

RAZVOJ STRUKTURNIH ELEMENATA U MJEŠOVITIM SASTOJINAMA HRASTA LUŽNJAKA NA PODRUČJU UPRAVE ŠUMA BJELOVAR S OSVRTOM NA MODELIRANJE MJEŠOVITIH PRIRASNO PRIHODNIH TABLICA*

DEVELOPMENT STRUCTURE ELEMENTS IN MIXED OAK STANDS IN AREA OF FOREST ADMINISTRATION BJELOVAR WITH RETROSPECT ON MODELLING GROWTH AND YIELD OF MIXED STANDS

Krunoslav GODINA**

SAŽETAK: Za modeliranje tzv. mješovitih prirasno – prihodnih tablica bitno je poznavanje biološke raznolikosti, dinamike mješovitih sastojina, te modela rasta i proizvodnje.

U negospodarenim mješovitim sastojinama triju subasocijacija unutar tri starosne skupine (12–15; 19–22; 27–30 god.) na primjernim plohama je prilikom izmjere procjenjivana vitalnost svakog stabla kao posljedice natjecanja krošanja za svjetlo. Opažanjem je određena konkurentnost među susjednim dominantnim stablima, te je procijenjen utjecaj na perspektivna stabla, ponajprije glavne vrste iz donje etaže. Simuliranom sječom dana je prednost hrastu lužnjaku, a uklanjani su uglavnom predrasti i dominantna stabla pratećih vrsta. U strukturu sastojine nisu ušli sušci i suviše potisnuta stabla, a što s prethodno navedenim daje ukupnu simuliranu sječū. Na taj način dobivena je glavna sastojina. Za glavnu sastojinu izvršena je projekcija razvoja srednjeg stabla prema vrstama drveća, na temelju čega su određeni strukturni elementi nakon pet godina. Projekcija razvoja dobivena je na osnovi uzoraka opsega i visina stabala svih starosnih skupina subasocijacije, izjednačenjem podataka pomoću modificirane Mihajlove funkcije.

Ključne riječi: sastojina izmjere, glavna sastojina, proicirana sastojina, modeli rasta, simulirana sječa, samoprorjeđivanje, produkcijski i akumulirani tečajni volumni prirast

1. UVOD – Introduction

Hrast lužnjak je najznačajnija vrsta naših nizinskih šuma. Dolazi u čistim i mješovitim jednodobnim sastojinama. Zbog različitih utjecaja prirodna ravnoteža nizinskih šuma u određenoj mjeri je narušena, a što se

odražava i na strukturi sastojina. Općenito razvoj mješovite sastojine podrazumijeva promjene strukturnih elemenata koje nastaju u određenom razdoblju. Istraživanjem strukture mješovitih sastojina dolazimo do važnih podataka o njihovom razvoju, procesima konkurencije, odumiranja i obnavljanja. Postoji više definicija o tome što je struktura sastojine, ona je pojednostavljeno horizontalni i vertikalni raspored stabala (Franklin, 1981).

Proučavanje proizvodnosti sastojina važno je za provođenje pravilnog gospodarenja. Nekada su potporu u planiranju činile prirasno prihodne tablice, a u zadnjih tridesetak godina inozemna istraživanja kreću se prema više dinamičnim programskim sustavima.

* Rad je dio magistarskog specijalističkog rada, obranjenog 16. 01. 2009. godine na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Izv. prof. dr. sc. Juro Čavlović, mentor, doc. dr. sc. Mario Božić, predsjednik povjerenstva za obranu rada, Šumarski fakultet u Zagrebu, dr. sc. Tomislav Dubravac, član, Šumarski institut Jastrebarsko

** mr. sp. Krunoslav Godina, dipl. ing. šum., Hrvatske šume, UŠP Bjelovar, Šumarija Pakrac, Trg Bana Jelačića 3, Pakrac, krunoslav.godina@hrsume.hr

2. PROBLEM I CILJ ISTRAŽIVANJA – Problem and goal of research

Struktura mješovite sastojine je vrlo kompleksna. Ponekad jednostavnom izmjerom nije lako odrediti zakonitosti koje međusobno povezuju različite strukturne elemente bez razmatranja prirodnih čimbenika. U sastojini se za vrijeme trajanja ophodnje neprekidno odvija borba među stablima istih i različitih vrsta za vodom, hranivima i svjetlom.

U negospodarenim mladim mješovitim sastojinama odvija se proces odumiranja stabala kao posljedica različitog osvjetljenja krošnji. Na temelju toga može se izvršiti klasifikacija stabala, procjenjujući vitalitet i razvojni potencijal svakog stabla. Proces odumiranja usko je vezan uz konkurenciju stabala. Konkurenciju razmatramo ponajprije na osnovi udaljenosti između susjednih dominantnih stabala i utjecaja njihovih krošnji na razvoj okolnih nižih. Procesi konkurencije i odumiranja stabala u sastojini imaju utjecaja na razvoj svih strukturnih elemenata.

Na osnovi sličnih spoznaja, paralelno s napredovanjem računalne tehnologije u inozemstvu se počinje

razmatrati sastojinu kao više dinamični sustav. Metode simulacije dinamike dobivaju prednost pred prirasno prihodnim tablicama koje odviše statički razmatraju razvoj sastojine. Unatoč tomu, ove metode su kod nas još uvijek nedovoljno istražene. U svrhu pridobivanja novih spoznaja, kratko će biti predstavljeni modeli rasta i proizvodnje kao zamjena za tradicionalne prirasno prihodne tablice.

Osnovni cilj ovog rada je istraživanje koezistencije vrsta u trima subasocijacijama hrasta lužnjaka u I. i II. dobnom razredu. Da bi se ostvario postavljeni cilj, potrebno je proučiti razvoj strukturnih elemenata u mješovitim sastojinama u kojima se zakasnilo s provedbom uzgojnih radova s obzirom na konkurenciju između vrsta, samoprorjeđivanje, odnosno odumiranje stabala, starost sastojine i utjecaj simulirane sječe. Na osnovi toga treba odrediti glavnu sastojinu i izvršiti projekciju razvoja strukturnih elemenata.

3. OSVRT NA MODELIRANJE RASTA I PROIZVODNJE MJEŠOVITIH SASTOJINA Retrospect on modelling growth and yield of mixed stands

Proučavanje proizvodnosti šuma razvilo se tijekom 18. stoljeća, a rezultati tog istraživanja izražavali su se pomoću tablica iz kojih su se s vremenom razvile prirasno prihodne tablice. Iz njih se mogu izvesti prirasno prihodne tablice za mješovite sastojine. U izvedenim tablicama zbog jednostavne računske konstrukcije odnosi vrsta drveća prema broju stabala, visini i promjeru srednjeg stabla često ne predstavljaju realne odnose u mješovitim sastojinama.

Naime, za modeliranje rasta i proizvodnje mješovitih sastojina važno je poznavanje studija o biološkoj raznolikosti, šumskoj dinamici i samih modela rasta i

proizvodnje. Model rasta sastojine je apstrakcija prirodne dinamike u šumskim sastojinama. Jednostavni sastojinski modeli povezuju srednji promjer i visinu s dobi sastojine. Složeni koriste znanje o međustablovnoj udaljenosti, pokazateljima terena i temeljnicu sastojine da empirički simuliraju međustablovno natjecanje sa izvorima svjetla, vode i hraniva. Póрте i Bartelink (2002) istaknuli su šest kategorija modela. Za modeliranje šumske dinamike uglavnom su se koristili modeli distribucija, gap modeli i modeli stabala zavisni o udaljenosti. No svi, osim gap modela bliže su načelu modeliranja čistih sastojina.

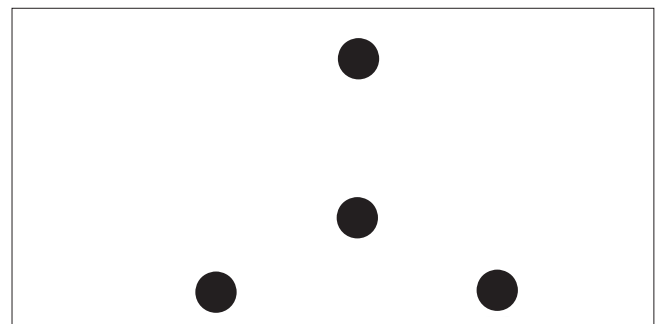
4. MATERIJAL I METODE – Material and methods

Istraživanje je provedeno na području UŠP Bjelovar u tri subasocijacije hrasta lužnjaka (*Carpino betuli* – *Quercetum roboris typicum* Rauš 1971; *Genisto elatae* – *Quercetum roboris caricetosum brisoides* Ht. 1938; *Genisto elatae* – *Quercetum roboris caricetosum remotae* Ht. 1938).

Razmjerno je položeno ukupno 56 primjernih ploha u negospodarenim mješovitim sastojinama, koje odgovaraju razvojnim stadijima mladika, koljika i letvika, odnosno pripadajućim starosnim skupinama: I. (12 – 15 god.), II. (19 – 22 god.) i III. (27 – 30 god.).

U tablici 1. prikazani su odsjeci prema šumarijama i gospodarskim jedinicama s brojem položenih ploha. Polaganje ploha izvršeno je prema CLVP principu (slika 1). Plohe su krugovi radiusa 5,64 m i površine

100 m². Svim stablima unutar kruga izmjeren je opseg u prsnoj visini pomoću mjerne vrpce. Visine domina-



Slika 1. Polaganje ploha prema CLVP principu (Schmigelow, 1997)

Picture 1 Putting the plots according CLVP principle (Schmigelow, 1997)

Tablica 1. Pregled odabranih odsjeka za istraživanje
 Table 1. Review of chosen subcompartments for research

Šumarija <i>Forest Office</i>	Gospodarska jedinica <i>Management Unit</i>	Odjel, odsjek <i>Compartment</i>	Starost (g.) <i>Age (yr)</i>	Broj ploha <i>Number of plots</i>
Bjelovar	Česma	24 f	13	2
Bjelovar	Česma	24 a	15	3
Grubišno Polje	Zdenački Gaj - Prespinjača	19 b	13	2
Čazma	Čazmanske nizinske šume	26 a	20	3
Garešnica	Trupinski - Pašijanski gaj	25 b	20	3
Grđevac	Trupinski - Pašijanski gaj	18 b	27	4
Grđevac	Trupinski - Pašijanski gaj	1 a	30	3
Bjelovar	Česma	25 d	15	4
Bjelovar	Bolčansko - Žabljački lug	13 a	15	2
Bjelovar	Česma	56 d	20	4
Ivanska	Dugački gaj - Jasenova - Drljež	69 b	20	3
Čazma	Čazmanske nizinske šume	40 g	30	4
Bjelovar	Česma	41 c	30	2
Bjelovar	Česma	57 e	15	4
Čazma	Česma	16 a	14	2
Bjelovar	Česma	32 a	19	4
Vrbovec	Česma	63 a	20	2
Bjelovar	Česma	60 d	27	3
Čazma	Česma	18 b	28	2

ntnih stabala izmjerene su pomoću visinomjera Sunto, dok su visine nižih stabala na plohi procijenjene. Kao taksacijska granica uzet je opseg od 10 cm. Paralelno s izmjerom provodila se klasifikacija stabala prema vitalnosti i simulacija sječe. Promjene u sastojini promatrane su s obzirom na izmjereno početno stanje, prirodne procese koji uključuju samoprorjeđivanje i izlučivanje stabala, vanjske zahvate, odnosno simuliranu sječicu prilikom izmjere, projekciju razvoja na osnovi modela rasta, te računski predviđenu sječicu na kraju razdoblja. Na temelju prethodno navedenog za petogodišnje razdoblje istraživana je sastojina izmjere, glavna i proicirana sastojina.

Za potrebe izračuna volumena sastojine izmjere prema kategorijama vitalnosti i ukupno dobivene su sastojinske visinske krivulje za sve vrste drveća izjednačenjem uzoraka visina i opsega stabala po funkciji Mihajlova u aplikativnom programu Statistica 6.0. Na taj način dobivena je ukupno 21 visinska krivulja. Za svaki od uzoraka opsega i visina stabala određeni su

statistički podaci (\bar{x} , S.D., S.E.). Volumen srednjih stabala unutar pojedine kategorije vitalnosti određen je na temelju temeljnice i visine srednjeg stabla, te obličnog broja koji je uzet kao konstantna vrijednost od 0,5 (formula 1).

$$V_s = g_s \times h_s \times f \quad (1)$$

Glavna sastojina dobivena je na način da su iz strukture sastojine nakon simulirane sječe na plohamu izuzeti sušci, te sva ona previše potisnuta stabla koja su ocijenjena da više ne mogu povratiti vitalnost, što zajedno predstavlja ukupnu simuliranu sječicu. Zatim je za glavnu sastojinu određena projekcija razvoja strukturnih elemenata korištenjem modela rasta. Modeli rasta visine, protekom vremena za svaku od tri istraživane subasocijacije dobiveni su izjednačenjem uzoraka visina stabala po modificiranoj funkciji Mihajlova (formula 2) u programu Statistica 6.0.

$$h = b_o \times e^{-\frac{b}{t}} \quad (2)$$

Na isti način su dobiveni modeli rasta opsega.

5. REZULTATI RADA S RASPRAVOM – Research results with discussion

U rezultatima je prikazano kako se promjene osnovnih strukturnih elemenata odnose na temeljnicu, volumen sastojine i tečajni volumni prirast. Pritom je

interesantno povećanje, smanjenje ili stagnacija strukturnih elemenata glavne i proicirane sastojine u odnosu na izmjerenu.

5.1. Sastojina izmjere – Mensuration stand

Sastojina izmjere zapravo je negospodarena sastojina, gdje mali stupanj osvjetljenja krošnje može biti ograničavajući čimbenik razvoja. Mnoga se stabla poti-

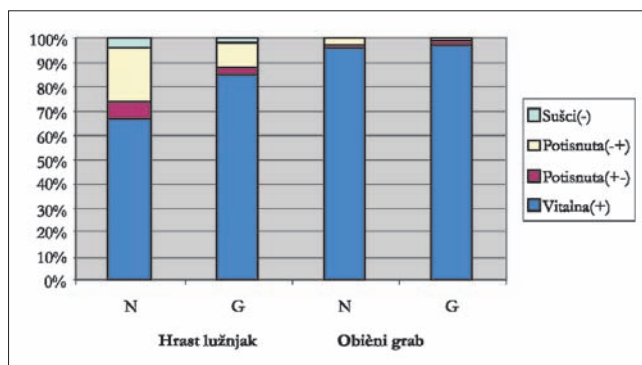
snuta od jačih u području svoje mikrookoline približavaju ekološkom minimumu. Sastojina izmjere bit će razmotrena prema kategorijama vitalnosti s obzirom na broj

stabala i temeljnicu. Valja napomenuti da je volumen sastojine izmjere 1,5 do 2,5 puta veći u odnosu na izvedene prirasno prihodne tablice (Cestar i Hren, 1983).

Na temelju razmatranja vertikalne strukture, razvijenosti i osvjetljenosti krošanja, subasocijacija hrasta lužnjaka i običnog graba ima najveći udio vitalnih stabala glavne vrste (slika 2). S porastom starosti u svim subasocijacijama raste udio suviše potisnutih stabala i sušaca hrasta lužnjaka, no izraženo u temeljnici njihovo učešće je manje (slika 3).

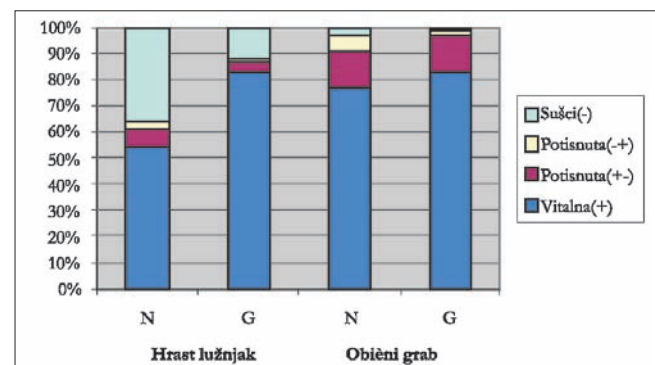
Dubravac i Krejči (2006) sukcesivno prateći prirodno odumiranje u šest godina staroj sastojini hrasta

lužnjaka i običnog graba, ustanovili su da je tijekom četrnaest godina odumrlo 69 % promatranih stabala hrasta lužnjaka. U subasocijaciji hrasta lužnjaka i poljskog jasena kod treće starosne skupine velik broj dominantnih stabala, i još k tome iz predrasta, utječe na smanjenje broja stabala u podstojnoj etaži, a što se uočava po izostanku polusuhih i suhih lužnjakovih stabala (slika 4). Subasocijacija hrasta lužnjaka, poljskog jasena i crne johe odlikuje se još intenzivnijim izlučivanjem glavne vrste drveća, pa tako nalazimo velik broj potisnutih još perspektivnih lužnjakovih stabala (slika 5).



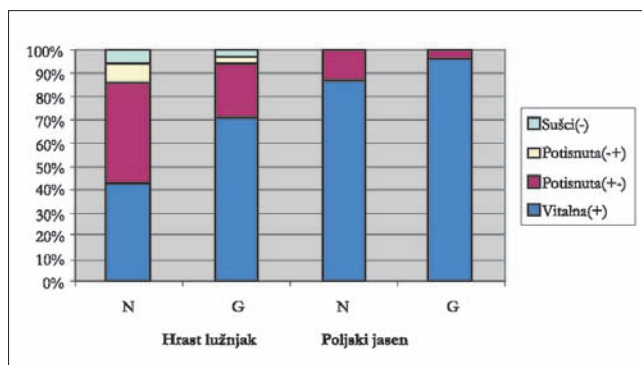
Slika 2. Subasocijacija hrasta lužnjaka i običnog graba u I. starosnoj skupini prema učešću kategorija

Picture 2 Subassociation of penduculate oak and common hornbeam in I. age group according to share categories



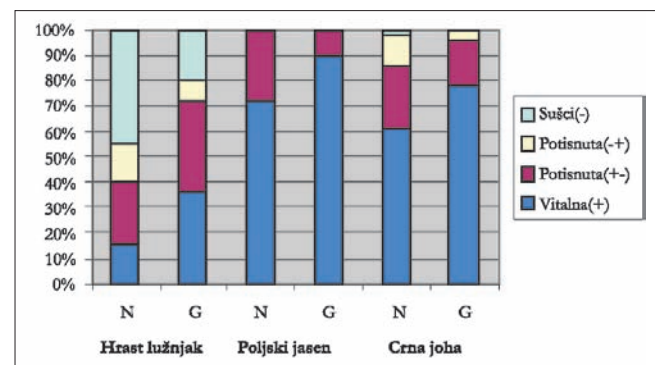
Slika 3. Subasocijacija hrasta lužnjaka i običnog graba u III. starosnoj skupini prema učešću kategorija

Picture 3 Subassociation of penduculate oak and common hornbeam in III. age group according to share categories



Slika 4. Subasocijacija hrasta lužnjaka i poljskog jasena u III. starosnoj skupini prema učešću kategorija

Picture 4 Subassociation of penduculate oak and narrow ash in III. age group according to share categories



Slika 5. Subasocijacija hrasta lužnjaka, poljskog jasena i crne johe u III. starosnoj skupini prema učešću kategorija

Picture 5 Subassociation of penduculate oak, narrow ash and black alder in III. age group according to share categories

5.1.1. Simulirana sječa – Harvest simulation

Simulirana sječa u sastojini izmjere je predviđeni zahvat čišćenja i prorede sastojine, koji u zadnjoj starosnoj skupini možemo smatrati vrlo zakašnjelim. U tablici 2. prikazani su rasponi intenziteta ukupne simulirane sječe za broj stabala, temeljnicu i volumen. Uočava se različitost intenziteta ukupne simulirane sječe navedenih strukturnih elemenata za glavnu i prateće vrste. To je posljedica zahvata koji su vršeni ponajprije kod pratećih vrsta običnog graba, crne johe i poljskog jasena,

Tablica 2. Rasponi intenziteta ukupne simulirane sječe
Table 2 Range intensity of total simulation harvest

TREND KRETANJA (%)		
Movement trend (%)		
Strukturni elementi Structure elements	Glavna vrsta Main species	Prateće vrste Accessory species
N	14 - 60	7 - 36
G	10 - 28	19 - 52
V	9 - 21	14 - 53

odabiranjem predrasta i onih dominantnih stabala koja ugrožavaju lužnjak. Posebna pozornost posvećena je poluskiofilnim i brzorastućim vrstama, kako bi bila dana prednost hrastu lužnjaku, ali bez istiskivanja tih

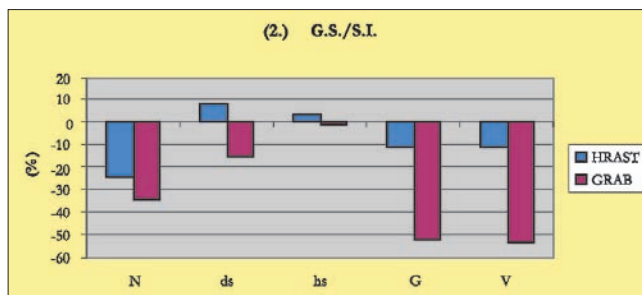
vrsta iz strukture sastojine. Stoga su klasifikacija i konkurencija stabala rezultatno utjecale na intenzitet simulacije sječe i ukupnu simuliranu sječu.

5.2. Glavna sastojina – Main stand

Ostavljanjem tanjih stabala pratećih vrsta moguće je regulirati odnose promjera i u nešto manjoj mjeri visina u korist hrasta lužnjaka. Općenito u slučaju smetnji poput izvala i sušenja prateće vrste svojim urastom, odnosno prilivom, doprinose prirodnom oporavku staništa. Trend kretanja promjera srednjeg stabla nakon ukupne simulirane sječe ovisi ponajprije o kriteriju odabiranja stabala i procesu samoprorjeđivanja. Stoga se u glavnoj sastojini zamijećuje povećanje, smanjenje ili stagnacija promjera u odnosu na sastojinu izmjere. Kod hrasta lužnjaka uglavnom se poveća promjer srednjeg stabla, a pratećih vrsta smanji. Najmanji je utjecaj ukupne simulirane sječe na visinu srednjeg stabla zbog nastupanja kulminacije visinskog prirasta. Uočava se suprotnost u smanjenju broja stabala, temeljnice i volumena glavne i pratećih vrsta (slika 6). Razlog tomu je veći udio sušaca i suviše potisnutih stabala glavne vrste, a kod pratećih je veće učešće nekvalitetnih većeg prsnog promjera.

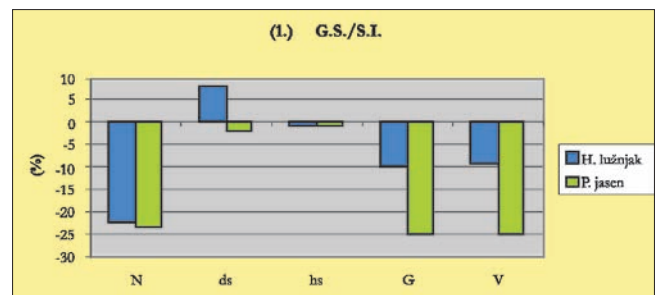
Nakon ukupne simulirane sječe dolazi do povećanja učešća temeljnice glavne vrste drveća u odnosu na sa-

stojinu izmjere. Maksimalno povećanje u subasocijaciji hrasta lužnjaka i običnog graba ostvaruje se u drugoj starosnoj skupini, jer je u njoj najmanje smanjenje temeljnice glavne vrste drveća, a najveće sporedne. U ostale dvije subasocijacije ostvaruje se u prvoj starosnoj skupini, dijelom i zbog blago sukcesivnog povećanja udjela nekvalitetnih stabala hrasta lužnjaka (slika 7). Strukturni elementi glavne sastojine za dvije subasocijacije uspoređeni su s izvedenim prirasno prihodnim tablicama i značajno se razlikuju u odnosu na njih. Za treću subasocijaciju s crnom johom nisu pronađeni odgovarajući podaci za usporedbu. U svim mješovitim sastojinama iznosi temeljnice i volumena značajno su veći u odnosu na izvedene prirasno prihodne tablice, kao i srednji promjer glavne vrste (slika 8). Uočava se kako odnos osnovnih strukturnih elemenata prema izvedenim prirasno prihodnim tablicama (Cestar i Hren, 1983) rezultatno utječe na omjere temeljnice i volumena. Ukoliko je veći i broj stabala, tada ovaj niz može imati značajno međusobno povećanje, što je posebno važno za volumen kao izvedenu veličinu (slika 9).



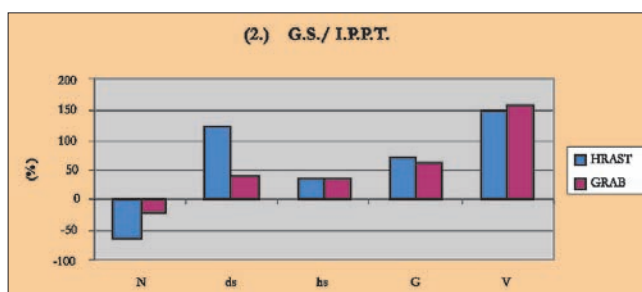
Slika 6. Utjecaj ukupne simulirane sječe u II. starosnoj skupini subasocijacije hrasta lužnjaka i običnog graba

Picture 6 Impact of total simulation harvest in II. age group subassociation of penduculate oak and common hornbeam



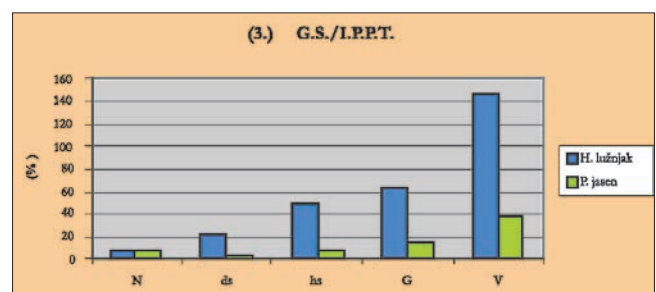
Slika 7. Utjecaj ukupne simulirane sječe u I. starosnoj skupini subasocijacije hrasta lužnjaka i poljskog jasena

Picture 7 Impact of total simulation harvest in I. age group subassociation of penduculate oak and narrow ash



Slika 8. Usporedba strukturnih elemenata glavne sastojine hrasta lužnjaka i običnog graba u II. starosnoj skupini s izvedenom PPT

Picture 8 Comparison structure elements for main stand of penduculate oak and common hornbeam in II. age group with the inferred yield table



Slika 9. Usporedba strukturnih elemenata glavne sastojine hrasta lužnjaka i poljskog jasena u III. starosnoj skupini s izvedenom PPT

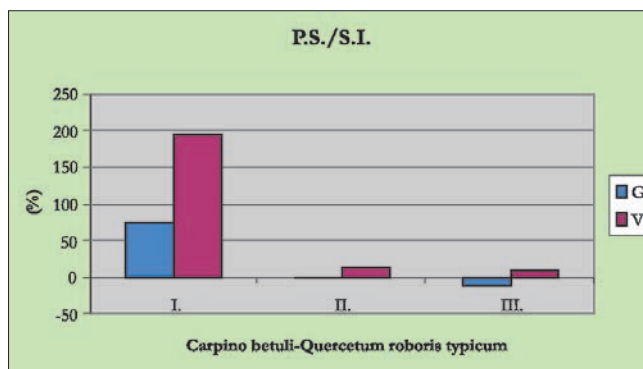
Picture 9 Comparison structure elements for main stand of penduculate oak and narrow ash in III. age group with the inferred yield table

5.3. Projicirana sastojina – Stand projection

Proiciranu sastojinu u odnosu na izmjerenu može se razmotriti prema temeljnici i volumenu. Dok sve subasocijacije u prvoj starosnoj skupini imaju povećanje temeljnice, a najveće je za onu hrasta lužnjaka i poljskog jasena (slika 10), u drugoj starosnoj skupini trend kretanja temeljnice je promjenjiv. Temeljnica se smanjila u mješovitoj sastojini hrasta lužnjaka i običnog graba za 3 %, a najviše povećala opet u mješovitoj sastojini hrasta lužnjaka i poljskog jasena za 32 % (slika 11). U trećoj starosnoj skupini u svim subasocijacijama temeljnica se smanjila, a najviše u onoj hrasta lužnjaka, poljskog jasena i crne johe za 14 % (slika 12). Kada se u sastojini ne bi obavljali uzgojni radovi, s povećanjem starosti broj potisnutih stabala i sušaca povećavao bi se na štetu vitalnih i zbog maksimalne temeljnice ubrzo bi nastupila tendencija značajnog smanjenja debljinskog

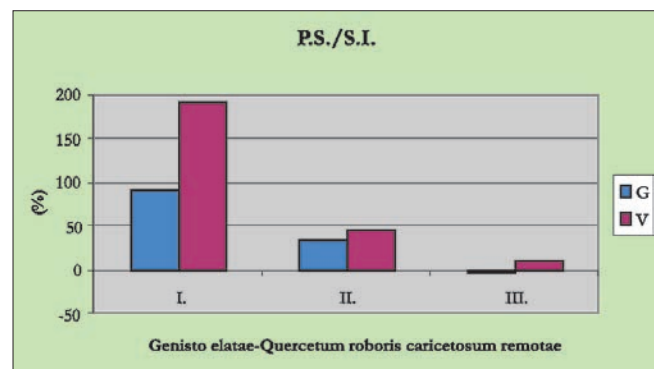
prirasta, te kroz proces prirodnog izlučivanja i samoprorjeđivanja maksimalna temeljnica sastojine bi postupno opadala.

Za razliku od temeljnice, kod volumena ni u jednoj mješovitoj sastojini nije zabilježeno smanjenje na kraju projekcijskog razdoblja, zato što je prisutan i utjecaj visinskog prirasta. No, s porastom starosti može doći do stagnacije volumena. Naime, volumen odumrlih i nekvalitetnih stabala s obzirom da nisu pravovremeno provedeni uzgojni radovi, uglavnom sukcesivno raste u odnosu na prvu starosnu skupinu. Tako prva starosna skupina subasocijacije hrasta lužnjaka i običnog graba ima najveće povećanje volumena, gotovo za 200 % (slika 10), a najmanje treća starosna skupina subasocijacije hrasta lužnjaka, poljskog jasena i crne johe, gdje volumen ne raste (slika 12).



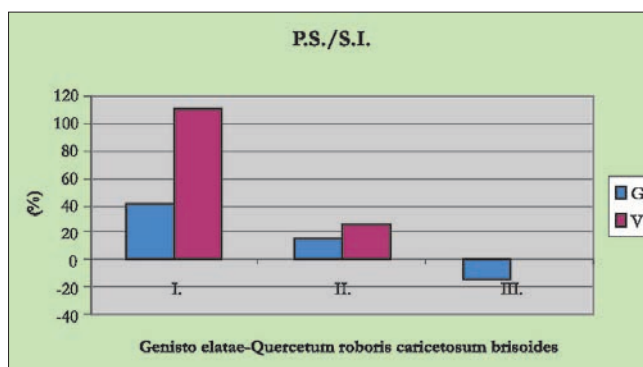
Slika 10. Odnosi temeljnice i volumena proicirane i izmjerene mješovite sastojine hrasta lužnjaka i običnog graba

Picture 10 Relations for basal area and volume between projection and mensuration mixed stand of pendulate oak and common hornbeam



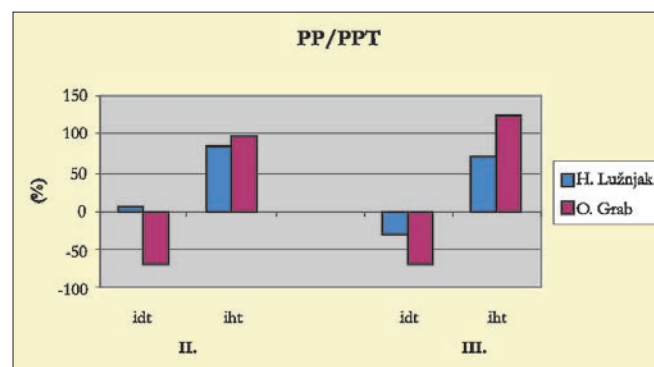
Slika 11. Odnosi temeljnice i volumena proicirane i izmjerene mješovite sastojine hrasta lužnjaka i poljskog jasena

Picture 11 Relations for basal area and volume between projection and mensuration mixed stand of pendulate oak and narrow ash



Slika 12. Odnosi temeljnice i volumena proicirane i izmjerene mješovite sastojine hrasta lužnjaka, poljskog jasena i crne johe

Picture 12 Relations for basal area and volume between projection and mensuration mixed stand of pendulate oak, narrow ash and black alder



Slika 13. Usporedba tečajnog debljinskog i visinskog prirasta mješovite sastojine hrasta lužnjaka i običnog graba s prirasno prihodnom tablicom

Picture 13 Comparison of current DBH and height increment for mixed stands of pendulate oak and common hornbeam with yield table

5.3.1. Projekcija razvoja strukturnih elemenata mješovitih sastojina

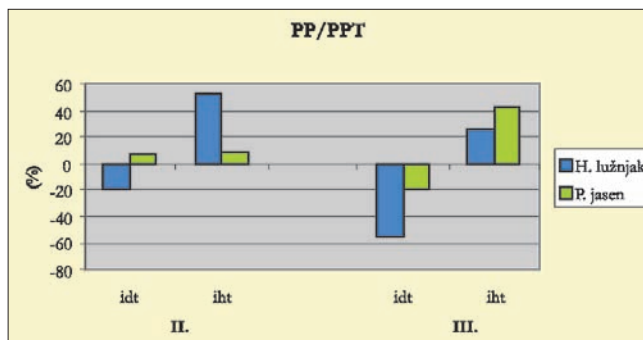
Growth projection structure elements of mixed stands

Zbog izjednačenja podataka Mihajlovom funkcijom, model rasta srednjeg stabla daje najveće iznose u

prvoj starosnoj skupini. Prema dobivenim rezultatima na visinski i debljinski prirast utječu biološka svojstva

vrste i dinamika sastojine u smislu konkurencije stabala. Konkurencija se više odražava kroz visinski prirast zbog osvajanja stajališnog prostora za nesmetni razvoj krošnje. Kao posljedica veće konkurencije pratećih vrsta u subasocijaciji s crnom johom visinski prirast glavne vrste za nijansu je veći (0,64–0,63 m/god), a debljinski manji (0,42–0,46 m/god) u odnosu na subasocijaciju s poljskim jasenom.

Rezultati za hrast lužnjak u I. starosnoj skupini pokazuju da ima najveći tečajni debljinski prirast u subasocijaciji s običnim grabom (0,76 cm/god) u odnosu na preostale dvije u kojima je značajno manji i međusobno podjednak (0,58–0,52 cm/god). Ovaj trend se sukcesivno nastavlja. Na ovu razliku može dijelom utjecati i veće učešće potisnutih perspektivnih stabala hrasta lužnjaka u subasocijacijama vlažnijeg tipa. Naime, stabla hrasta lužnjaka koja osiguravaju položaj u dominantnoj etaži, vrlo brzo u odnosu na obični grab ostvaruju visinsku prednost i dalje se nesmetano razvijaju. Stoga je i visinski prirast hrasta lužnjaka najveći u ovoj subasocijaciji (0,85–0,75–0,58 m/god). Od vrsta drveća prema rezultatima najmanji debljinski prirast ima obični grab, zatim slijedi crna joha, hrast lužnjak, te poljski jasen. Tečajni debljinski prirast poljskog jasena je podjednak u obje subasocijacije.



Slika 14. Usporedba tečajnog debljinskog i visinskog prirasta mješovite sastojine hrasta lužnjaka, poljskog jasena s prirasno prihodnom tablicom

Picture 14 Comparison of current DBH and height increment for mixed stands of penduculate oak and narrow ash with yield table

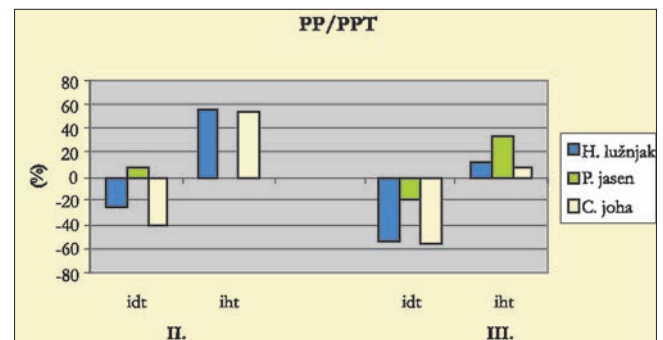
Produkcijski tečajni volumni prirast je povećanje volumena glavne sastojine do sljedeće sječe (slika 16). Produkcijski tečajni volumni prirast ponajprije ovisi o strukturnim elementima srednjeg stabla te s obzirom na izraženu vertikalnu strukturu mješovite sastojine o broju stabala i davanju prednosti glavnoj vrsti drveća za nesmetani razvoj. Naime, uz isti debljinski i visinski prirast, manja srednja kubna stabla imaju veće povećanje

Slika 16. Usporedba ukupne sječe i petogodišnje projekcije volumena u subasocijaciji hrasta lužnjaka i običnog graba u odnosu na prirasno prihodnu tablicu

Picture 16 Comparison of total harvest and a five years projection volume growth for mixed stands of penduculate oak and common hornbeam with yield table

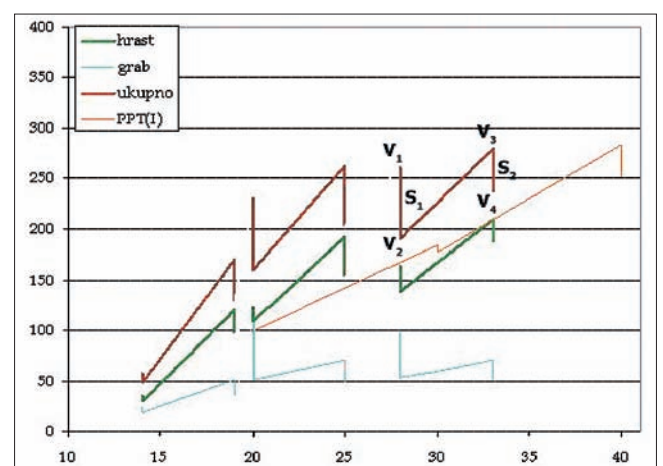
Za razliku od debljinskog u vremenu nastupanja kulminacije visinski prirast srednjih stabala je teže istraživati, jer su međusobne razlike visina znato manje nego za prsni promjer. Stoga su interesantnije razlike visinskog prirasta prema subasocijacijama. Tako je visinski prirast hrasta lužnjaka u subasocijaciji s poljskim jasenom podjednak onom običnog graba (0,63–0,65 m/god). Kod svih vrsta drveća u odnosu na prirasno prihodne tablice (Špiranec 1975; Cestar i Hren 1983; Bezak 1989 prema Meštović 1995) visinski prirast je uglavnom veći, a debljinski manji (slike 13–15).

Tečajni volumni prirast je razmatran kao akumulirani i produkcijski. Akumulirani je razlika volumena glavne sastojine na kraju i početku razdoblja. Stoga je akumulirani tečajni volumni prirast pod jakim utjecajem sječe, te može biti pozitivan, negativan ili jednak nuli. Kod hrasta lužnjaka kao glavne vrste akumulira se pozitivan iznos, dok sporedne vrste mogu imati i negativne. Negativni akumulirani tečajni volumni prirast ima obični grab u drugoj (-0,24 m³/ha god) i trećoj starosnoj skupini (-0,72 m³/ha god), a crna joha u trećoj starosnoj skupini (-1,20 m³/ha god). Na taj način u mješovitoj sastojini povećavamo udio glavne vrste drveća u odnosu na sporedne.



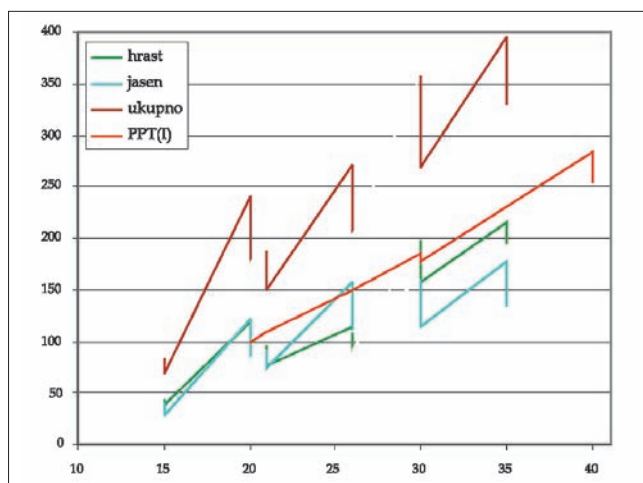
Slika 15. Usporedba tečajnog debljinskog i visinskog prirasta mješovite sastojine hrasta lužnjaka, poljskog jasena i crne joha s prirasno prihodnom tablicom

Picture 15 Comparison of current DBH and height increment for mixed stands of penduculate oak, narrow ash and black alder with yield table



volumena, ali ostvaruju manji tečajni volumni prirast. Za mješovitu sastojinu hrasta lužnjaka i običnog graba prikazana je razlika u prirastu temeljnice srednjeg stabla (tablica 3) glavne vrste u usporedbi s prirasno prihodnom tablicom (Špiranec, 1975).

Iznosi produkcijskog tečajnog volumnog prirasta u istraživanim mješovitim sastojinama značajno su veći u odnosu na prirasno prihodnu tablicu (Špiranec, 1975). U drugoj starosnoj skupini subasocijacije hrasta lužnjaka i poljskog jasena čak za 182 % (slika 17). Ova subasocijacija ima najveći produkcijski tečajni volumni prirast, jer se odlikuje vrlo visokim iznosom debljinskog i visinskog prirasta prateće vrste, kao i relativno manjim potiskivanjem glavne vrste u dominantnoj etaži. Najmanji u prve dvije starosne skupine ima subasocijacija hrasta lužnjaka i običnog graba, dijelom zbog malog debljinskog prirasta prateće vrste, te ukupne simulirane sječe (slika 16). Apsolutno najmanji



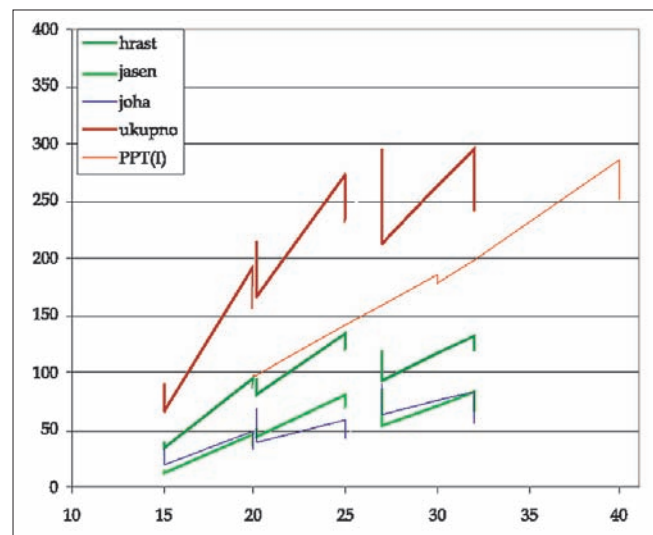
Slika 17. Usporedba ukupne sječe i petogodišnje projekcije volumena u subasocijaciji hrasta lužnjaka i poljskog jasena u odnosu na prirasno prihodnu tablicu

Picture 17 Comparison of total harvest and a five years projection of volume growth for mixed stands of penduculate oak and narrow ash with yield table

Tablica 3. Razlike u prirastu srednje plošnog stabla
Table 3 Differences of mean basal area tree increment

HRAST LUŽNJAK <i>Pedunculata oak</i>			
PP/PPT (%) <i>plots/yield table (%)</i>			
Starost	ds	idt	G
Age	dbh	idt	BA
20	+137		
25		+5	+117

produkcijski tečajni volumni prirast ima subasocijacija hrasta lužnjaka, poljskog jasena i crne johe u trećoj starosnoj skupini (slika 18). U njoj je glavna vrsta još izraženije potisnuta od pratećih, zatim zbog relativno malog debljinskog prirasta crne johe i ukupne simulirane sječe.



Slika 18. Usporedba ukupne sječe i petogodišnje projekcije volumena u subasocijaciji hrasta lužnjaka, poljskog jasena i crne johe u odnosu na prirasno prihodnu tablicu

Picture 18 Comparison of total harvest and a five years projection of volume growth for mixed stands of penduculate oak, narrow ash and black alder with yield table

6. ZAKLJUČCI – Conclusions

Na osnovi dobivenih rezultata i rasprave moguće je izvesti sljedeće zaključke:

1. Izmjerom i prikupljanjem podataka na primjernim plohama u skladu s načelima gap-dinamike koja prekriva sastojine različitih dobi i stanja sukcesije, osigurana je podloga za proučavanje razvoja strukturnih elemenata i odvijanja dinamičnih procesa u mješovitim sastojinama hrasta lužnjaka u I. i II dobrom razredu, a što bi se osiguralo i opetovanim izmjerama kontrolnom metodom.
2. U mješovitim sastojinama ne postoji konačni razvojni stadij, kao trajni, nepromjenjivi oblik, jer ponavljanje u prirodi traje oduvijek, to je jedini stalni oblik, kroz kojeg priroda traži najprihvatljivije putove sukcesije.

3. Rezultati istraživanja pokazali su da je potreba za provedbom zahvata uglavnom u dominantnoj etaži i to ponajprije odabiranjem stabala među pratećim vrstama, a kod glavne vrste drveća ukoliko se radi o nekvalitetnim rašljivim stablima. Zahvati trebaju osigurati optimalno osvjetljenje krošnje ponajprije onih potisnutih ali perspektivnih stabala glavne i pratećih vrsta drveća.
4. U izmjerenim sastojinama kao rezultat međudjelovanja simulirane sječe i prirodnog izlučivanja, postiže se najveći pomak u reguliranju omjera smjese u korist glavne vrste drveća kod subasocijacije hrasta lužnjaka i običnoga graba u drugoj starosnoj skupini, a u subasocijaciji hrasta lužnjaka i poljskog ja-

- sena, te subasocijaciji hrasta lužnjaka, poljskog jasena i crne johe u prvoj starosnoj skupini, jer poljski jasen i crna joha predstavljaju veću konkurenciju hrastu lužnjaku u gornjoj etaži od običnog graba.
5. U svim trima istraživanim subasocijacijama s gledišta vitalnosti stabala procesi prirodnog izlučivanja, odnosno samoprorjeđivanja, odvijaju se ponajprije na štetu stabala hrasta lužnjaka. Procesima samoprorjeđivanja pogoduje i vrlo visoka temeljnica na primjernim plohama.
 6. Dobiveni rezultati o prirastu na osnovi modela rasta opsega i visina pokazuju da se zahvatima može regulirati promjer, a u manjoj mjeri i visina što je posebno važno za odnose rasta glavne i pratećih vrsta drveća u mješovitim sastojinama.
 7. Konkurencija stabala glavne sastojine u smislu osvajanja stajališnog prostora za nesmetani razvoj krošnje najviše se manifestira kroz visinski prirast. Kod svih vrsta drveća u istraživanim mješovitim sastojinama visinski prirast je uglavnom veći, a debljinski manji u odnosu na prirasno – prihodne tablice.
 8. U rezultatima se pokazalo da izostankom šumsko-uzgojnih zahvata uslijed samoprorjeđivanja i prirodnog izlučivanja dolazi do gubitka prirasta sušenjem, odumiranjem stabala i manjom akumulacijom prirasta na kvalitetnim stablima.
 9. Mješovite sastojine hrasta lužnjaka produktivnije su od čistih, odnosno onih sa zanemarivom količinom pratećih vrsta. Dok u čistim sastojinama podstojna etaža nestaje vrlo rano, a s nuzgrednom se to događa u manjoj mjeri nešto kasnije, u mješovitim sastojinama moguće je osigurati optimalan raspored stabala u svim etažama, a time i veću produktivnost.
 10. U mješovitim sastojinama postoji mogućnost supstitucije stabala iz nižih u više etaže, kao i urasta, što povoljno utječe na strukturu sastojine, te je stoga zamjetan manji utjecaj sječe i smetnji (sušenje, vjetrotizvale) nego u čistim sastojinama.

7. LITERATURA – References

- Cestar, D., V. Hren, 1983: Sastojinski oblici i proizvodne mogućnosti područja šum. Gosp. "Mojica Birta" Bjelovar, Ekološko – gospodarski tipovi šuma, Šumarski institut Jastrebarsko, 5: 161 pp.
- Dubravac, T., V. Krejči, 2006: Prirodna obnova šuma hrasta lužnjaka vlažnoga tipa narušenih stojbinskih uvjeta u Pokupskom bazenu. Radovi Šumar. inst. 9., izvanredno izdanje: 25–35. Jastrebarsko.
- Franklin, J. F., 1981: Ecological characteristics of old – growth Douglas – fir forests. USDA, For. Serv., Gen. Tech. Rep. PNW – 118. Pac. Northwest For. Range Exp. Sta., Portland, Oregon, 48 p.
- Meštrović, Š., G. Fabijanić, 1995: Priručnik za uređivanje šuma, Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva / "Hrvatske šume", Zagreb. 381 p.
- Porté, A., H. H. Bartelink, 2002: Modelling mixed forest growth: a review of models for forest management, ecological Modelling, Vol. 150, 141–188.
- Schmigelow, F. K., A. C. S., Machtans, S. J. Hannon, 1997: An boreal birds resilient to forest fragmentation? An experimental study of short – term community responses. Ecology 78: 1914–1932.
- Špiranec, M., 1975: Prirasno prihodne tablice. Radovi, Šumarski institut Jastrebarsko, 25: 103.p.

SUMMARY: Most yield tables are constructed for pure stands. From them can be exported yield tables for mixed stands. In them, due to a simple calculated construction, refers among tree species according to the number of trees, height and diameter of the mean tree, often do not represent realistic relationships in mixed stands. For modelling growth and yield, it is important to understand biodiversity, dynamics mixed stands and growth models. The growth model of a stand is an abstraction of a natural dynamics in forest stands, and it can be simple or complex, according to its construction. Among complex models for modelling dynamics of mixed stands the most appropriate are gap models.

In unmanaged mixed stands of three subassociations within three age groups (12–15; 19–22; 27–30 yrs.), the sample plots (table 1) were used for measurement and evaluating the vitality of each tree as a consequence of competition for light among tree crowns. Based on consideration of the vertical structure, diameter and crown luminance, the subassociation of pendunculate oak and common hornbeam has the greatest share of vital trees of the main species (picture 2). With age increasing in all subassociations, growing the share of too suppressed (-+) and dry trees (-) of pendunculate oak, but expressed in basal area, their share is less (picture 3). In the subassociation of pendunculate oak and narrow ash within the third age group, a great number of dominant and some predominant trees, influences the reduce in number of trees in lower layer, which is recognised by the omission of semidry and dry trees of secondary species (picture 4). The subassocia-

tion of pendunculate oak, narrow ash and black alder distinguishes itself by even more intense extraction of the main tree species, so there are a great number of suppressed yet perspective (+-) and dry (-) pendunculate oak trees (picture 5). After simulated harvest, the growth of mean tree was projected according to the tree species. Simultaneously with the vitality evaluation, the competition among neighbouring dominant trees was being determined, and the influence on lower perspective trees, primarily of the main species, was evaluated. The simulated harvest gave the advantage to pendunculate oak and the predominant and dominant trees of the secondary species were mainly removed. The structure of the stand did not involve dry (-) and too suppressed trees (-+), which, with the previously mentioned, gives the total simulated harvest (picture 6 and 7). This was the way the main stand was gained. A growth projections of the mean tree was performed for the main stand according to the tree species, and the structural elements were determined in this way after five years. The growth projection for a single subassociation was gained from samples of circumference and tree heights after total simulated harvest that could more represented the regularly managed stands.

The height growth models during a period of time, for each of the three researched subassociations, are gained by equalizing of tree heights samples according to the modified Mihajlov function (formula 1) in application programme Statistica 6.0. The same way were obtained circumference growth models. A portion of the explained variability (R^2) is the largest in height growth models after total simulated harvest, and it is considerably lower in circumference growth models before the simulated harvest. Variability (S.D.) increases with the age increase, and there is a greater circumference variability in relation to the heights.

The current diameter and height increment of the pendunculate oak is the biggest in subassociation with common hornbeam, while it is considerably lower and roughly equal in correlation within the remaining subassociations. The competition of the main stand trees is mostly manifested through the height increment in purpose of conquering the local area for undisturbed crown development. For all tree species in research stands, the height increment is mainly bigger, while the diameter increment is lower in relation to the yield table (picture 13–15).

The basal areas and volume projections of researched mixed stands for the three age groups after the simulated harvest are considerably different in relation to the mensuration stand (picture 10–12). The differences in relation to the mensuration stand appear due to equalization of data by Mihajlov's growth function, because the biggest amount of the diameter and height growth are realised within the first age group. Then, the volume of died and unqualitative trees, since they were not adequately and in time cut, increases mainly successively in relation to the first age group (table 2).

Different volume projections reflect on the current volume increment, which is considered as accumulated $iVt(a)$ and productive $iVt(p)$. The accumulated current volume increment is the volume difference of the main stand at the end and at the beginning of the period (picture 16). The accumulated increment is under a strong influence of harvest, and it can be positive, negative or equal to zero. For pendunculate oak as the main species, a positive amount accumulates, while secondary species can also have negative amounts of the accumulated increment. The production current volume increment is an volume increase of the main stand until the next harvest. The productive increment depends mainly on structural elements of the mean tree and regards to prominent vertical structure of the mixed stand, on the number of trees and on giving the advantage to the main tree species for the undisturbed development. The productive current volume increment for all mixed stands is considerably bigger in relation to the yield tables (Špiranec, 1975), and in the second age group, the subassociations of the pendunculate oak and narrow ash are even bigger by 182 % (picture 17). This points to a very high development potential of young unmanaged mixed stands, which decreases with an increase in age as a consequence of mortality, falling off increments and harvest. There is a question of how to preserve the developmental potential in mixed stands. Silviculture interventions should be done in time in order to enable trees substitutions from lower to higher layers and, on the basis of a spatial structure, an optimal diameter and height increment for the trees of the main stand.