bukovih stabala i zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine do kojih je došao M a t i ć sa našim, vidi se da je uzimanjem zapremine bukovih stabala kao novog faktora prilikom regresione analize "uticaj" srednjeg prečnika bukovih stabala došao nešto više do izražaja, što je i logično. Povećanje srednjeg prečnika bukovih stabala, ako se pri tome ne uzme u obzir i veličina zapremine, neće pratiti proporcionalno smanjenje broja stabala. Zbog toga će doći do izvjesnog blijedjenja "uticaja" srednjeg prečnika na veličinu zapreminskog prirasta ako se prilikom regresione analize ne uzme u obzir i zapremina.

6. NETO-KORELACIJA TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA "BUKOVOG DIJELA" SASTOJINE I SREDNJEG PREČNIKA JELOVIH I SMRČEVIH STABALA ZAJEDNO

Uvrštavanjem u jednačinu višestruke korelacije (3) prosječnih vrijednosti iz uzorka za sve regresionom analizom obuhvaćene taksacione elemente sastojine osim za srednji prečnik jelovih i smrčevih stabala zajedno (x_6) dobili smo jednačinu koja pokazuje kako se u prosjeku mijenja zapreminski prirast "bukovog dijela" sastojine sa promjenama srednjeg prečnika jelovih i smrčevih stabala zajedno. Ona glasi:

$$\hat{Y} = 2,065593 + 0,054706177 x_6 - 0,00049807047 x_6^2 \quad (f)$$

Njen grafički prikaz sa odgovarajućim reziduumima vidi se na slici br. 6.

I u ovom slučaju dobiveni rezultati su analogni M a t i ć e - v i m (6).

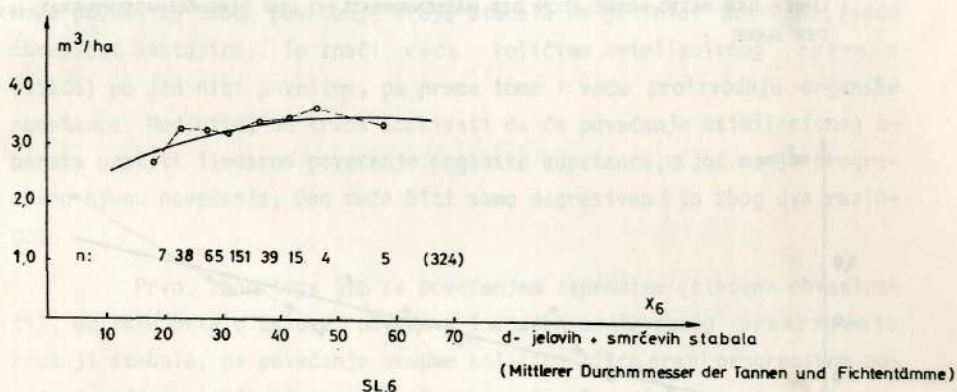
Sa povećanjem srednjeg prečnika jelovih i smrčevih stabala povećava se, kako se to vidi iz slike, i zapreminski prirast "bukovog dijela" sastojine po krivulji koja se diže blago degresivno.

Dobivenu neto-korelaciju možemo objasniti na sljedeći način. Povećanjem srednjeg prečnika vrste, smanjuje se njen broj stabala na jedinici površine, pod uslovom da joj se zapremina ne mijenja. Kako deblja stabla po kubnom metru zapremine zauzimaju daleko manji prostor za raste-

nje nego tanja, to će sa povećanjem srednjeg prečnika jelovih i smrčevih stabala doći do povećanja prostora za rastenje bukovih stabala i do bolje osvjetljenosti njenih krošnji, a kao posljedica toga i do povećanog prirasta njenih stabala. Naravno, ovo pod uslovom da su ostali taksacioni elementi uzeti u obzir prilikom analize konstantni i jednaki njihovim prosječnim vrijednostima u uzorku.

LINIJE NETO-KORELACIJE ZAPREMINSKOG PRIRASTA BUKVE (Y) I SREDNJEG PREČNIKA JELOVIH I SMRČEVIH STABALA

LINIEN DER NETTO-KORELATION DES MASSENZUWACHSES (Y) UND DES MITTLEREN DURCHMESSERS DER TANNEN-UND FICHTENSTIMME (x_6)



"Uz prosječne veličine za ostale taksacione elemente biće količina lišća drugih vrsta to manja što je njihov srednji prečnik veći ... pa prema tome biće manje zasjenjivanje vrste čiji se prirast razmatra, što je veći srednji prečnik druge odnosno drugih vrsta" (6).

7. NETO-KORELACIJA TEKUĆEG ZAPREMINSKOG PRIRASTA "BUKOVOG DIJELA" SASTOJINE I VELIČINE ZAPREMI NE BUKOVIH STABALA

Jednačina koja izražava zavisnost zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine od veličine zapremine bukovih stabala glasi:

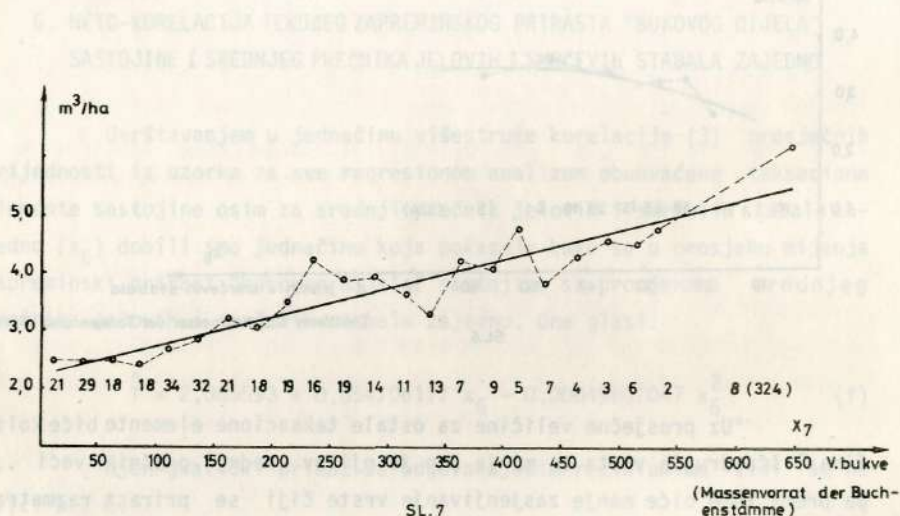
$$\hat{Y} = 2,284365 + 0,0047426228 x_7 + 0,0000005579 x_7^2 \quad (g)$$

Dobivena je iz jednačine višestruke korelacije (3) na analogan način kao i jednačine prethodnih neto-korelacija. Ona pokazuje kako se mijenja zapreminski prirast "bukovog dijela" sastojine sa promjenama veličine njene zapremine, uz uslov da su ostali taksacioni elementi koji su uzeti u obzir prilikom analize jednaki njihovim prosječnim vrijednostima iz uzorka.

Njen grafički prikaz sa odgovarajućim reziduumima vidi se na slici br. 7.

LINIJE NETO-KORELACIJE ZAPREMINSKOG PRIRASTA (Y) I VELIČINE ZAPREMINE (X_7) BUKVE

LINIEN DER NETTO-KORRELATION DES MASSENVORRATS (Y) UND DERBOLZMASSENVORRATS (X_7) DER BUCHE



Linija izravnate neto-korelacije je, kako se to iz slike vidi, do te mjere izdužena da se može identifikovati sa pravcem. Na osnovu toka linije da se zaključiti da se sa povećanjem zapremine bukovih stabala, a uz iste ostale uslove, kontinuelno povećava zapreminski prirast "bukovog dijela" sastojine.

Dobivenu neto-korelaciju nije teško objasniti.

Bukva kao vrsta, podnosi zasjenu bolje od jele, a pogotovo od smrčce. Uz onaj intenzitet svjetla uz koji smrčeva stabla odumiru kod bu-

kve je još uvijek znatan pozitivan bilans između asimilacije i disimilacije, tako da ona prirašćuje. S druge strane, kako navodi A s s m a n n (2), bukva je poznata kao "plastična vrsta" koja ima sposobnost da ispunjava najrazličitije prostore za rastenje. Osim toga ona ima sposobnost da se u toku čitavog života jako grana. Prema tome, bukva može uz isti stepen sklopa da gradi sastojine različite obraslosti - gustine, bilo čiste bilo u smjesi sa drugim vrstama drveća.

Imajući ovo u vidu logično je očekivati, kada je u pitanju bukva, da će se uz iste ostale uslove "gušćim" sastojinama ostvariti veći prirast po jedinici površine, što su rezultati regresione analize potvrdili. Naime, povećanje zapremine bukovih stabala, uz iste ostale uslove, mora povući za sobom povećanje broja stabala na jedinici površine, (veću obraslost sastojine). To znači veću količinu asimilacionog aparata (lišća) po jedinici površine, pa prema tome i veću proizvodnju organske supstance. Međutim, ne treba očekivati da će povećanje asimilacionog aparata pratiti linearno povećanje organske supstance, a još manje progresivno njeno povećanje. Ono može biti samo regresivno i to zbog dva razloga.

Prvo, zbog toga što se povećanjem zapremine (stepena obraslosti), uz iste ostale uslove, povećava i stepen međusobnog prekrivanja krošnji stabala, pa povećanje ukupne količine lišća prati progresivno povećanje udjela lišća sjenke koje "neekonomično" radi. Zapravo, usljed povećanja gustine lišća opada udio lišća svjetla i intenzitet "unutarnjeg" svjetla, tako da će se prirast povećavati proporcionalno količini lišća samo do jednog optimuma, a zatim će relativno opadati.

Drugo, povećanje zapremine razmatrane vrste u stopu prati povećanje zapremine partnera (zbog istog omjera smjese) što povlači za sobom izvjesno smanjenje prostora za razmatranu vrstu, odnosno koči povećanje njenog prirasta usljed povećanja njene zapremine.

Donekle, do sličnih rezultata došao je i M i t s c h e r l i c h u jednodobnim čistim bukovim sastojinama, ispitujući zavisnost veličine zapreminskog prirasta od obrasta. Obrast je odredio na bazi odnosa stvarne temeljnice prema temeljnici iz prinosnih tablica. Došao je do zaključka da se najveći prirast zapremine ne ostvaruje pri normalnom stepenu obrasta (1,0), nego pri nešto većem. Najveći prirast se ostvaruje ako

stepen obrasta iznosi 1,05. Njegovo smanjivanje i povećanje prati smanjenje zapreminskog prirasta.

Ovdje je potrebno istaknuti jednu veoma važnu činjenicu, a to je, da je pri istim (konstantnim) veličinama ostalih taksacionih elemenata, variranje veličine zalihe veoma ograničeno i da se, uprkos znatnoj zavisnosti, ne može variranjem zalihe znatno mijenjati veličina prirasta. Pokažimo to na primjeru:

Ako pretpostavimo da se uz prosječne vrijednosti za ostale taksacione elemente može mijenjati (varirati) zapremina bukovih stabala do maksimalno 50 m^3 po hektaru, povećanje zapreminskog prirasta po funkciji neto-korelacije (g) iznosi $0,25 \text{ m}^3$ po hektaru, a to je cca 8%. Kako se vidi povećanje prirasta nije veliko, ali sa stanovišta prakse, kada je u pitanju proizvodnja i o njemu treba voditi računa.

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U ovom radu analiziran je "uticaj":

- boniteta staništa (s obzirom na bukvu),
- stepena sklopa sastojine,
- omjera smjese bukve,
- omjera smjese jele,
- srednjeg prečnika bukovih stabala,
- srednjeg prečnika jelovih i smrčevih stabala zajedno i
- zapremine bukovih stabala.

na veličinu zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine u čistim bukovim sastojinama i mješovitim sastojinama jele, smrče i bukve na području Bosne. Za utvrđivanje tih "uticaja" primijenjen je metod regresione analize.

Na temelju rezultata provedene regresione analize mogu se izvući ovi važni zaključci:

1. Višestruka korelaciona jednačina (3) dobro i realno izražava zavisnost veličine zapreminskog prirasta bukovog dijela sastojine od analizom obuhvaćenih taksacionih elemenata sastojine kao nezavisno promjenljivih faktora, tj. postoji veoma visok stepen povezanosti između taksacionih elemenata uzetih u analizu i veličine zapreminskog prirasta buko-

vog dijela sastojine. Dokaz za to je veoma visok koeficijent višestruke korelacije. On iznosi 0,90.

2. "Uticaji" pojedinih taksacionih elemenata, koji su uzeti kao nezavisno promjenljivi faktori, mogu se sasvim dobro izraziti funkcijom oblika parabole drugog reda ($Y = a + bx + cx^2$), odnosno odabrane funkcije u većini slučajeva realno i logično izražavaju odgovarajuće korelacione odnose. To su, pored ostalog, potvrdili i tokovi tačaka nanesenih reziduumu oko linija neto-korelacija, što se jasno vidi na slikama br. 1-7.

3. Koeficijent determinacije (R^2), koji iznosi 0,80, pokazuje da se u čistim bukovim sastojinama i mješovitim sastojinama bukve, jele i smrče na području Bosne može obuhvaćenim faktorima u jednačini višestruke korelacije objasniti oko 80 procenata svih promjena u veličini zapreminskog prirasta bukovog "dijela sastojine". Preostalih 20 procenata duguje se drugim, neobuhvaćenim faktorima kao što su, u prvom redu, veličina krošnji stabala i stepen njihove osvjetljenosti i drugi.

Medjutim, potrebno je naglasiti da su i veličine krošnji stabala i stepen njihove osvjetljenosti kao i zapreminski prirast sastojine zavisni od analizom obuhvaćenih taksacionih elemenata sastojine, pa se kroz "uticaje" ovih faktora donekle odražavaju i njihovi "uticaji" na veličinu zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine tako da se njihovim obuhvatanjem ne bi dobili znatno drugačiji odnosi. S druge strane, to su taksacioni elementi čije je odredjivanje jako komplikovano pa njihovo mjerenje ne dolazi u obzir prilikom redovne taksacije šuma.

4. Rezultati regresione analize jasno ukazuju da veličina zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine u čistim bukovim sastojinama i mješovitim sastojinama bukve, jele i smrče na području Bosne zavisi (uz iste ostale uslove) i od veličine zapremine bukovih stabala i to na taj način da se sa povećanjem zapremine bukovih stabala kontinuelno povećava i zapreminski prirast "bukovog dijela" sastojine i da prema tome sa stanovišta principa kontinuiteta produkcije treba, kada je u pitanju bukva, ići za što većom njenom zalihom, jasno pod uslovom da su ostali taksacioni elementi konstantni.

5. Ako se uporede tokovi krivulja pojedinih neto-korelacija (onih koje se mogu uporedjivati) koje je u svojim analizama dobio Matić (6) i naših može se zaključiti da je uzimanjem zapremine bukovih

stabala, kao novog faktora prilikom provodjenja regresione analize, došlo, kod nekih taksacionih elemenata, do izvjesnih promjena u stepenu njihovog ispoljavanja na veličinu zapreminskog prirasta "bukovog dijela" sastojine. Promjene su se javile u prvom redu u strmosti krivulja, što znači vrlo vjerovatno i u intenzitetu "uticaja". Oblik je, uglavnom, ostao isti. Najveće promjene u strmosti krivulja javile su se kod neto-korelacija koje izražavaju zavisnost zapreminskog prirasta od boniteta staništa i srednjeg prečnika bukovih stabala.

6. Rezultati provedene regresione analize ukazuju, izmedju ostalog, i na to da se u svim slučajevima nisu dobili realni i logični odnosi koji bi bili u skladu sa prilikama u kojima stabla rastu u formiranim sastojinama dobrog prebornog sastava. To je, u prvom redu, posljedica heterogenosti polaznog materijala. Naime, zbog toga što ima vrlo malo sastojina dobrog prebornog sastava, prikupljen je materijal i na velikom broju parcela koje nisu imale dobar preborni sastav tako da su dobiveni rezultati odraz zatečenog stanja u razvoju sastojina i zbog toga imaju vremenski ograničenu vrijednost. (Sastojine se nalaze u fazi preformiranja). Osim toga, ogledne parcele, čije podatke smo koristili za analize, ne pripadaju istom tipu šume, odnosno skup iz koga su uzeti elementi uzorka nije u potpunosti homogen. Naime, prilikom provodjenja analize nije se npr. vodilo računa o razlikama u razvoju bukovih stabala u čistim bukovim sastojinama nižih položaja (ispod areala mješovitih šuma bukve, jele, smrče) nego u mješovitim šumama bukve, jele, a opet drugačiji u šumama jele - smrče sa nešto bukve na platoima nadmorske visine cca 1000-1500 m i na koncu drugačije u ovim nego u čistim bukovim šumama visokih položaja. Ove razlike ukazuju na mogućnost razlika i u prirastu. Mislimo da bi analize dale daleko bolje rezultate da su izvršene odvojeno po odgovarajućim tipovima šuma ili bar u okviru regionalnih zajednica.

DIE ABHÄNGIGKEIT DES MASSENZUWACHSES DER BUCHE IN REINEN BUCHENBESTÄNDEN UND MISCHBESTÄNDEN DER BUCHE, TANNE UND FICHTE IN BOSNIEN VON IHREM VORRAT UND ANDEREN TAXATIONEN ELEMENTEN DES BESTANDES

ZUSAMMENFASSUNG

Für eine Durchführung notwendiger waldbaulicher Massnahmen zur systematischen Erhöhung des Massenzuwachses (demnach auch des Ertrags) ist die Kenntnis der Abhängigkeit seiner Grösse von natürlichen Bedingungen und anderen Faktoren eine unerlässliche Voraussetzung. Ausgehend von einem praktischen Standpunkt ist es besonders wichtig zu wissen, wie der Massenzuwachs von jenen Faktoren abhängig ist, die der Mensch beeinflussen kann, um sie zu ändern. Dies sind in erster Linie taxatione Elemente des Bestandes.

In dieser Arbeit wurde folgender "Einfluss" analysiert:

- Höhenbonität (hinsichtlich der Buche),
- Beschirmungsgrad des Bestandes,
- Baumanteil der Buche,
- Baumanteil der Tanne,
- mittlerer Durchmesser der Buchenstämme,
- mittlerer Durchmesser der Tannen- und Fichtenstämme,
- massenvorrat der Buchenstämme

und zwar auf den Massenzuwachs des "Buchenanteils des Bestandes" in reinen Buchenbeständen und Mischbeständen der Tanne, Fichte und Buche in Bosnien. Wir hatten Angaben zur Verfügung von 324 zeitweiligen Versuchsflächen, die das Institut für Waldeinrichtung der Forstlichen Fakultät in Sarajevo in reinen Buchenwäldern und Buchen- Tannen- und Fichtenmischwäldern in Bosnien errichtet hatte.

Es wurde die Methode mehrfacher Korrelation und der Regressionsanalyse angewandt. Der Einfluss jedes einzelnen Faktoren-taxatione Ele-

menten auf den Massenzuwachs des Buchenanteils im Bestand ist durch die Funktion der Form der Parabel zweiter Ordnung $\hat{Y} = a + bx_i + cx_i^2$ ausgedrückt.

Auf diese Weise hat die allgemeine Gleichung der mehrfachen Korrelation diese Form erhalten:

$$\hat{Y} = a + b_1x_1 + c_1x_1^2 + b_2x_2 + c_2x_2^2 + b_3x_3 + c_3x_3^2 + b_4x_4 + c_4x_4^2 + b_5x_5 + c_5x_5^2 + b_6x_6 + c_6x_6^2 + b_7x_7 + c_7x_7^2 \dots \quad (1)$$

Darin sind dargestellt mit:

\hat{Y} - Massenzuwachs der Buchenstämme,

x_1 - Höhenbonität hinsichtlich der Buche,

x_2 - Beschirmungs grad des Bestandes,

x_3 - Baumanteil der Buche,

x_4 - Baumanteil der Tanne,

x_5 - mittlerer Durchmesser der Buchenstämme,

x_6 - mittlerer Durchmesser der Tannen- und Fichtenstämme,

x_7 - Massenvorrat der Buchenstämme im Bestand.

Durch die Lösung des Systems normaler Gleichungen mit der Methode kleinster Quadrate haben wir die Grösse des Parameters erhalten. Durch deren Einsetzen in die Gleichung mehrfacher Korrelation (1) erhielten wir die Gleichung der Schätzung:

$$\hat{Y} = 6,4352045 - 0,43234546 x_1 + 0,02303958 x_1^2 - 13,503058 x_2 + 9,6794808 x_2^2 + 5,0524602 x_3 - 0,95033821 x_3^2 + 0,45097255 x_4 - 0,2707807 x_4^2 - 0,082617264 x_5 + 0,0005332111 x_5^2 + 0,054706177 x_6 + 0,00049807047 x_6^2 + 0,0047426228 x_7 + 0,000000559267 x_7^2 \dots \quad (2)$$

Sie verdeutlicht, wie sich der Massenzuwachs des "Buchenanteils" des Bestandes als abhängige veränderliche Grösse ändert, aber unter der Bedingung, dass die unabhängig veränderlichen Grössen in der Gleichung den durchschnittlichen Grössen, unabhängig veränderlich aus der Stichprobe, gleich sind.

Die Gleichungen, die Anzeigen, wie die Grösse des Massenzuwachses des "Buchenanteils im Bestand" von einzelnen, in die Analyse aufgenommenen taxativen Elementen des Bestandes "abhängt", sind aus der Gleichung mehrfacher Korrelation (2) in der bekannten Weise erhalten worden. Sie lauten:

a) Für die Höhenbonität:

$$\hat{Y} = 4,487069 - 0,43234546 x_1 + 0,02303958 x_1^2,$$

b) Für den Beschirmungsgrad des Bestandes:

$$\hat{Y} = 7,959103 - 13,503058 x_2 + 9,6794808 x_2^2,$$

c) Für den Baumanteil der Buche:

$$\hat{Y} = 0,734604 + 5,0524602 x_3 - 0,95033821 x_3^2,$$

d) Für den Baumanteil der Tanne:

$$\hat{Y} = 3,162429 + 0,45097255 x_4 - 0,2707807 x_4^2,$$

e) Für den durchschnittlichen Durchmesser der Buchenstämme:

$$\hat{Y} = 5,404930 - 0,082617264 x_5 + 0,0005332112 x_5^2,$$

f) Für den durchschnittlichen Durchmesser der Tannen- und Fichtenstämme:

$$\hat{Y} = 2,065593 + 0,054706177 x_6 - 0,00049807047 x_6^2,$$

g) Für den Massenzuwachs der Buchenstämme:

$$\hat{Y} = 2,284365 + 0,0047426228 x_7 + 0,0000005579 x_7^2.$$

Die Gleichungen a) bis g) zeigen, wie sich der Massenzuwachs in reinen und Buchenmischbeständen im Raume Bosniens änder mit folgenden Veränderungen:

- a) der Höhenbonität hinsichtlich der Buche,
- b) des Beschirmungsgrades des Bestandes,
- c) des Buchenanteils im Massenvorrat des Bestandes,
- d) des Tannenanteils im Massenvorrat des Bestandes,
- e) des durchschnittlichen Durchmessers der Buchenstämmе,
- f) des durchschnittlichen Durchmessers der Tannen- und Fichtenstämmе gemeinsam,
- g) des Massenvorrat der Buchenstämmе,

unter der Bedingung, dass die übrigen unabhängigen Faktoren in den Gleichungen ihren durchschnittlichen Werten gleich, d.h. konstant sind, oder mathematisch ausgedrückt, dass die "Einflüsse" der unabhängig veränderlichen Grössen, die untereinander wirken, ausgeschieden sind.

Die nach den Funktionen a) bis g) erhaltenen Resultate - die die Abhängigkeit des Massenzuwachses der Buche in reinen und Buchenmischbeständen von der Höhenbonität, dem Beschirmungsgrad des Bestandes, dem Baumanteil, dem mittleren Durchmesser der Buchenstämmе, dem mittleren Durchmesser der Tannen- und Fichtenstämmе, des Massenvorrat der Buchenstämmе ausdrücken - werfen auf den Bildern 1-7 graphisch dargestellt. In durchbrochen gestrichelten Linien sind sie nicht ausgeglichen dargestellt, und in vollen Linien einheitlich die Netto-Korrelationen der "Abhängigkeit" des Massenzuwachses der Buche von einzelnen taxativen Elementen des Bestandes.

Auf Grund der Resultate der durchgeführten Regressionsanalyse lässt sich folgendes zusammenfassen:

1. Die mehrfache Korrelationsgleichung (2) drückt gut die Abhängigkeit der Grösse des Massenzuwachses aus von den erfassten taxativen Elementen des Bestandes als unabhängig veränderliche Faktoren, d. h. es besteht ein hoher Abhängigkeitsgrad zwischen den in die Analyse aufgenommenen Faktoren mit dem Massenzuwachs. Den Beweis dafür bildet der sehr hohe Koeffizient mehrfacher Korrelation. Er beträgt 0,90.

2. Die "Einflüsse" der einzelnen taxativen Elemente, die als unabhängig veränderliche Faktoren genommen wurden, können sich ganz gut durch die Funktion der Form der Parabel zweiter Ordnung ausdrücken ($Y = a + bx + cx^2$), d.h. die gewählten Funktionen drücken in den meisten Fällen real und logisch die entsprechenden Korrelationsbeziehungen aus. Das ha-

ben und u.a. auch die Verläufe der eingetragenen Punkte des Residiums um die Linien der Netto-Korrelationen gezeigt, zu sehen auf den Bildern Nr. 1-7.

3. Der Determinationskoeffizient (R^2), der 0,80 cca beträgt, verdeutlicht, dass mit den erfassten Faktoren in der Gleichung mehrfacher Korrelation (2) ca 80 Prozent aller Veränderungen in der Grösse des Massenzuwachses erklären kann, und dass 20 Prozent anderen, nicht erfassten Faktoren zuzuschreiben sind. Zu ihnen gehören in erster Linie die Grösse der Baumkrone und ihr Belichtungsgrad.

Es ist indessen notwendig zu betonen, dass auch die Kronengrösse, der Belichtungsgrad und der Massenzuwachs abhängig sind von der Funktion der erfassten taxativen Elemente, und so drücken sich durch die "Einflüsse" der erfassten Faktoren weiterhin auch deren "Einflüsse" auf den Massenzuwachs der Art aus. Andererseits ist dies ein taxatives Element, deren Bestimmung sehr kompliziert ist, so dass bei einer regelmässigen Taxation eine Bestimmung nicht in Frage kommt.

4. Die Resultate der durchgeführten Regressionsanalyse verweisen auch darauf, dass man nicht in allen Fällen reale und logische Resultate, die mit den Gegebenheiten, in denen Bäume in den formierten Beständen guter Plenterwälder wachsen, übereinstimmen würden, erhalten hat. Der Grund ist in erster Linie in der Heterogenität des Ausgangsmaterials zu suchen und vielleicht auch in der angewandten Methode für die Analyse.

LITERATURA

1. Assmann, E. (1961): Waldertragskunde (Abschnitt B, Wuchsentwicklung und Gestalt der Bäume). BLV Verlagsgesellschaft München-Bonn-Wien.
2. Assmann, E. (1961): Waldertragskunde (Abschnitt C, Standraum und Zuwachs). BLV Verlagsgesellschaft München-Bonn-Wien.
3. Drinić, P. (1963): Taksacione osnove za gazdovanje šumama crnog bora u Bosni. Disertacija. Radovi šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu, Godina VIII, broj 8, Sarajevo.
4. Klepac, D. (1963): Rast i prirast šumskih vrsta drveća i sastojina. Zagreb.
5. Matić, V. (1958): Prirast jele, smrče i bukve u šumama NR BiH. Zavod za privredno planiranje NR BiH Sarajevo. Sarajevo.
6. Matić, V. (1959): Taksacioni elementi prebornih šuma jele, smrče i bukve na području Bosne. Radovi šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu. Godina IV, broj 4, Sarajevo.
7. Matić, V. (1969): Uredjivanje šuma I dio. Sarajevo.
8. Matić, V. (1971): Nauka o prirastu i prinosu šuma. Predavanja za studente drugog stepena studija. Sarajevo.
9. Matić, V. (1968). Način proredjivanja i veličina prinosa. Predavanja za studente III stepena studija iz Uredjivanja šuma na tipološkim osnovama. Sarajevo.

10. Matić, V. (1968): O prirastu drvne mase kao dijelu ukupne produkcije. Predavanja za studente III stepena iz Uredjivanja šuma na tipološkim osnovama. Sarajevo.
11. Matić, V. (1968): O kvalitetu prinosa u šumarstvu. Predavanje za studente III stepena iz Uredjivanja šuma na tipološkim osnovama. Sarajevo.
12. Mitscherlich, G. (1952): Der Tannen-Fichten-(Buchen) Plentervald. H. 8, der Schriftenreihe der Badischen Forstlichen Versuchsanstalt, Freiburg im. Br.
13. Pavlič, J. (1966): Prirast stabla u zavisnosti od veličine krošnje i od njegovog položaja u sastojini. Disertacija. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu. Godina X, knjiga 10, sveska 4. Sarajevo.
14. Ećimović, J. (1951): Osnovi statističke reprezentativne metode. Beograd.
15. Obradović, S. i Sentić, M. (1967): Osnovi statističke analize. Naučna knjiga. Beograd.
16. Popović, B. (1962): Matematsko-statističke metode u poljoprivredi i šumarstvu. Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.
17. Stojanović, O. (1966): Taksacione osnove za gazdovanje šumama b.bora u Bosni. Disertacija. Radovi šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo u Sarajevu. Godina X, knj. 10, sveska 3. Sarajevo.
18. Vukmirović, V. (1963): Prirast i drugi taksacioni elementi šuma hrasta kitnjaka u Bosni. Habilitacioni rad. Radovi šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo i drvnu industriju u Sarajevu, broj 8. Sarajevo.