Matić V.:

ZALIHA PREBORNE SASTOJINE JELE, SMRČE I BUKVE U ZAVISNOSTI OD OSTALIH TAKSACIONIH ELEMENATA SASTOJINE

DIE ABHÄNGIGKEIT DES VORRATES IM PLENTERARTIGEN TANNEN-FICHTEN- UND BUCHENBESTAND VON ANDEREN TAXATIONSELEMENTEN DES BESTANDES

P R O B L E M

U praksi, zalihu preborne sastojine (inventar živih stabala) definišemo njenom strukturom i veličinom zapremine njenih stabala. Strukturu odredjuju udio vrsta drveća i debljinska raspodjela njihovih stabala. Veličina zapremine stabala sastojine zavisi, prije svega, od strukture zalihe. Što je napr. u zalihi čiste preborne jelove sastojine veći procentualni udio debelih stabala veća je i zapremina njenih stabala (uzevši ih, naravno, zajedno). Ili,što je veći procentualni udio jele u zalihi mješovite preborne sastojine jele i bukve veća je i zapremina stabala sastojine. Ali zapremina stabala sastojine zavisi npr. i od boniteta staništa, stepena sklopa itd. Pri istoj strukturi zalihe, zapremina stabala sastojine je veća što su bolji stanišni uslovi, što je veći stepen sklopa itd. Bonitet staništa, stepen sklopa itd. obično nazivamo taksacionim elementima. Kako strukturu zalihe možemo iskazati omjerom smjese i prečnikom srednjeg stabla vrste drveća, koje takodjer nazivamo taksacionim elementima, može se reći da veličina zapremine stabala sastojine - koju takodjer nazivamo taksacionim elementom - zavisi od veličine odnosno vrijednosti drugih taksacionih elemenata.

Vrlo često se govori i o veličini zalihe sastojine pri čemu se misli na zapreminu stabala sastojine.

Po pravilu, numerički se ne obuhvataju sva njena stabla, nego stabla čiji su prečnici u prsnoj visini veći od odabranog prečnika, tzv. taksacionog praga. Prilikom naših razmatranja, kao taksacioni prag uzećemo prečnik od 10 cm. Veličinu zaliha iskazaćemo na bazi krupne drvne mase. Neobuhvaćeni dio inventara svrstavamo u podmladak.

Veličina i struktura prinosa preborne sastojine zavisi, izmedju ostalog, od strukture i veličine njene zalihe[1]. Tako npr. što je u zalihi čiste preborne jelove sastojine veći procentualni udio debelih stabala, veći

---

1) Pod prinosom razumijevamo proizvedenu količinu drvne mase u godini na hektaru.

je njihov procentualni udio i u prinosu. Medjutim, prinos je tada manji nego u slučaju kada je procentualni udio debelih stabala u zalihi manji. Ili, procentualni udio jele u prinosu mješovite preborne sastojine jele i bukve je tim veći što je njen procentualni udio u zalihi sastojine veći. Tada je i prinos sastojine, uzevši u globalu ("jelovog i bukovog" dijela sastojine zajedno), veći nego u slučaju kada je procentualni udio jele u zalihi sastojine manji.

Pri primjeni sistema prebornih sječa, naša glavna aktivnost usmjerena je na to, da se sastavi sastojina svih šuma tako formiraju da prinos šuma bude velik i da bude u skladu sa potrebama društva u pogledu asortimana glavnih šumskih proizvoda. Pretpostavlja se, naravno, racionalno iskorišćavanje sirovine. Takve sastave nazivamo optimalnim ili normalnim. Prilikom njihovog odredjivanja treba, po našem shvatanju, polaziti od prinosa, a prilikom odredjivanja prinosa od sagledanih budućih potreba društva u pogledu asortimana glavnih šumskih proizvoda i od stanišnih uslova (8,10). Budući da se potrebe društva stalno mijenjaju, to je uvijek aktuelno i preformiranje sastava sastojina. Stoga se prilikom izrade šumsko - privrednih osnova moraju preispitati ranije utvrdjeni normalni sastavi i eventualno korigovati ih.

U zadatak naučnih ustanova spada izrada metodika za utvrdjivanje normalnih sastava prebornih sastojina. Poznavanje zavisnosti veličine zalihe preborne sastojine (zapremine njenih stabala iznad taksacionog praga) od veličine odnosno vrijednosti ostalih njenih taksacionih elemenata, predstavlja jednu od najvažnijih naučnih osnova u tu svrhu (8,10). Stoga je rješavanje tog problema i uzeto kao zadatak u ovom radu.

Problemom optimalnog sastava preborne sastojine bavili su se mnogi naučni radnici: Biolley (1), Flury (4), François (5), Schaeffer - Gazin - D'Alverny (13), Miletić (11), Prodan (12), Knuchel (7), Klepac (6) itd. Karakteristično je, da su gotovo svi išli za tim da, izmedju ostalog, utvrde veličinu zalihe sastojine optimalnog sastava na bazi odredjene raspodjele stabala sastojine po debljinskim stepenima kao najpovoljnije, najprirodnije i sl. Kako se potrebe društva u pogledu asortimana glavnih šumskih proizvoda mijenjaju i kako postoji istaknuta medjusobna zavisnost prinosa sastojine od njene zalihe, očito je da ni jedno rješenje u pogledu optimalnog sastava ne može imati trajniju vrijednost, pa ni rješenja koja su dali navedeni autori. S obzirom na primijenjene postupke, prilikom utvrdjivanja optimalnih sastava nije im bilo potrebno obuhvatnije osvjetljavanje zavisnosti veličine zalihe preborne sastojine od ostalih njenih taksacionih elemenata. Taj problem stoga nije bio riješen.

Rješavanje normalnog sastava postupkom koji smo primijenili u Bosni i Hercegovini, ima za osnovu, kako je već rečeno, osvjetljavanje te zavisnosti (8,10). U tu svrhu primijenili smo metod višestruke korelacije. Za šume crnog i bijelog bora te hrasta kitnjaka, dobivena su rješenja koja nas mogu zadovoljiti (2, 14, 10). Za šume jele, smrče i bukve, koje su sa privrednog stanovišta najvažnije, nismo dobili takva rješenja, uprkos tome što smo već u dva navrata pokušali da ih riješimo (9, 10). Razlog leži u tome, što se radi o tri vrste drveća (mješovite sastojine jele, smrče i bukve) pa su odnosi vrlo složeni. Stoga je odlučeno, da se pokuša riješiti problem još jednom, koristeći stečena iskustva u prva dva navrata.

Zadatak se svodi na to, da se iznadje postupak pomoću koga bi se mogla što realnije odrediti veličina zalihe preborne sastojine, za odabrane veličine po volji, odnosno vrijednosti onih njenih taksacionih elemenata koji su uzeti kao nezavisni faktori. Naravno, dolazi u obzir metod koji smo i ranije primjenjivali.

RADNE HIPOTEZE I METODIKA RADA

Očito je da se radi o iznalaženju funkcije ili funkcija, pomoću koje odnosno pomoću kojih bi se mogla odredjivati veličina zalihe preborne sastojine. U njoj, odnosno u njima, kao varijable bi se uzele taksacioni elementi koji su uzeti kao nezavisni faktori, a kao funkcija veličina zapremine njenih stabala iznad taksacionog praga.

Prilikom prvog rješavanja učinjen je pokušaj, da se iznadje funkcija pomoću koje bi se, primijenivši i posebni korekcioni postupak, izračunavala veličina zalihe za sve tri vrste drveća, uzevši ih zajedno, za sve po volji odabrane slučajeve s obzirom na veličine odnosno vrijednosti taksacionih elemenata koji su uzeti kao nezavisni faktori (9). Medjutim, pokazalo se kasnije, da se na osnovu dobivene funkcije i korekcionog faktora ne dobivaju dovoljno pouzdane veličine zaliha za gotovo sve ekstremnije slučajeve u odnosu na izvorni materijal. Medju takve slučajeve spadaju npr. čiste sastojine jele, smrče, odnosno bukve lošijih bonitetnih razreda, manjih srednjih prečnika i sl.

Stoga je prilikom drugog rješavanja učinjen pokušaj,da se iznadju funkcije za odredjivanje zalihe svake od tri vrste drveća posebno, ali s tim da se izbjegne primjena posebnog korekcionog postupka (10). Pomoću dobivenih funkcija zapremine sastojine su se odredjivale mnogo realnije nego ranijim postupkom. Ali su se kasnije pokazali izvjesni nedostaci u tom pogledu.

Kako smo to smatrali kao posljedicu malog broja taksacionih elemenata koji su uzeti kao nezavisni faktori, predložili smo da se još jednom pokuša riješiti problem, s tim da se broj nezavisnih faktora proširi.

Prilikom drugog rješavanja uzeli smo kao nezavisne faktore sljedeće taksacione elemente: udio vrste drveta u zalihi sastojine, bonitetni razred s obzirom na razmatranu vrstu drveta, stepen sklopa sastojine i prečnik srednjeg stabla razmatrane vrste drveta.

Kako se u mješovitim sastojinama mogu zalihe razmatrane vrste drveta, pri istim veličinama odnosno vrijednostima navedenih taksacionih elemenata znatno razlikovati, zato što su različiti prečnici srednjih stabala drugih dviju vrsta drveta, odnosno druge vrste drveća, ukratko partnera, to je prilikom trećeg rješavanja uzet i prečnik srednjeg stabla partnera kao nezavisni faktor. Da to obrazložimo primjerom. Pretpostavimo da je u dvjema mješovitim prebornim sastojinama jele i bukve udio jele 0,5, III bonitetni razred s obzirom na jelu (i bukvu), prečnik srednjeg stabla 30 cm i stepen sklopa 0,7, ali da je prečnik srednjeg stabla bukve u jednom slučaju 25 cm, a u drugom 35 cm. Po dobivenoj funkciji za jelu prilikom drugog rješavanja problema, dobila bi se za tu vrstu u obadva ova slučaja ista zaliha, jer su iste veličine varijabli. To je nerealno jer u drugom slučaju bukva, pri istom omjeru smjese, zauzima manji prostor nego u prvom. To znači da u drugom slučaju jeli, stoji veći prostor na raspolaganju nego u prvom slučaju, pa u drugom slučaju mora biti njena zaliha veća nego u prvom.

Prilikom trećeg rješavanja problema, u funkcijama za odredjivanje zalihe jele i zalihe smrče, uzeli smo kao nezavisni faktor i udio bukve jer u mješovitim sastojinama jele, smrče i bukve veličina zalihe jele odnosno smrče zavisi od veličine udjela bukve. Pri istim veličinama taksacionih elemenata (koji su uzeti kao nezavisni faktori) biće zaliha npr. jele to veća što je udio bukve (u odnosu prema smrči) manji, jer bukva, pri ostalim istim taksacionim elementima, zauzima veći prostor nego smrča, pa ostaje za jelu manje prostora. A to znači i manju zalihu jele.

U toku ranijih rješavanja problema pokazalo se, da se zavisnost veličine zalihe vrste drveta mješovite sastojine jele, smrče i bukve od njenog udjela u sastojini, od stepena sklopa sastojine, od bonitetnog razreda staništa s obzirom na razmatranu vrstu drveta i od prečnika njenog srednjeg stabla može vrlo dobro izraziti parabolom drugog reda. To smo saznanje, naravno, koristili prilikom izbora funkcija (u općem obliku). Funkciju parabole drugog reda odabrali smo i za odredjivanje zavisnosti zalihe razmatrane vrste od prečnika srednjeg stabla partnera, tj. druge vrste drveta odnosno drugih dviju vrsta, uzevši ih zajedno.

Zavisnost veličine zalihe jele ili smrče mješovitih sastojina jele, smrče i bukve od udjela bukve, kako se to pokazalo prilikom ranijih istraživanja (9), može se dobro iskazati samo vrlo složenim funkcijama (npr. parabolom četvrtog reda). Ali zbog toga što bi nam njihova primjena nametnula vrlo komplikovane računske radnje, a sama zavisnost nije velika, to smo se odlučili za primjenu funkcije pravca.

Kada se primjenom metoda višestruke korelacije utvrdjuje samo zavisnost, u našem slučaju veličine zalihe jedne vrste drveta od veličine odnosno vrijednosti taksacionih elemenata koji su uzeti kao nezavisni faktori, zapravo kada se utvrdjuje korelaciona veza izmedju zalihe i tih faktora, u funkciji općeg oblika javljaju se sumandi, čije pojedine članove čine produkti varijable i odgovarajućeg parametra, te jedan slobodni parametar. Ali ako treba da se odredi funkcija pomoću koje će se moći i neposredno izračunavati veličina zalihe vrste drveta za svaki mogući slučaj, moraju se, kako je to pokazano u jednom ranijem radu (9), u općoj funkciji svi sumandi, u kojem se javljaju varijable na prvom stepenu, stopiti u jedan sumand - produkt parametra i svih varijabli (na prvom stepenu). Opća funkcija ne može imati slobodnog parametra jer zaliha vrste drveta ne postoji kada je njen udio u sastojini ravan nuli, ili kada je prečnik njenog srednjeg stabla ravan nuli, ili kada je stepen sklopa sastojine ravan nuli. Budući da su "uticaji" stepena sklopa i udjela vrste drveta na veličinu njene zalihe vrlo veliki, da su slučajevi malog udjela vrste drveta česti i da nam je zbog toga mnogo stalo do toga da se i za takve slučajeve korelaciona veza izmedju veličine zalihe vrste drveta i ova dva taksaciona elementa što realnije obuhvati, moralo se prilikom izbora funkcije u općem obliku obezbijediti da izračunata veličina zaliha vrste drveta bude jednaka nuli, kada se u dobivenu funkciju za stepen sklopa ili za udio vrste drveta uvrste 0,o. Radi obezbjedjenja tog zahtjeva morao se u općoj funkciji svaki sumand pomnožiti varijablom koja označava sklop odnosno udio vrste drveta. Naravno, to se odnosi i na sumande u kojima se te varijable nisu inače pojavile kao faktori.

Prema učinjenim hipotezama, opći oblik funkcije trebalo je da bude za jelu i smrču sljedeći:

$$y = A \,.\, x^2 \varphi \,.\, \gamma + B \,.\, \varphi^2 \gamma + C \gamma^2 \varphi + F \,.\, d^2 \varphi \gamma +$$
$$C \,.\, \delta^2 \varphi \gamma + H \,.\, x \varphi d \delta \lambda \gamma \;,$$

a za bukvu :

$$y = A \,.\, x^2 \varphi \lambda + B \,.\, \varphi^2 \lambda + C \lambda^2 \varphi + F \,.\, d^2 \varphi \lambda +$$
$$+ G \,.\, \delta^2 \varphi \lambda + H \,.\, x \varphi \lambda \delta d \;,$$

gdje su obilježeni sa:

y ... zaliha razmatrane vrste drveta,

x ... bonitetni razred staništa s obzirom na tu vrstu,

φ ... stepen sklopa,

γ ... njen udio u sastojini - omjer smjese (jele i smrče),

λ ... udio bukve u sastojini,

d ... prsni prečnik srednjeg stabla razmatrane vrste drveta,

δ ... prsni prečnik srednjeg stabla partnera (druge odnosno drugih vrsta drveća, uzevši ih zajedno),

A, B, C, F, G i H ... parametri.

Taksacioni elementi su izraženi uobičajenim načinima, tj. y u m^3/ha, x rednim brojevima 1, 2, 3, 4 i 5, φ i λ - 0,1, 0,2 ... 1,0 (na bazi drvnih masa!), d i δ u cm.

Na osnovu stečenih iskustava prilikom ranijih rješavanja ovog problema, bili smo sigurni da se na bazi ovih općih funkcija ne može pomoću metoda najmanjih kvadrata doći do dobrih rješenja jer su one vrlo krute. Da bi bile fleksibilnije, dodali smo im još po jedan sumand, i to prvoj L . x $\varphi \gamma$ i drugoj L . x $\varphi \lambda$.

Kada su metodom najmanjih kvadrata odredjene veličine parametra, pokazalo se da su rješenja vrlo loša, i to zbog toga što dodavanjem ovih sumanda funkcije nisu postale dovoljno fleksibilne. To smo i očekivali. Naime, naše je iskustvo da se tim metodom, po pravilu, ne može doći do dobrog rješenja kada su odnosi vrlo složeni kao što su naši. Stoga smo nastavili rješavanje problema pomoću metoda sukcesivnih aproksimacija (3), polazeći od dobivenih rješenja pomoću metoda najmanjih kvadrata. Ali u toku tog rješavanja morali smo radi povećanja fleksibilnosti funkcija dodavati nove sumande, i to M . d $\varphi \gamma$ odnosno M . d $\varphi \lambda$, N . $\delta \varphi \gamma$ odnosno N . δ φ λ . Osim toga za jelu i smrču smo u sumandu H . x $\varphi \gamma$ d $\delta \lambda$ brisali faktor λ , a umjesto toga dodali smo funkciji sumand P . $\lambda \varphi \gamma$. Samo po sebi se razumije da se dodavanjem novih sumanda smanjivala podesnost funkcija za neposredno utvrdjivanje zalihe vrste drveta u izvjesnoj mjeri, u onoj u kojoj se to odnosilo na bonitete staništa, prečnika srednjeg stabla razmatrane vrste drveta i prečnika srednjeg stabla partnera, a za jelu i smrču, još na udio bukve. One ne gube tu podesnost u onoj mjeri koja bi se odrazila na stepen sklopa i na udio razmatrane vrste - dakle, od taksacionih elemenata koji su "najuticajniji", jer su te varijable kao faktori zastupljene u svim sumandima. U kojoj mjeri je smanjena ta podesnost ne možemo reći. Ali možemo reći u kojoj mjeri su dobivene funkcije podesne za izračunavanje veličine zaliha za pojedine vrste drveća, kao i za sastojine, uzevši u cjelini. O tome će biti govora kasnije.

Za rješavanje ovog problema nisu vršena posebna snimanja na terenu nego je iskorišten materijal koji je ranije prikupljen u vezi sa ispitivanjem prirasta prebornih šuma jele, smrče i bukve i njihovih drugih taksacionih elemenata (9). Raspolagali smo prikupljenim materijalom na 357 probnih parcela. Od tih parcela je na 250 bilo zastupljena jela, na 194 smrča i na 305 bukva. Parcele su imale veličinu od oko 1 ha.

Prilikom rješavanja ovog problema, čiste sastojine nisu izdvojeno tretirane nego su svrstavane u mješovite: tako npr. čista jelova preborna sastojina je tretirana kao mješovita sastojina jele - smrče - bukve kod koje je $\gamma = 1{,}0$, $\lambda = 0{,}o$ i $\delta = 30$. To ima svojih osnova jer postoje postepeni prelazi izmedju mješovitih šuma jele - smrče - bukve i čistih jelovih (koje su, istina, dosta rijetke).

REZULTATI ISPITIVANJA

Dobili smo za zalihe pojedinih vrsta drveća mješovite sastojine jele - smrče - bukve, sljedeće funkcije:

Za jelu

$$y = -4{,}489\, x^2 \varphi \gamma - 166\, \varphi^2 \gamma - 115{,}3\, \varphi \gamma^2 - 0{,}1346\, d^2 \varphi \gamma + 0{,}0299\, \delta^2 \varphi \gamma - 0{,}067\, x\, d\, \delta \varphi \gamma + 10{,}454\, x \varphi \gamma + 23{,}446\, d \varphi \gamma + 11{,}536\, \delta \varphi \gamma - 160{,}1\, \lambda \varphi \gamma \quad \ldots\ldots (1)$$

Za smrču

$$y = -9{,}772 \,.\, x^2 \varphi \gamma - 215\, \varphi^2 \gamma - 45{,}2\, \varphi \gamma^2 - 0{,}1071\, d^2 \varphi \gamma + 0{,}0651 \,.\, \delta^2 \varphi \gamma - 0{,}09014 \,.\, x\, d\, \delta \varphi \gamma + 29{,}553 \,.\, x \varphi \gamma + 20{,}899\, d \varphi \gamma + 14{,}206 \,.\, \delta \varphi \gamma - 38{,}6 \,.\, \lambda \varphi \gamma \quad \ldots\ldots (2)$$

Za bukvu

$$y = -0{,}295\, x^2 \varphi \lambda - 106 \,.\, \varphi^2 \lambda - 131{,}6\, \varphi \lambda^2 + 0{,}0353 \,.\, d^2 \varphi \lambda + 0{,}0471\, \delta^2 \varphi \lambda - 0{,}06355 \,.\, x\, d \delta \varphi \lambda + 2{,}1\, x \varphi \lambda + 16{,}571\, d \varphi \lambda + 7{,}702\, \delta \varphi \lambda \quad \ldots\ldots (3)$$

Te funkcije važe i za čiste sastojine jele, smrče odnosno bukve. Ali u tom slučaju treba za varijablu δ u funkcije uvrstiti prečnik od 30 cm, koliko je srednji prečnik partnera približno i iznosio. Naime, kada se probne parcele koje su nam poslužile kao izvorni materijal razvrstavaju u više klasa s obzirom na udio npr. jele, srednji prečnici smrče i bukve (uzevši ih zajedno) "konvergiraju" prema prečniku od 30 cm kada se smanjuje udio tih dviju vrsta, a ne, kako bi se u prvi mah moglo nekom učiniti, prema nuli. Samo po sebi se razumije da se u prvom i drugom slučaju treba za γ uvrstiti 1,0 i za λ nulu, a za λ u trećem slučaju 1,0. Ako se to učini, dobivaju se sljedeće funkcije za odredjivanje veličine zalihe čistih jelovih, smrčevih i bukovih prebornih sastojina:

Za čiste jelove sastojine:

$$y = -4{,}489\, x^2 \varphi - 166\, \varphi^2 + 257{,}7\, \varphi - 0{,}1346\, .\, d^2 \varphi - 2{,}01\, .\, xd\, \varphi + 10{,}454\, x\, \varphi + 23{,}446\, d\, \varphi \quad \ldots\ldots (4)$$

Za čiste smrčeve sastojine:

$$y = -9{,}772\, x^2 \varphi - 215\, \varphi^2 + 439{,}57\, \varphi - 0{,}1071\, d^2 \varphi - 2{,}7042\, .\, x\, d\, \varphi + 29{,}553\, .\, x\, \varphi + 20{,}899\, .\, d\, \varphi \quad \ldots\ldots (5)$$

Za čiste bukove sastojine:

$$y = -0{,}295\, .\, x^2 \varphi - 106\, \varphi^2 + 141{,}9\, \varphi + 0{,}0353\, .\, d^2 \varphi - 1{,}9065\, .\, x\, d\, \varphi + 2{,}1\, .\, x\, \varphi + 16{,}571\, .\, d\, \varphi \quad \ldots\ldots (6)$$

S obzirom na to da su se u izvornom materijalu prečnici srednjih stabala kretali od cca 18 do 45 cm, pomoću funkcija se mogu izračunavati zalihe za slučajeve kada se d odnosno δ kreće u toj amplitudi. Za druge taksacione elemente koji su uzeti kao nezavisne varijable ne postoje takva ograničenja.

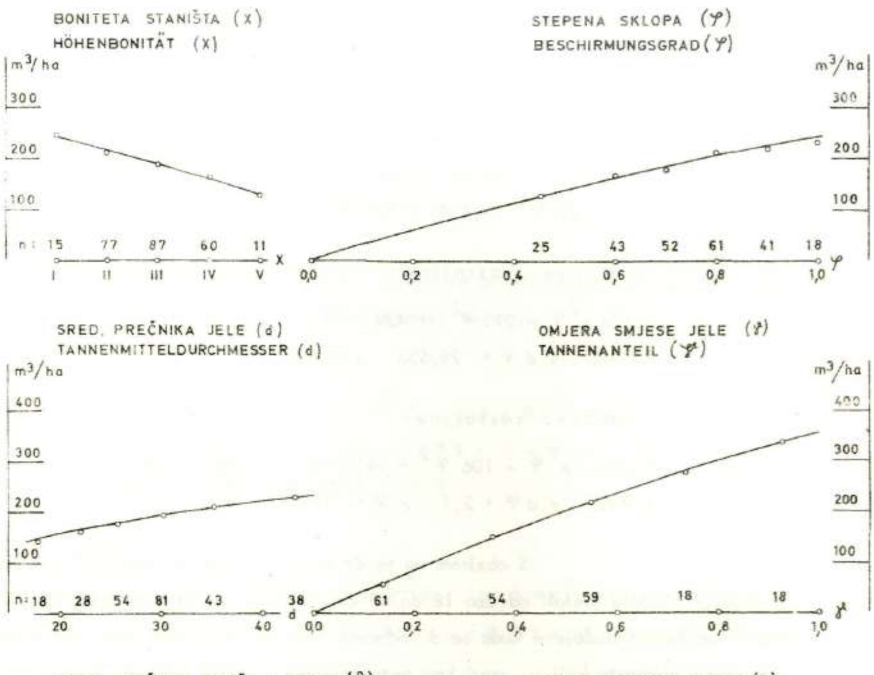
U slikama 1, 2 i 3 su prikazane neto - korelacije zapremina jelovih, smrčevih odnosno bukovih stabala mješovite preborne sastojine jele - smrče - bukve i taksacionih elemenata koji su uzeti kao nezavisni faktori.

Do neto - korelacione funkcije npr. izmedju zapremine jele i boniteta staništa s obzirom na jelu dolazi se, kako je poznato, na taj način što se u funkciju (1) za d, δ, φ, γ i λ uvrste srednje veličine tih elemenata onih probnih parcela (našeg izvornog materijala) u kojim je jela bila zastupljena.

Srednje vrijednosti odnosno veličine zavisnih taksacionih elemenata bile su sljedeće:

NETO KORELACIJA ZAPREMINE JELE MJEŠOVITE PREBORNE SASTOJINE JELE, SMRČE I BUKVE I

NETTOKORELATION VOM TANNENVORRAT DES TANNEN-FICHTEN-BUCHEN PLENTERBESTANDES UND



SL. 1

Taksacioni elementi:	x	φ	γ	d	δ	λ
za jelu	2,91	0,73	0,48	30	32	0,34
za smrču	2,83	0,92	0,33	31	30	0,32
za bukvu	3,44	0,75		32	30	0,56

Prvim grafikonom na sl.1 , kojim je prikazana neto - korelacija izmedju veličine, zapremine jele mješovite sastojine jele - smrče - bukve i boniteta staništa, prikazano je kako se smanjuje veličina te zapremine od I do V bonitetnog razreda kada φ, γ, d, δ i λ imaju srednje veličine. Pri npr. većem udjelu jele od 0,48 bila bi krivulja strmija. To važi za drugu, treću i petu krivulju, kao i za pravac (šesti grafikon sl. 1).

U grafičkim prikazima su, razlikama izmedju ordinata nanesenih tačaka (neispunjeni kružići) i ordinata krivulja odnosno pravaca za iste apscise, predstavljene prosječne veličine rezidijuma za one parcele koje su se, s obzirom na veličinu nezavisne varijable, nalazile u odredjenim intervalima. Brojevi tih parcela su navedeni u visini oznake "n".

D I S K U S I J A

Za nas je ovdje interesantno sljedeće:

kakve su neto - korelacije zapremine jelovih, smrčevih odnosno bukovih stabala preborne sastojine jele - smrče - bukve i taksacionih elemenata koji su uzeti kao nezavisni faktori;

kolika je korelaciona veza izmedju zapremine jelovih, smrčevih odnosno bukovih stabala i tih nezavisnih faktora, uzevši ih zajedno, i

naročito kolika je pouzdanost odredjivanja zapremine jelovih, smrčevih odnosno bukovih stabala preborne sastojine jele - smrče - bukve pomoću funkcija, kao i utvrdjivanje zapremine stabala svih triju vrsta drveća, uzevši ih zajedno. Dakle, zalihe preborne sastojine jele - smrče - bukve.

S obzirom na to da je u ovom radu, u odnosu prema ranijem (10), uzeto više nezavisnih faktora, mogle bi se očekivati neke promjene u neto - korelacijama zapremine stabala vrste drveta i boniteta staništa, omjera smjese razmatrane vrste drveta, prečnika njenog srednjeg stabla i sklopa sastojine u ovom radu u odnosu prema ranijem (10). Bitnije promjene se nisu javile. Izvjesna razlika se javila kod neto - korelacije zapremine stabala i boniteta staništa za jelu i za bukvu; dok su ranije krivulje od I prema V bonitetnom razredu opadale blago degresivno sada opadaju blago progresivno. Za smrču smo i ranije dobili krivulju koja opada blago progresivno. Takodjer se javila mala razlika kod neto - korelacije zapremine bukovih stabala i prečnika srednjeg stabla bukve; sada se krivulja diže blago progresivno, dok se ranije dizala blago degresivno.

Dobivenu netu - korelaciju nije teško objasniti.

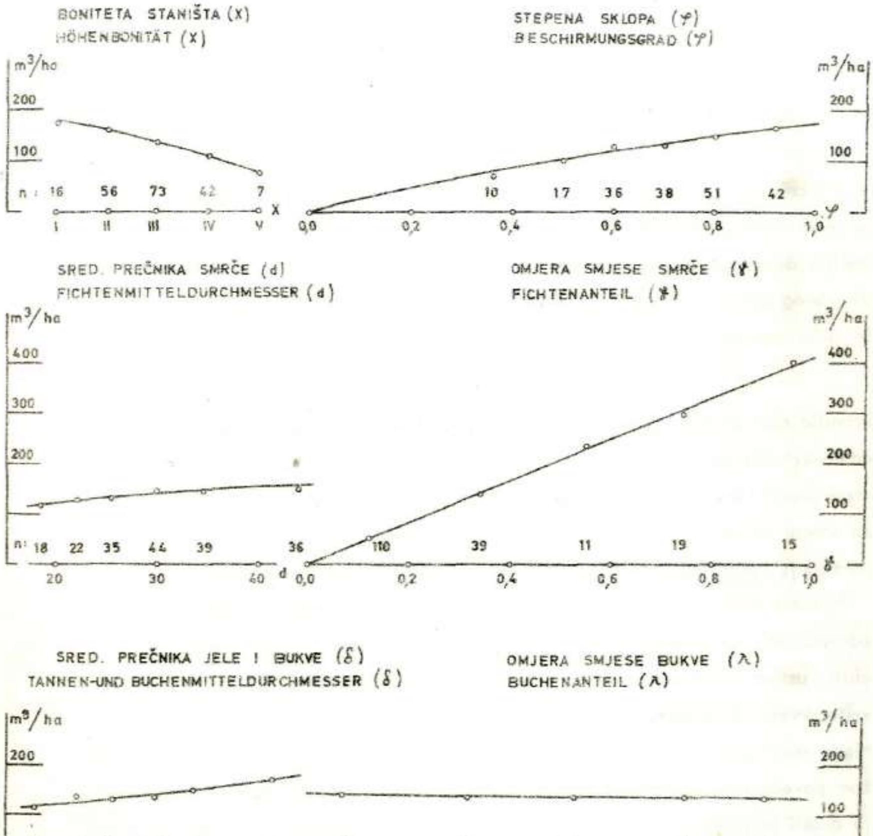
od I do V bonitetnog razreda, pri istim ostalim taksacionim elementima, smanjuje se zapremina stabala vrste drveta zato što su pri lošijem staništu stabla niža i što je stepen medjusobnog prekrivanja stabala manji. Naime, što je lošije stanište, vrsta drveta teže podnosi zasjenjivanje (15). Kako ta dva faktora djeluju u istom smislu, logično je očekivanje da krivulje opadaju progresivno.

Krivulja neto - korelacije zapremine stabala vrste drveta i sklopa sastojine diže se od manjih stepena sklopa do potpunog sklopa, što je i razumljivo. Ali krivulja se pri tome malo povija prema dolje. To se može objasniti time što u sastojini difuznog svjetla ima to više, što je, pri ostalim istim taksacionim elementima, manji stepen sklopa pa je veći i stepen medjusobnog prekrivanja stabala. Drugim riječima, broj stabala vrste drveta se u sastojini usljed opadanja stepena sklopa sastojine ne smanjuje linearno nego je smanjivanje broja stabala nešto manje. Tako npr. ako stepen sklopa padne od 1,0 do 0,5, neće se, ako se vrijednost odnosno veličina ostalih taksacionih elemenata ne izmijeni, smanjiti zapremina stabala vrste drveta za dvostruko nego za nešto manje.

I krivulja neto - korelacije zapremine stabala vrste drveta i njenog udjela u sastojini se, dižući se od manjih do većih omjera smjese, malo povija prema dolje. To se može objasniti konstatovanom pojavom da je u jednom uravnoteženom biotopu veća masa živih bića što je veći broj njihovih vrsta. U mješovitoj sastojini jele - smrče - bukve svaka vrsta, po jedinici prostora koji zauzima, ima više stabala nego u čistoj sastojini jer se vrste medjusobno razlikuju u izvjesnoj mjeri u pogledu svojih ekoloških zahtjeva.

NETO-KORELACIJA ZAPREMINE SMRČE MJEŠOVITE PREBORNE SASTOJINE JELE, SMRČE I BUKVE I

NETTOKORELATION VOM FICHTENVORRAT DES TANNEN-FICHTEN-BUCHEN PLENTERBESTANDES UND



SL. 2

Kako deblja stabla, po m^3 svoje zapremine, zauzimaju veću površinu nego tanja, logično je što se krivulje neto - korelacije zapremina stabala vrsta drveća dižu ako se povećavaju srednji prečnici njihovih stabala. Naravno, pri istim vrijednostima odnosno veličinama ostalih nezavisnih taksacionih elemenata[1]. Nešto je teže objasniti razliku izmedju toka krivulja jele i smrče, s jedne i bukve, s druge strane; dok se kod prvih dviju vrsta one dižu blago degresivno, kod bukve se dižu blago progresivno. To se javilo zato, što se od tanjih prema debljim bukovim stablima površina projekcije krošnje po 1 m^2 stabla povećava izrazito progresivno sve do debljinskog stepena od gotovo 70 cm, dok kod jele počinje blago degresivno povećavanje te površine već kod debljinskog stepena od 30 cm. Kod smrče se to javlja kod još tanjih debljinskih stepenova. Ali to nije jedini razlog. Navedenim razlikama doprinosi to, što smrčeva i jelova stabla u starijoj dobi teže podnose zasjenjivanje nego bukova pa je smanjivanje stepena medjusobnog prekrivanja stabala, usljed povećanja srednjeg prečnika, kod smrče i jele veće nego kod bukve.

Ovdje treba da istaknemo jednu okolnost koja utiče da krivulje nisu strmije uopće, da se krivulja za bukvu ne diže još progresivnije i da se krivulje za jelu i smrču dižu degresivno. Povećanje zapremine razmatrane vrste prati u stopu povećanje zapremine partnera (isti omjer smjese!), što povlači za sobom izvjesno smanjivanje prostora za razmatranu vrstu drveta odnosno koči povećanje njene zapremine usljed povećanja njenog srednjeg prečnika /.

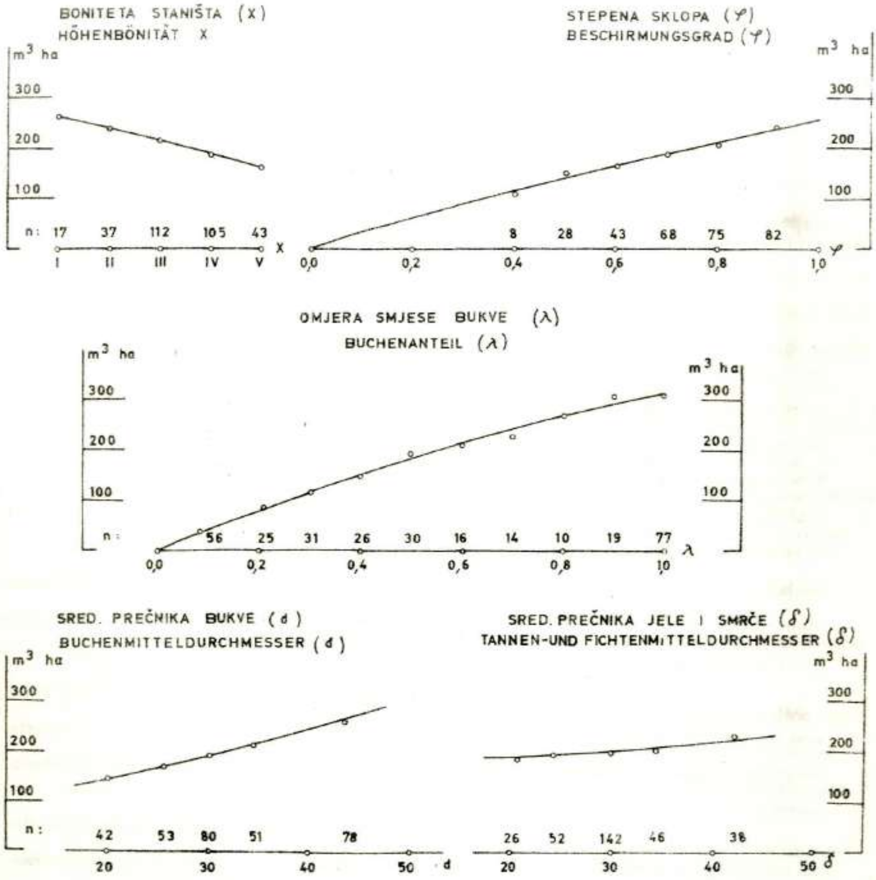
Krivulje neto - korelacije zapremina jelovih, smrčevih odnosno bukovih stabala i prečnika srednjih stabala njihovih partnera imaju isti oblik; usljed povećanja srednjeg prečnika partnera zapremina stabala razmatrane vrste drveta se povećava blago progresivno. U drugom našem poglavlju je objašnjeno zašto povećavanje prečnika srednjeg stabla partnera mora da povuče za sobom povećavanje zapremine stabala razmatrane vrste drveta. Da se krivulje moraju dizati progresivno može se objasniti malo prije izloženom "okolnošću", zbog kojeg se ovdje javlja obratan slučaj, tj. proširivanje prostora za razmatranu vrstu drveta.

---

1) Skrećemo pažnju da je omjer smjese iskazan na bazi odnosa drvnih masa vrsta drveća!

NETO-KORELACIJA ZAPREMINE BUKVE MJEŠOVITE PREBORNE SASTOJINE
JELE, SMRČE I BUKVE I

NETTOKORELATION VOM BUCHENVORRAT DES TANNEN-FICHTEN-BUCHEN PLENTERBESTANDES UND



SL. 3

Za dobivene neto - korelacije zapremine jelovih stabala odnosno smrčevih stabala i udjela bukve, objašnjenje je dato u drugom poglavlju.

Korelacione koeficijente smo odredili pomoću formule koju je E z e k i e l iznio u svome poznatom udžbeniku (3). Oni iznose:

za jelu 0,920
za smrču 0,956
za bukvu 0,951

Oni su znatno viši od koeficijenta kojeg smo dobili prilikom našeg ranijeg rješavanja ovog problema, naročito za jelu (10). Njihove veoma visoke vrijednosti ukazuju na to, da su odabranim funkcijama vrlo dobro obuhvaćeni korelacioni odnosi izmedju zapremine stabala jele, smrče odnosno bukve i taksacionih elemenata koji su uzeti kao nezavisni faktori. Koeficijenti determinacije iznose:

za jelu $(0,920^2 =)$ 0,85
za smrču $(0,956^2 =)$ 0,91
za bukvu $(0,951^2 =)$ 0,90

Prema tome, korelacijom su obuhvaćeni taksacioni elementi od kojih "zavisi" zapremina jele sa 85 %, zapremina smrče sa 91 % i zapremina bukve sa 90 %, a ostali su van razmatranja elementi odnosno faktori od kojih zavise zapremine tih vrsta sa 15 %, sa 9 % odnosno 10 %. Medju ove spadaju taksacioni elementi koje nije moguće utvrdjivati prilikom redovnih uredjajnih radova, kao što je stepen medjusobnog prekrivanja stabala krošnjama. Budući da je zavisnost zapremine stabala jele, smrče odnosno bukve od neobuhvaćenih elemenata odnosno faktora mala, može se tvrditi da se njihovim obuhvatanjem ne bi došlo do bitnije drukčijih neto - korelacija od onih do kojih smo mi došli. Drugim riječima, da dobivene neto - korelacije ne mogu bitnije odstupati od realnih.

Za nas je najvažniji odgovor na posljednje od tri pitanja koje smo postavili na početku ovog poglavlja: kakva je pouzdanost dobivenih funkcija za odredjivanje zapremine stabala pojedinih vrsta drveća i za odredjivanje zapremine stabala sastojine.

E z e k i e l je u svom udžbeniku iznio u općem obliku funkciju za odredjivanje standardne greške veličine neke pojave koja je odredjena pomoću višestruke korelacione funkcije (3, str. 346). Od nje smo pošli prilikom iznalaženja funkcija za odredjivanje standardnih grešaka naših višestrukih korelacionih funkcija (1), (2) i (3). Radi lakšeg objašnjavanja šta smo ustvari učinili i dobili, poslužićemo se jednim jednostavnim primjerom.

Radi odredjivanja krivulje visina za, recimo, čistu jelovu prebornu sastojinu od 50 ha, mjerimo visine oko 200 stabala, birajući ih sistemom koji isključuje subjektivizam. Pretpostavimo da je za izjednačenje primijenjena funkcija parabole, da je ono izvršeno metodom najmanjih kvadrata, a zatim da je krivulja nanesena i da su nanesene visine svih premjerenih stabala.

Dobivena funkcija nije realna, kao naravno ni, krivulja[1]. Realna leži ili više ili niže ili presjeca dobivenu krivulju itd. Oko dobivene krivulje postoji, izmedju ostalih, i pojas (različne širine duž krivulje) unutar koga sa 68 % vjerovatnoćom leži realna krivulja visina stabala za odsjek. Za neki debljinski stepen, linije koje omedjavaju taj pojas, udaljene su od krivulje za veličinu $\pm\ \sigma_x$, gdje je sa σ_x obilježeno standardna greška krivulje.

Pretpostavimo da je dobivena krivulja nekim pukim slučajem realna. Od nanesenih tačaka (visina pojedinih stabala) nalazi se oko 68 % u pojasu koji je omedjen dvjema linijama, iznad i ispod krivulje visina, a udaljene od nje (u smjeru osovine y) za $S = \pm \sqrt{\frac{\Sigma\ z^2}{200-3}}$, gdje su sa z obilježene udaljenosti pojedinih tačaka od krivulje. Ako bi se za neko stablo u sastojini debljinskog stepena x, nasumce odabranog, odredila njegova visina pomoću krivulje, od dobivene visine na taj način realna bi odstupala, a 68 % je vjerovatnoća da odstupanje ne bi bilo veće od S.

Medjutim, učinjena pretpostavka ne stoji, tj. dobivena krivulja nije realna, pa bi to odstupanje bilo veće. Standardna greška utvrdjivanja visine stabala iznosi:

$$\pm \sqrt{S^2 + \sigma_x^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

i 68 % je vjerovatnoća da odstupanje odredjene veličine visine stabala neće biti veće od te standardne greške.

Ako bi se pomoću krivulje odredila aritmetička sredina npr. za nasumce odabranih 100 stabala debljinskog stepena x, maksimalna relativna greška njenog utvrdjivanja bila bi $\pm \sqrt{\frac{S^2}{10} + \sigma_x^2}$, a za 1000 stabala ona bi iznosila $\pm \sqrt{\frac{S^2}{31,62} + \sigma_x^2}$. Budući da se prvi sumand pod korjenom naglo smanjuje to bi se, ako se znatno poveća broj stabala za koji se utvrdjuje aritmetička sredina njihovih visina, standardna greška te sredine, praktično uzevši, svela na standardnu grešku funkcije (krivulje) kod debljinskog stepena x,

---

1) Realna bi se dobila kada bi se izmijerile visine svih stabala u sastojini.

To znači da se do funkcije za odredjivanje standardne greške neke jednostavne funkcije može doći, ako se raspolaže funkcijom koja je analogna funkciji (7), jednostavnim brisanjem veličine S^2 pod korjenom [1].

To ne važi kada se radi o složenim funkcijama,kao što su funkcije (1), (2) i (3). Ako se to ipak učini, dobiva se funkcija koja daje nešto veće standardne greške funkcije od realnih; da bi se dobila realna funkcija , trebalo bi ispod korijena odbiti nešto veću veličinu od S^2. Budući da nije poznato kolika je ta razlika, to smo odbili samo S^2. Prema tome, dobivene funkcije za odredjivanje standardnih grešaka funkcija (1), (2) i (3) daju nešto veće standardne greške od realnih.

Dobili smo vrlo složene funkcije i one glase:

Za jelu

$$
\begin{aligned}
\sigma_y^2 = {} & \frac{\bar{S}^2}{n} + \bar{S}^2\varphi^2\gamma^2 \{0,000002868\,\delta^4 + 1,056\,x^2 + 0,01253\,d^2 + \\
& + 0,01076\,\delta^2 + 0,02382\,x^4 + 1,411\,\varphi^2 + 1,208\,\gamma^2 + 0,000002987\,d^4 + \\
& + 0,000001721\,x^2 d^2\,\delta^2 + 1.258\,.\,\lambda^2 + 2\,[\delta^2\,(0,00059\,x + 0,00007403\,d - \\
& - 0,0001616\,\delta - 0,00006549\,x^2 - 0,0001814\,\varphi + 0,0003388\,\gamma - \\
& - 0,0000007564\,d^2 - 0,0000002568\,xd\delta + 0,0002966\,\lambda) + x\,(-\,0,03432\,d - \\
& - 0,02241\,\delta - 0,1462\,x^2 - 0,4952\,\varphi - 0,2455\,\gamma + 0,0006446\,d^2 \\
& - 0,0002157\,xd\delta - 0,2389\,.\,\lambda) + d\,(-\,0,006789\,\delta + 0,003335\,x^2 - \\
& - 0,02009\,\varphi - 0,01889\,\gamma - 0,000185\,d^2 + 0,00001086\,xd\delta + 0,002494\,\lambda + \\
& (0,003907\,x^2 - 0,001912\,\varphi - 0,02434\,\gamma + 0,000088\,d^2 + 0,00000205\,xd\delta - \\
& - 0,02653\,\lambda) + x^2\,(0,05504\,\varphi + 0,0254\,\gamma - 0,0000519\,.\,d^2 + 0,00001144\,xd\delta + \\
& + 0,02488\,\lambda) + \varphi\,(0,08115\,\gamma + 0,000135\,d^2 + 0,0001858\,xd\delta - \\
& - 0,02216\,\lambda) + \gamma\,(0,0002015\,d^2 + 0,00008313\,xd\delta + 0,7623\,\lambda) + \\
& + d^2\,(-\,0,000000308\,xd\delta - 0,00009015\,\lambda) + 0,00008131\,xd\delta\lambda\,]\}\;;
\end{aligned}
$$

---

1) Taj postupak je bespredmetan kada su u pitanju jednostavne funkcije za koje je riješeno pitanje utvrdjivanja njihovih standardnih greški, kao što je parabola. Interesantan je kada se radi o složenim funkcijama za koje to nije riješeno, kao što su naše.

Za smrču

$$
\begin{aligned}
\sigma_y^2 = {} & \frac{\bar{S}^2}{n} + \bar{S}^2 \,.\, \varphi^2 \gamma^2 \{ 0,00002131\, \delta^4 + 1,19\, x^2 + 0,03099\, d^2 + \\
& + 0,05373\, \delta^2 + 0,0257\, x^4 + 2,961 \,.\, \varphi^2 + 1.992\, \gamma^2 + 0,000008097\, d^4 + \\
& + 0,0000004816\, x^2 d^2 \delta^2 + 3,393 \,.\, \lambda^2 + 2\, [\delta^2 (0,001068\, x + \\
& + 0,0004586\, d - 0,001035\, \delta - 0,00002257\, x^2 + 0,002878\, \varphi + 0,0007924\, \gamma - \\
& - 0,000005\ 66\, d^2 - 0,000001035\, xd\delta + 0,0002324\, \lambda) + x\, (- 0,05204\, d - \\
& - 0,03917\, \delta - 0,1488\, x^2 - 0,2898\, \varphi - 0,1177\, \gamma + 0,001263\, d^2 - \\
& - 0,0004668\, xd\delta - 0,3068\, \lambda) + d\, (- 0,02633\, \delta + 0,006598\, x^2 + 0,004715\, \varphi - \\
& - \,.\, - 0,09373\, \gamma - 0,0004789\, d^2 + 0,000013o9\, xd\delta - 0,01682\, \lambda) + \\
& + \delta\, (0,002056\, x^2 - 0,1716\, \varphi - 0,03943\, \gamma + 0,0003507\, d^2 + 0,00002482\, xd\delta - \\
& - 0,03477\, \lambda) + x^2\, (0,01625\, \varphi + 0,01543\, \gamma - 0,000124\, d^2 + \\
& + 0,00001975\, xd\delta + 0,03131\, \lambda) + \varphi (0,5337\, \gamma - 0,0003391\, d^2 + \\
& + 0,0003128\, xd\delta - 0,06705\, \lambda) + \gamma\, (0,001282\, d^2 + 0,0001481\, xd\delta + \\
& + 1,411\, \lambda) + d^2\, (- 0,0000006408\, xd\delta + 0,000075\, \lambda) + 0,0001944\, xd\delta\lambda] \};
\end{aligned}
$$

Za bukvu

$$
\begin{aligned}
\sigma_y^2 = {} & \frac{\bar{S}^2}{n} + \bar{S}^2 \varphi^2 \lambda^2 \{ 0,000001239\, d^4 + 0,00000\ 1814\, \delta^4 + \\
& + 0,2572 \,.\, x^2 + 0,00565\, d^2 + 0,00648\, \delta^2 + 0,006532\, x^4 + o,772\, \varphi^2 + \\
& + 0,2977\, \lambda^2 + 0,00000005734\, x^2 d^2 \delta^2 + 2\, [d^2 (- 0,0000003709\, \delta^2 + \\
& + 0,000235\, x - 0,00007951\, d + 0,00003559\, \delta - 0,00002512\, x^2 + \\
& + 0,0001871\, \varphi + 0,00006299\, \lambda - 0,00000006637\, xd\delta) + \delta^2 (0,0001377\, x \\
& + 0,00004174\, d - 0,0001005\, \delta - 0,000001022\, x^2 + 0,0001913\, \varphi + \\
& + 0,00016\, \lambda - 0,0000001101\, xd\delta) + x\, (- 0,01467\, d - 0,006761\, \delta - \\
& - 0,03664\, x^2 - 0,05116\, \varphi - 0,0002533\, \lambda - 0,00002657 \,.\, xd\delta) + \\
& + d\, (- 0,003197\, \delta + 0,002128\, x^2 - 0,01388\, \varphi - 0,004964\, \lambda + 0,000004611 \,. \\
& xd\delta) + \delta (0,0004361\, x^2 - 0,01952\, \varphi - 0,01047\, \lambda + 0,000001673\, xd\delta) + \\
& + x^2 (0,002751\, \varphi - 0,001245\, \lambda - 0,000003411\, xd\delta) + \\
& + \varphi\, (- 0,03006\, \lambda + 0,00006001\, xd\delta) + 0,0000113\, xd\delta\lambda] \}
\end{aligned}
$$

Sa σ_y je označena srandardna greška (funkcije).

$\bar{S} = \sqrt{\frac{\Sigma z^2}{n - m}}$, gdje su sa z označeni rezidijumi (razlike izmedju konstatovanih zapremina stabala jele, smrče odnosno bukve i odredjenih zapremina po funkcijama (1), (2) i (3)), a sa m broj parametara funkcije (1), (2) odnosno (3). Sa n je označen broj probnih parcela. Ostale oznake su iste kao i u funkcijama (1), (2) i (3).

Ove nam funkcije mogu poslužiti za izračunavanje približne standardne greške koju činimo prilikom primjene funkcije (1), (2) ... (6) za odredjivanje zapremine jelovih, smrčevih odnosno bukovih stabala preborne sastojine jele - smrče - bukve ako su nam poznati taksacioni elementi koji su uzeti kao nezavisne varijable. Razlog je onaj isti koji smo malo prije naveli, kad je bilo govora o odredjivanju aritmetičke sredine velikog broja stabala pomoću krivulje visina. Naime, kada utvrdjujemo kolika treba da bude veličina zalihe preborne sastojine po ha (optimalne zalihe, normalne), utvrdjujemo prosječnu zalihu za sve sastojine koje pripadaju onoj kategoriji šume koja je odredjena odabranim nezavisnim taksacionim elementima. Dakle, ne radi se o utvrdjivanju zalihe neke sastojine od 1 ha, koliko su imale naše probne parcele, nego o prosječnoj sastojini čija ukupna površina iznosi, po pravilu, mnogo hiljada hektara.

Za nekoliko slučajeva smo pomoću funkcija (1), (2) i (3) izračunali zapremine jelovih, smrčevih i bukovih stabala prebornih sastojina, kao i standardne greške izračunatih zapremina pomoću navedenih funkcija, i podatke unijeli u tabelu 1. U tabeli smo iznijeli i maksimalne relativne greške utvrdjenih zapremina na bazi 95 % vjerovatnoće (2σ). Izračunati su ti podaci i za mješovite sastojine kao cjeline.

Za izračunavanje njihovih standardnih (i maksimalnih relativnih) grešaka primjenjena je poznata formula koja je razradjena na bazi pretpostavke da, recimo za naš slučaj, veličina zapremine jedne vrste drveta (pri odredjenim veličinama odnosno vrijednostima zavisnih taksacionih elemenata!) ne zavisi od veličine zapremine druge vrste drveta odnosno drugih dviju vrsta drveća[1]. Kako to ne stoji, to su realne standardne i maksimalne relativne greške nešto veća od navedenih pod 8d, 9d i 10c[2].

1) Primijenjena je formula $\sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_j^2 + \sigma_{smr.}^2 + \sigma_{bk.}^2}$. Koliko nam je poznato, za slučaj kada postoji zavisnost nije teoretski razradjen postupak za odredjivanje standardne greške.

2) Realne maksimalne relativne greške morale bi, po našem ubjedjenju, biti znatno manje od ponderisanog prosjeka tih grešaka za pojedine vrste drveća koje sačinjavaju mješovitu sastojinu.

Tabela 1

Red. broj	Vrsta drveta	Nezavisni taksacioni element						σ_y u m^3	δ_y u m^3	Maksimalna relativna greška u %
		x	φ	γ	λ	d	δ			
			Čiste preborne sastojine							
1.	jela	3	0,7	1,0	0,0	30	(30)	374	± 10,8	± 5,8
2.	jela	4	0,7	1,0	0,0	24	(30)	283	± 15,6	± 11,0
3.	smrča	3	0,7	1,0	0,0	30	(30)	404	± 11,4	± 5,6
4.	smrča	2	0,7	1,0	0,0	26	(30)	448	± 12,7	± 5,7
5.	bukva	3	0,7	-	1,0	30	(30)	300	± 6,9	± 4,6
6.	bukva	2	0,73	-	1,0	25	(30)	298	± 7,9	± 5,3
7.	bukva	4	0,68	-	1,0	22	(30)	195	± 8,9	± 9,1
		Mješovite sastojine jele - smrče - bukve								
	a) jela	3		0,5	0,3	30	30	197	± 6,0	± 6,1
	b) smrča	3		0,2	0,3	30	30	84	± 3,8	± 9,0
	c) bukva	3		-	0,3	30	30	109	± 4,1	± 7,5
8.	d) ukupno		0,7					390	± 8,4	± 4,3
	a) jela	3		0,7	0,1	26	24	228	± 7,5	± 6,6
	b) smrča	3		0,2	0,1	25	26	74	± 4,4	± 12,0
	c) bukva	3,6			0,1	22	26	28	± 2,8	± 19,6
9.	d) ukupno		0,7					330	± 9,1	± 5,5
	a) jela	4		0,6	0,4	24	20	131	8,4	± 12,8
	b) bukva	4,6			0,4	20	24	80	± 10,6	± 13,2
10.	c) ukupno		0,67					211	± 9,9	± 9,4

Iz izloženih podataka se vidi da za čiste jelove, smrčeve i bukove preborne sastojine te za mješovite preborne sastojine jele, smrče i bukve (kao cjeline!) maksimalne relativne greške iznose od cca $\pm$ 6 % do $\pm$ 10 %. Manje greške su se javile u onim slučajevima kada se veličine odnosno vrijednosti nezavisnih faktora ne razlikuju mnogo od prosječnih njihovih veličina odnosno vrijednosti izvornog materijala. Tako su npr. odstupanja nezavisnih taksacionih elemenata od prosječnih kod sastojine pod rednim brojem 9 veća nego kod sastojine pod rednim brojem 8, pa su veće i maksimalne relativne greške.

To važi i za sastojinu:

pod brojem 10 u odnosu na sastojinu pod brojem 9,
pod brojem 2 u odnosu na sastojinu pod brojem 1,
pod brojem 4 u odnosu na sastojinu pod brojem 3,
pod brojem 6 u odnosu na sastojinu pod brojem 5

itd.

Izloženo važi i za pojedine vrste drveća mješovitih sastojina. Maksimalne relativne greške izračunatih njihovih zapremina iznose od cca $\pm$ 6 % do $\pm$ 13 %. Ističe se greška obračunate zapremine bukve kod sastojine pod rednim brojem 9, i to zato što se nezavisni taksacioni elementi za bukvu mnogo razlikuju od prosječnih elemenata izvornog materijala.

Odstupanja nezavisnih taksacionih elemenata od prosječnih elemenata izvornog materijala ne izazivaju jednaka povećanja maksimalnih relativnih grešaka utvrdjenih zapremina, kada se radi o odstupanjima koja za sobom povlače povećanje zapremine vrste drveta odnosno sastojine i o odstupanjima koje povlače smanjivanje tih zapremina. Dok je u prvom slučaju povećanje maksimalnih relativnih grešaka neznatno, u drugom je ono vrlo veliko. To je i razumljivo.

Greške izračunatih zapremina po funkcijama dolaze do izražaja kod mješovitih sastojina: omjer smjese izračunate zapremine sastojine razlikuje se od omjera smjese od kojeg se pošlo prilikom izračunavanja zapremina pojedinih vrsta drveća. Ako se kod mješovite sastojine pod rednim brojem 8 uzme ukupna zapremina od 390 m^3 kao realna, onda bi s obzirom na omjer smjese od kojeg se pošlo, tj. jela 0,5, smrča 0,2 i bukva 0,3, trebalo da zapremina jelovih stabala iznosi 195 m^3, smrčevih 78 m^3 i bukovih 117 m^3. Izračunate zapremine iznose 197 m^3, 84 m^3 odnosno 109 m^3. Kod mješovite sastojine pod rednim brojem 9 trebalo bi, ako se prihvate njene "ukupne" zapremine kao realne, da zapremina jele iznosi 231 m^3, smrče 66 m^3 i bukve 33 m^3, a kod sastojine pod rednim brojem 10, uz istu pretpostavku, trebalo bi da zapremina jele iznosi 127 m^3 i zapremina bukve 84 m^3. I kod ova dva slučaja su se javile razlike, što je, naravno i logično. Važno je to da razlike leže u okviru izračunatih maksimalnih relativnih grešaka.

To istovremeno ukazuje da primijenjene funkcije za izračunavanje standardnih grešaka zapremina jelovih, smrčevih i bukovih stabala sastojine jele, smrče i bukve ne odstupaju mnogo od realnih, bar ne u slučajevima za koje smo mi zainteresovani. Navedenim primjerima su, s obzirom na veličinu maksimalnih relativnih grešaka, uglavnom obuhvaćeni svi slučajevi koji će se javiti prilikom utvrdjivanja normalnih sastava. Nisu obuhvaćeni slučajevi I i V bonitetnog razreda. Medjutim, oni su sa privrednog stanovišta beznačajni jer šume i šumska zemljišta tih bonitetnih razreda participiraju u ukupnoj površini šuma odnosno šumskih zemljišta sa oko 3 %.

Z A K L J U Č A K

Na osnovu izloženog, posebno s obzirom na činjenicu da utvrdjene korelacije spadaju u kategoriju "veoma visokih korelacija", možemo tvrditi da su one realne u velikom stepenu i da mogu poslužiti kao vrlo solidne osnove za rad u praksi.

Prilikom ocjene funkcija pod (1), (2) i (3) za odredjivanje zapremine jelovih, smrčevih i bukovih stabala prebornih sastojina jele, smrče i bukve treba imati u vidu sljedeće činjenice: prvo, da mi buduće potrebe društva u pogledu asortimana glavnih šumskih proizvoda ne možemo pouzdano utvrdjivati nego se moramo zadovoljavati aproksimativnim ocjenama i drugo, da ne možemo tačnije odrediti debljinske priraste sastojina normalnog sastava. Kako od tih elemenata zavisi debljinska struktura stabala vrste drveta preborne sastojine, to se ne mogu tačnije utvrdjivati prečnici njihovog srednjeg stabla. Osim toga ne može se tačnije utvrditi ni normalni stepen sklopa. Prema tome, ne mogu se sigurnije utvrditi ni neki od naših nezavisnih taksacionih elemenata. Iz ovoga se može zaključiti da nas pouzdanost dobivenih funkcija za odredjivanje zapremina može zadovoljiti, jer su greške funkcija relativno male. Ne treba gubiti iz vida da se radi o biološkoj oblasti u kojoj gotovo svaka pojava zavisi od bezbroj faktora. Mi smo se morali ograničiti na jedan njihov dio, na onaj koji se u redovnoj praksi utvrdjuje. Na sreću njihov uticaj je vrlo veliki.

Na osnovu izloženog može se učiniti sljedeća preporuka za utvrdjivanje zapremine jelovih, smrčevih i bukovih stabala mješovite preborne sastojine jele, smrče i bukve: najprije treba pomoću funkcija izračunati zapremine stabala pojedinih vrsta drveća, njih sumirati, a zatim na osnovu ukupne zapremine sastojine i omjera smjese, od kojih se pošlo, izračunati zapremine pojedinih vrsta drveća. Ovo stoga što je "ukupna" zapremina opterećena manjom relativnom greškom nego zapremine pojedinih vrsta drveća.

Matić ing. Vasilije

DIE ABHÄNGIGKEIT DES VORRATES IM PLENTERARTIGEN TANNEN-FICHTEN - UND BUCHENBESTAND VON ANDEREN TAXATIONSELEMENTEN DES BESTANDES

Zusammenfassung

In dieser Abhandlung wurden die Untersuchungsresultaten über die Korrelationsbeziehungen zwischen den Tannen - Fichten - und Buchenvorrat plenterartiger Rein - und Mischbestände einerseits und die Höhenbonität mit Rucksicht auf betreffende Holzart, ihren Anteil im Bestande, ihren Mitteldurchmesser, den Mitteldurchmesser anderer Holzarten und den Beschirmungsgrad anderseits dargelegt. Ausserdem wurde für Tanne und Fichte auch die Beziehung zwischen den Tannen - bzw. Fichtenvorrat und den Buchenanteil umfasst. Für diese Untersuchungen wurden mehrfache Korrelation angewandt. Zur diesen Zweck wurden diejenige Funktionen angewandt die unmittelbare Bestimmung des Tannen-, Fichten- und Buchenvorrats ermöglichen wenn die Taxationselemente, die als unabhängige Faktoren angenommen wurden, bekannt sind.

Erhaltene Funktionen für die Tanne, Fichte und Buche (1), (2) und (3) beziehen sich auf die Mischbestände und Funktionen (4), (5) und (6) auf die Reinbestände. Die Variablenbezeichnung sind aus dem Bildern sichtbar. In den Bildern sind Nettokorrelationsbeziehungen, die Probeflächenzahlen und die durchschnittlichen Residiumgrössen darchgestellt. Die Probeflächen waren ungefähr 1 ha gross.

Korrelations- und Determinations koeffizienten sind folgende: 0,920 bzw. 0,85 für die Tanne, 0,956 bzw. 0,91 für die Fichte und 0,951 bzw. 0,90 für die Buche. Autor hat gezeigt dass der maximale relative Fehler des mittels der Funktionen berechneten Bestandesvorrates nicht grösser von $\pm$ 5 - 10 % ist. Grössere Fehler vorkommen dann wenn es sich um die Fälle handelt, die selten sind.

L I T E R A T U R A

1. BIOLEY, C.D., prevod EBERBACH: Forsteinrichtung auf der Grundlage der Erfahrung und insbesondere des Kontrolverfahrens. Karlsruhe, 1922

2. DRINIĆ, P.: Taksacione osnove za gazdovanje šumama crnog bora u Bosni. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo, Sarajevo, 1963

3. EZEKIEL, M.: Methods of Correlation Analysis. Second edition. New York, 1956

4. FLURY, Ph.: Über den Aufbau des Plenterwaldes. Mitteil. der Schweiz. Centralanstalt f.d. forstliche Versuchswesen. XV.B., H.2, 1929

5. FRANÇOIS, T.: La composition theorique normale de futais jardinées de Savoie. Revue de eaux et forêts 1938. Prevod K.Pintarić - rukopis

6. KLEPAC, D.: Novi sistem uredjivanja šuma, Zagreb, 1961

7. KNUCHEL, H.: Planung und Kontrole im Forstbetrieb. Aarau, 1950

8. MATIĆ, V.: Normalno stanje jelovih i smrčevih prebornih šuma. Radovi Poljoprivredno-šumarskog fakulteta, Sarajevo, 1956

9. MATIĆ, V.: Taksacioni elementi prebornih šuma jele, smrče i bukve. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo, Sarajevo, 1959

10. MATIĆ, V.: Osnovi i metod utvrdjivanja normalnog sastava prebornih sastojina jele, smrče, bukve i hrasta na području Bosne. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo, Sarajevo br.8, 1963

11. MILETIĆ, Ž.: Metod normale uredjivanja preborne šume na Kršu. Jugoslovenska akademija znanosti i umjetnosti, 1957

12. PRODAN, M.: Die theoretische Bestimmung des Gleichsgewichtszustandes im Plenterwalde. Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen, 1949

13. SCHAEFFER-GASIN-D'ALVERNY.: Sapinieres, Paris, 1930. Prevod K.Pintarić - rukopis

14. STOJANOVIĆ, O.: Taksacione osnove za gazdovanje šumama bijelog bora u Bosni. Radovi Šumarskog fakulteta i Instituta za šumarstvo, Sarajevo, 1966

15. WALTER, H.: Grundlagen der Pflanzenverbreitung, Standortslehre, Stuttgart, 1955

S A D R Ž A J