

UDK 630\*54:582.475(497.6)

**IZRADA DISPOZICIJE BONITETNIH RAZREDA STANIŠTA  
JEDNODOBNIH ZASADA CRNOG BORA (*Pinus nigra* Arn.) NA  
KARBONATNIM SUPSTRATIMA U BOSNI<sup>1</sup>**

**Developing of the disposition of site classes black pine (*Pinus nigra* Arn.) even-aged stands on carbonate substrate in Bosnia**

Ibrahimpahić Aida  
Šumarski fakultet, Sarajevo

**Abstract**

Important forested non-covered areas in Bosnia and Hercegovina were cultivated with spruce, scot and black pines stands. Recently there has been not established scientific approach for management then here are in use foreign yield tables (Shober, 1975.; Frauendorfer, 1954.). The use of that tables is not correct because of different stand characteristics and many other factors.

To establish taxative bases for planned and rational management for this stands it was performed the examination of their developed, structural and productive characteristics. The first task in this research, after the assessment of terrestrial data, is to define site class disposition. The aim of this paper is to develop the disposition of average height site class curves, it means relative height site classes black pine even-aged stands on carbonate substrate in Bosnia.

**Key words:** site class, even-aged stands, taxative bases, regression, subdividing, average height of even-aged stands.

**1. Uvod**

Na neobraslom šumskom zemljištu Bosne i Hercegovine vremenom su formirani brojni zasadi smrče, bijelog i crnog bora. Za njih još uvijek nisu utvrđene naučne osnove za gazdovanje, pa se u te svrhe za smrču i bijeli bor koriste njemačke prinosne tablice (Shober, 1975), a za crni bor austrijske (Frauendorfer, 1954).

S obzirom da se u našim zasadima nisu vršile mjere njege i da postoje razlike u klimi i ostalim mnogobrojnim faktorima, korištenje stranih prinosnih tablica nije korektno. Zbog toga se pristupilo istraživanjima razvojnih, strukturnih i proizvodnih karakteristika postojećih šumskih zasada smrče, bijelog i crnog bora u Bosni i Hercegovini. Metodika načina prikupljanja podataka i informacija za koje je

---

<sup>1</sup> Rad prezentiran na II Simpoziju poljoprivrede, veterinarstva, šumarstva i biotehnologije - Strategija razvoja domaće proizvodnje, 28 – 30 septembar/rujan 2004 Bihać

ocjenjeno da su neophodni, napravljena je u aprilu 1986. godine (Pavlič, 1999). Prema metodi, pri istraživanju nisu primjenjeni klasični metodi istraživanja rasta i prinosa jednodobnih šumskih sastojina koji se provode na stalnim oglednim plohami i traju koliko i produkcionni period (Matić, 1980), već metod privremenih oglednih ploha u sastojinama različite starosti. Povezivanjem odgovarajućih karakteristika zasada različite starosti može se doći do potrebnih informacija za izradu tablica taksacionih elemenata u relativno kratkom roku. Podaci na terenu su prikupljeni u periodu od 1986. do 1990. godine.

Strukturne i proizvodne karakteristike zasada crnog bora u Hercegovini utvrdio je i prezentirao Maunaga, Z. 1989. godine u okviru svoga magistarskog rada (Maunaga, 1994). Isti autor je 1998. godine u doktorskoj disertaciji prikazao strukturne i proizvodne karakteristike zasada smrče u Bosni i Hercegovini (nije objavljeno), a modele rasta i prirasta jednodobnih zasada bijelog bora u Bosni u magistarskom radu utvrdio i prikazao Balić, B. 2003. godine.

## 2. Zadatak

U cilju postavljanja naučnih osnova za gazdovanje zasadima crnog bora u Bosni potrebno je riješiti niz naučnih problema. S obzirom da veličine taksacionih elemenata, odnosno prirast jednodobnih sastojina (zasada) bitno zavise od proizvodnog potencijala staništa, jedan od prvih zadataka je određivanje mjere kvaliteta (proizvodnog potencijala) staništa.

Mjera aktuelne i potencijalne produktivnosti staništa je bonitet staništa. Kao direktni pokazatelji boniteta staništa mogu se koristiti biotski i abiotski činioci staništa (Graney, Ferguson, 1971; Clutter et al., 1983; Kramer, Akça, 1987; Harrington, 1987; Green, 1989), ali se u šumarstvu obično ne koriste. Uobičajeno je da se bonitiranje staništa vrši pomoću indirektnih pokazatelja, odnosno nekih taksacionih elemenata sastojina. Koristeći indirektnu pokazateljicu boniteta staništa mjera kvaliteta staništa se može iskazati relativnim (klasa prinosa) i apsolutnim (*Site index*) visinskim bonitetom,  $Dgz^2$  i  $Dgz_{max}^3$  bonitetom te postignutim nivoom prinosa za svaku vrstu drveća posebno. Relativni visinski boniteti su intervali srednjih visina (pinosa) sastojina, obično njih 5 ili 9, pri bilo kojoj starosti, a apsolutni odgovaraju srednjim visinama sastojina za specifične starosti (25, 50 ili 100 god.).  $Dgz$  i  $Dgz_{max}$  boniteti se utvrđuju na osnovu veličine prosječnog zapreminskog prirasta, odnosno na osnovu njegove maksimalne veličine pri bilo kojoj starosti (Assman, 1961; Kramer, 1964, 1988; Prodan, 1965; Kramer, Akça, 1995).

Zadatak ovog rada je utvrđivanje dispozicije bonitetnih razreda staništa. Preciznije, dispozicije pet bonitetnih krivih srednjih (aritmetičkih) visina, odnosno definisanje pet relativnih visinskih bonitetnih razreda staništa zasada crnog bora na karbonatnim supstratima u Bosni.

---

<sup>2</sup> Prosječni dobni zapreminski prirast (durchschnittliche gesamt Zuwachs).

<sup>3</sup> Maksimalni prosječni dobni zapreminski prirast

### **3. Objekt istraživanja**

Objekt istraživanja su jednodobni šumski zasadi crnog bora na karbonatnim supstratima u Bosni. Ovi zasadi su kroz duži vremenski period osnovani u zapadnoj, srednjoj i istočnoj Bosni, različite su starosti, uslova staništa, relativno male i nepoznate (tačne) površine, obično udaljeni jedni od drugih (raštrkani).

U cilju istraživanja razvojnih, proizvodnih i strukturnih karakteristika ovih zasada, statističkim reprezentativnim metodom u zasadima su položene privremene ogledne plohe. U zasadima različite starosti (10 godina i više), zatim različitih stanišnih i sastojinskih prilika, postavljeno je 156 privremenih oglednih ploha. Plohe su bile kružne, a njihova površina je zavisila od starosti zasada. Za starije sastojine, gdje je veći varijabilitet taksacionih elemenata, površina oglednih ploha je veća. Na oglednim plohama su utvrđene, metodikom predviđene, taksacione i opšte karakteristike, a zatim su ti podaci računski obrađeni. Nakon računске obrade prikupljenih podataka svake ogledne plohe, zbog nelogičnosti rezultata za dalje istraživanje isključeno je 26 ploha, pa je uzorak u ovom istraživanju činilo 130 oglednih ploha.

Pri izboru mjesta za polaganje oglednih ploha vodilo se računa da struktura uzorka u pogledu najvažnijih faktora (geografski položaj, starost, visinski bonitet i sl.) što bolje odgovara strukturi zasada, te se na osnovu karakteristika uzorka može steći uvid u opšte i taksacione karakteristike objekta istraživanja.

#### **3.1. Opšte karakteristike uzorka**

S obzirom na njihovu nadmorsku visinu ogledne plohe su približno raspodijeljene prema klimapojasnom (klimaregionalnom) rasporedu vegetacije u: šume kitnjaka i običnog graba, šume bukve i šume bukve i jele (smrče). U pojasu šuma kitnjaka i običnog graba položeno je 20 oglednih ploha ili 15 %, u pojasu šuma montane bukve 88 ili 68 %, a u pojasu šuma bukve i jele (smrče) 22 ili 17 %. Najveći dio oglednih ploha položen je u zasadima južne i jugozapadne ekspozicije, njih 55 ili 42 %, a s obzirom na nagib terena 103 ogledne plohe ili 79 % na nagibu od 5-25°.

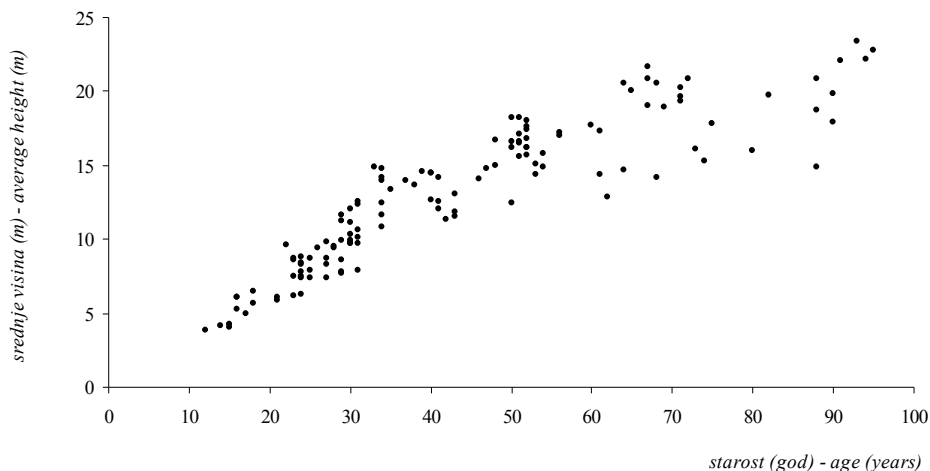
#### **3.2. Taksacione karakteristike uzorka**

Starosna struktura uzorka prikazana je u tabeli 1.

*Tabela 1. Starosna struktura oglednih ploha  
Table 1. Age class structure of sample plots*

Age classes	10-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100
Broj ploha	10	36	20	15	19	12	8	6	4

Srednje visine oglednih ploha, koje su korištene kao indikator boniteta staništa, u zavisnosti od starosti prikazane su na grafiku 1.



Grafik 1. Srednje visine oglednih ploha

Fig 1. Average height of plots

Prosječne veličine taksacionih elemenata uzorka date su u tabeli 2.

Tabela 2. Prosječne veličine taksacionih elemenata u uzorku

Table 2. Average values of taxative elements of sample plots

Taxative element	Unit of measurement	Average value
Age	year	44
Site classe <sup>4</sup>	rang	3
Average heigh	m	13,1
Dominant heigh	m	14,1
Average diametar	cm	18,6
Canopy	-	0,82
Number of trees	piece/ha	2533
Basal area	m <sup>2</sup> /ha	47,56
Volume (≥7 cm)	m <sup>3</sup> /ha	338,35
Volume increment (≥7 cm)	m <sup>3</sup> /ha/god	10,76

<sup>4</sup> Na osnovu dispozicije bonitetnih razreda staništa utvrđene u ovom radu.

#### **4. Metod rada**

Uobičajeno je da se za jednodobne čiste ili skoro čiste sastojine kao indikator boniteta staništa sastojina koristi, pored izvjesnih nedostataka, srednja visina sastojine. U novije vrijeme u te svrhe koriste se gornje sastojinske visine (visine dominantnih i kodominantnih stabala) čija je veličina pod manjim "uticajem" proreda i mjera njege (Kramer, 1961, 1964; Assman 1967; Pranjić, Lukić, 1997; Kramer, Akça, 1995).

S obzirom da u zasadima crnog bora u Bosni nisu vršene mjere njege, u ovom istraživanju, po metodici, kao indikator boniteta staništa korištena je srednja (aritmetička) visina zasada. Zbog toga su prilikom računanja srednje visine ogledne plohe isključene visine nenormalno formiranih stabala (visine stabala sa greškama koje bitno utiču na srednju visinu zasada).

Za utvrđivanje dispozicije bonitetnih razreda staništa korišteni su metodi izravnjanja (izjednačenja) i pruganja (Pranjić, Lukić, 1997) računskim putem. Metodom jednostavne krivolinijske regresije utvrđene su najvjerojatnije veličine srednjih visina zasada različite starosti, odnosno sredine srednjeg (prosječnog) bonitetnog razreda staništa. Granice bonitetnog snopa su utvrđene analizom varijabiliteta srednjih visina zasada po starosnim klasama, a granice i sredine pojedinih bonitetnih razreda staništa pruganjem, računski.

#### **5. Rezultati**

Kriva (funkcija, regresijski model) kojom se predstavlja zavisnost srednjih visina zasada od starosti je kriva rasta. Po obliku je esoidna, polazi iz koordinatnog početka i raste progresivno do prevojne tačke, nakon koje se povija konkavno ka apscisi (raste degresivno). Raste i dalje približavajući se horizontalnoj asimptoti do kraja empirijske serije u čijim granicama ne smije imati maksimum (Stamenković, Vučković, 1988; Ljubović, 1998). Za predstavljanje ove zakonitosti ne postoji univerzalni regresijski model, već se može koristiti više njih. Svaki regresijski model se na svoj način prilagođava podacima koje izravnava, te s manje ili više uspjeha predstavlja zakonitost koja se ispituje.

##### **5.1. Izbor najpogodnijeg regresijskog modela zavisnosti srednje visine zasada od starosti**

U cilju izbora najpovoljnijeg regresijskog modela ispitivane su karakteristike većeg broja modela, a detaljnom analizom statističkih pokazatelja izabran je najpovoljniji.

Analizirane su karakteristike sljedećih regresijskih modela (opšti oblik):

- polinom II reda  $Y = a X + b X^2$  (Pranjić, Lukić, 1997; Ljubović, 1998)
- model Mihajlova  $Y = a e^{-b/X}$  (Pranjić, Lukić, 1997)
- model Levakovića  $Y = e^a (X / (X + 1))^b$  (Pranjić, Lukić, 1997; Ljubović, 1998)
- model Chapman-Richardsa  $Y = a (1 - e^{-bX})^c$  (Gadov, K.v., 1999)
- model Prodana  $Y = X^2 / (a + b X + c X^2)$  (Pranjić, Lukić, 1997; Ljubović, 1998)

Svi ovi regresijski modeli, osim polinoma II reda, fleksibilni su i obično zadovoljavaju uslove krive rasta. Polinom II reda je uzet u analizu jer se zbog jednostavnosti, bez obzira na nedostatke, često koristi za konstrukciju visinskih krivih prebornih sastojina koje su esoidne (Pranjić, Lukić, 1997). Željelo se pokazati da li se u ovom slučaju može upotrijebiti.

### 5.1.1. Regresijski modeli zavisnosti srednje visine zasada od starosti

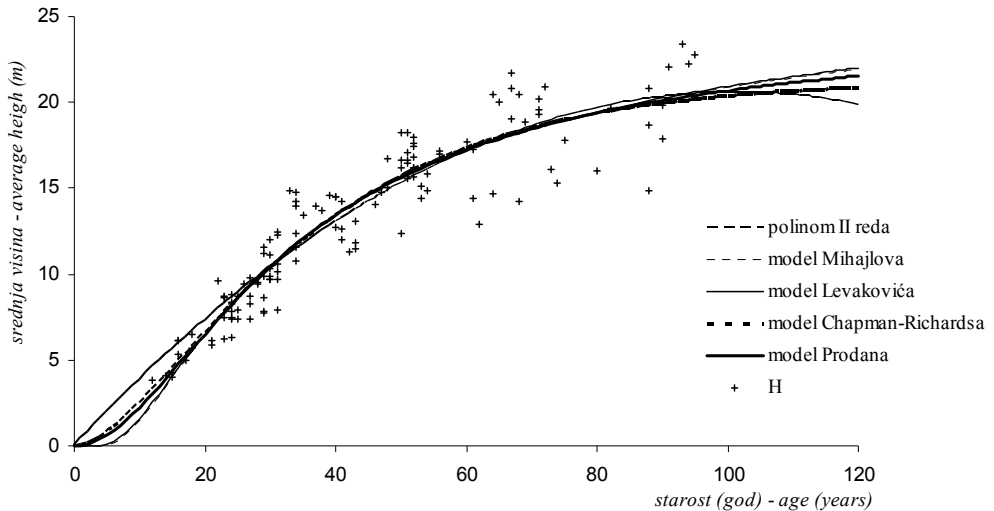
Za utvrđene starosti i srednje visine oglednih ploha (elementa uzorka), koristeći statistički računarski program "Statistica 6.0", izračunati su parametri odabranih regresijskih modela. Njihovi matematički izrazi su sljedeći:

- regresijski model polinom II reda  $\hat{H} = -0,002008 t^2 + 0,406563 t$
- regresijski model Mihajlova  $\hat{H} = 27,97057 e^{-29,25684/t}$
- regresijski model Levakovića  $\hat{H} = e^{3,340027} (t / (t + 1))^{30,05117}$
- regresijski model Chapman-Richardsa  $\hat{H} = 21,2809 (1 - e^{-0,037519 t})^{1,832228}$

- regresijski model Prodana

$$\hat{H} = t^2 / (35,70462 + 0,484102 t + 0,039939 t^2)$$

Na grafičkom prikazu ovih modela (grafik 2) uočava se njihov oblik, međusobni odnos i položaj u odnosu na empirijske podatke koje izravnavaju.



Grafik 2. Regresioni modeli zavisnosti srednje visine oglednih ploha od starosti  
Fig 2. Regression models for average height of sample plots depending of ages

Polinom II reda nema esoidan oblik i u ovom slučaju ima kulminaciju u intervalu empirijskih podataka (u 100. godini), pa je zbog toga odbačen bez analize rezidualnih odstupanja.

Modeli Mihajlova, Levakovića, Chapman-Richardsa i Prodana zadovoljavaju uslove krive rasta. U neposrednoj blizini koordinatnog početka modeli Chapman-Richardsa i Prodana imaju bolji položaj i oblik od modela Levakovića i Mihajlova. Po modelu Chapman-Richardsa i Prodana srednja visina zasada starog 4 godine pri prosječnim uslovima staništa iznosi oko 0,5 m, što je realno. Modeli Levakovića i Mihajlova sporo se odvajaju od X ose, pa zasadi stari do 4 godine pri prosječnim uslovima staništa imaju srednje visine bliske nuli. Zbog ovog su odbačene i ove funkcije.

### 5.1.2. Matematičko-statistički pokazatelji regresijskih modela

Standardna devijacija srednjih visina oglednih ploha je 4,84 m. Matematičko-statistički pokazatelji za analizirane regresijske modele dati su u tabeli 3.

Tabela 3. Statistički pokazatelji analiziranih modela  
Table 3. Statistical characteristics for analysed models

Regression model	Sum of Square $\Sigma(\bar{H}_{ij} - \hat{H}_{ij})^2$	Standard Error $OSE_y$ (m) $\sqrt{\Sigma(\bar{H}_{ij} - \hat{H}_{ij})^2 / n - m}$	R Square $1 - \frac{\Sigma(\bar{H}_{ij} - \hat{H}_{ij})^2}{\Sigma(\bar{H}_{ij} - \bar{H})^2}$
Polynomial	399,1776	1,7659	0,8677
Mihajlov	377,4002	1,7171	0,8750
Levaković	376,7244	1,7156	0,8752
Chapman-Richards	373,3392	1,7145	0,8763
Prodan	372,5264	1,7127	0,8766

Legenda oznaka:

$\bar{H}_{ij}$  – srednja visina j-te ogledne plohe i-te starosne klase

$\hat{H}_{ij}$  – procjenjena srednja visina j-te ogledne plohe i-te starosne klase

$\bar{H}$  - aritmetička sredina srednjih visina oglednih ploha u uzorku

$n$  – broj oglednih ploha u uzorku

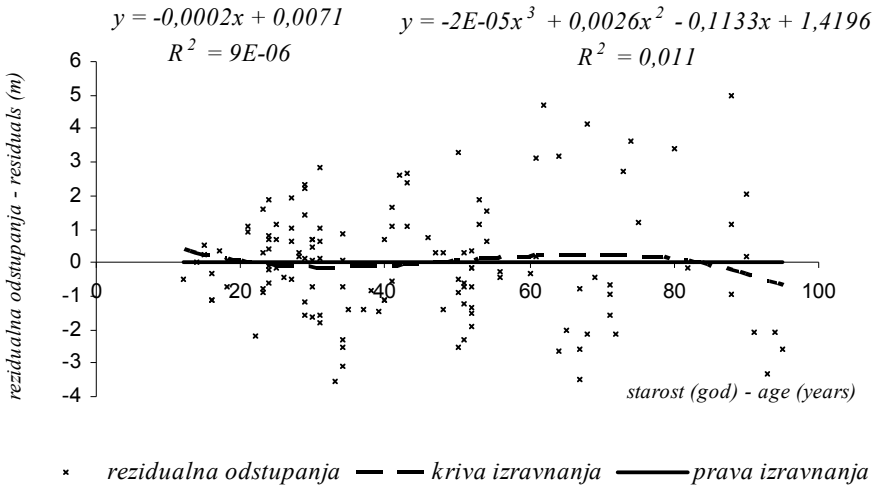
$m$  – broj parametara u modelu

Najpovoljniji matematičko-statistički pokazatelji su dobijeni za model Prodana, dok su neznatno lošiji za model Chapman-Richardsa. Za polinom II reda, modele Mihajlova i Levakovića statistički pokazatelji su lošiji.

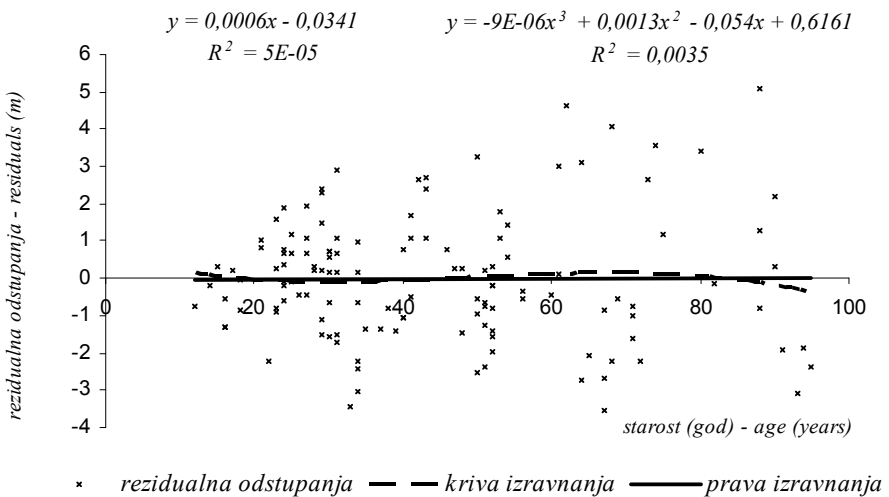
### 5.1.3. Analiza rezidualnih odstupanja

Povoljnost položaja odabrana dva modela, Chapman-Richardsa i Prodana, u odnosu na empirijske podatke ispitivana je analizom rezidualnih odstupanja. Predstava o rasporedu reziduala, odnosno empirijskih podataka oko regresijskog modela, dobijena je izravnavanjem rezidualnih odstupanja za oba regresijska modela jednom krutom i jednom fleksibilnijom linijom (pravcem i polinomom III reda), grafici 3 i 4.





Grafik 3. Izravnjanje rezidualnih odstupanja za model Chapman-Richardsa  
 Fig 3. Residuals models for Chapman-Richard`s model



Grafik 4. Izravnjanje rezidualnih odstupanja za model Prodana  
 Fig. 4 Residuals models for Prodan`s model

Linije izravnjanja reziduala za modele Chapman-Richardsa i Prodana ne odstupaju mnogo od X ose. Koeficijenti determinacije su vrlo niski, što znači da izravnjanjem srednjih visina ploha ovim funkcijama ne pravimo značajnu sistematsku grešku ni u jednom dijelu domena empirijskih podataka. Nešto povoljniji oblik i koeficijent determinacije krive izravnjanja reziduala dobijen je za model Prodana.

#### 5.1.4. Zaključak

Na osnovu provedenih analiza za predstavljanje zavisnosti srednjih visina zasada crnog bora od starosti na karbonatnim supstratima u Bosni za prosječne uslove staništa (III bonitet) izabran je model Prodana.

$$\hat{H} = t^2 / (35,70462 + 0,484102 t + 0,039939 t^2)$$
$$R^2 = 0,8730; \quad R = 0,9344$$

#### 5.2. Pojas variranja srednjih visina zasada crnog bora od njihovih prosječnih veličina u zavisnosti od starosti

Nakon što je za predstavljanje zavisnosti srednjih visina zasada od starosti za prosječne uslove staništa odabran regresijski model, odnosno bonitetna kriva za III bonitet (sredina bonitetnog razreda), utvrđen je pojas variranja srednjih visina zasada oko regresijskog modela u zavisnosti od starosti. Granice tog pojasa su, u stvari, granice dispozicije bonitetnih razreda staništa i njima su obuhvaćene srednje visine zasada crnog bora u Bosni koje se mogu dostići za određenu starost pri svim bonitetnim razredima staništa.

Uz pretpostavku da je uzorak dovoljno veliki i reprezentativan, tada se srednje visine oglednih ploha od njihove aritmetičke sredine razlikuju slučajno i uz vjerovatnoću od 95 % nalaze se u intervalu  $\bar{H} \pm 2 Sd$  ( $\bar{H}$  aritmetička sredina uzorka,  $Sd$  -standardna devijacija u uzorku). Za uzorke sa malim brojem elemenata, kao što su u ovom slučaju starosne klase od po 10 godina (tabela 4) za utvrđivanje intervala pouzdanosti procjene koristi se koeficijent pouzdanosti iz Studentove t-distribucije.

Za svaku starosnu klasu utvrđena je aritmetička sredina srednjih visina pripadajućih oglednih ploha ( $\bar{H}_i$ ), njihova standardna devijacija ( $Sd_i$ ), a zatim granice intervala pouzdanosti  $\bar{H}_i \pm t Sd_i$  za vjerovatnoću 95 %, tabela 4. Ove veličine se zbog neravnomjernog rasporeda starosti oglednih ploha u starosnim klasama ne odnose na centralnu starost starosne klase već na aritmetičku sredinu starosti oglednih ploha u starosnoj klasi ( $\bar{t}_i$ ).

Tabela 4. Srednje visine oglednih ploha u starosnim klasama, njihove standardne devijacije i granice intervala variranja

Table 4. Average heights on sample plots age classes, their Standard Error and limits of variability

Age classes $i$	Average age $\bar{t}_i$ (god)	Number sample plots	Average height of average heights $\bar{H}_i(m)$	Standard Error of average height of sample plots $Sd_i(m)$	$t$ Statistic	$\bar{H}_i + tSd_i$ (m)	$\bar{H}_i - tSd_i$ (m)
11 - 20	15,70	10	5,09	1,00	2,26	7,35	2,83
21 - 30	26,22	36	8,70	1,52	2,02	11,77	5,63
31 - 40	34,60	20	12,66	1,98	2,09	16,80	8,52
41 - 50	45,53	15	14,03	2,17	2,15	18,68	9,38
51 - 60	52,89	19	16,53	1,08	2,10	18,80	14,26
61 - 70	65,25	12	17,91	3,08	2,20	24,69	11,13
71 - 80	73,38	8	18,15	2,15	2,37	23,23	13,07
81 - 90	87,67	6	18,63	2,08	2,57	23,98	13,28
91 - 100	93,25	4	22,62	0,60	3,18	24,53	20,71

Veličine  $\bar{H}_i + t Sd_i$  određuju položaj gornje, a  $\bar{H}_i - t Sd_i$  položaj donje granice pojasa variranja srednjih visina zasada, odnosno gornju i donju granicu bonitetnih razreda uz vjerovatnoću 95 %. Pri konačnom utvrđivanju položaja gornje i donje granice pojasa variranja srednjih visina zasada vodilo se računa da se obuhvate utvrđene amplitude variranja srednjih visina oglednih ploha oko srednje veličine po starosnim klasama. Osim toga vodilo se računa i o tome da se sa povećanjem starosti varijabilitet srednjih visina zasada konstantno povećava, odnosno sa starošću se povećava širina pojasa između gornje i donje granice. U tom cilju utvrđena je funkcija (G) koja sa starošću degresivno raste. Dodata je i oduzeta odabranom Prodanovom regresijskom modelu (sredini III boniteta) i time su utvrđene gornja ili donja granica pojasa variranja srednjih visina zasada (grafik 5).

$$G = 0,0000041179 t^3 - 0,0015115170 t^2 + 0,1996522709 t - 0,6542294056$$

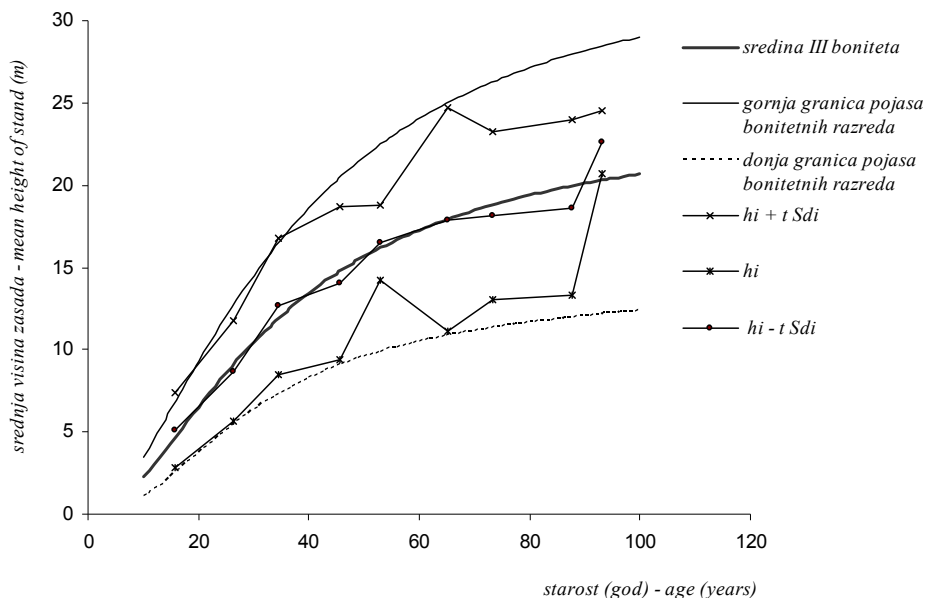
Matematički izraz gornje granice pojasa variranja srednjih visina zasada crnog bora u Bosni je sljedeći:

$$H_{gg} = t^2 / (35,70462 + 0,484102 t + 0,039939 t^2) + (0,0000041179 t^3 - 0,0015115170 t^2 + 0,1996522709 t - 0,6542294056)$$

dok je za donju granicu:

$$Hdg = t^2 / (35,70462 + 0,484102 t + 0,039939 t^2) - (0,0000041179 t^3 - 0,0015115170 t^2 + 0,1996522709 t - 0,6542294056)$$

$t$  starost, a  $Hgg$  i  $Hdg$  maksimalna, odnosno minimalna srednja visina zasada crnog bora u Bosni pri određenoj starosti.



Grafik 5. Granice pojasa variranja srednjih visina zasada  
Fig. 5. Limits of variability average heights of stands

### 5.3. Dispozicija bonitetnih krivih

Bonitetne krive srednjih visina utvrđene su tako što je pojas variranja srednjih visina ploha oko odabranog regresijskog modela (sredine III boniteta) računski podijeljen na pet polja jednake širine. Time su dobijeni matematički izrazi krivih, sredina i granica pet relativnih visinskih boniteta staništa za zasade crnog bora na karbonatnim supstratima u Bosni.

Sredine bonitetnih razreda utvrđene su na sljedeći način:

$$I = III + 4/5 G$$

$$II = III + 2/5 G$$

$$IV = III - 2/5 G$$

$$V = III - 4/5 G$$

I, II, III, IV, V sredine bonitetnih razreda staništa, specijalno III je odabrani Prodanov regresijski model, a G je funkcija na osnovu koje su utvrđene granice pojasa variranja srednjih visina zasada crnog bora.

Analogno su utvrđene granice bonitetnih razreda:

$$H_{gg} = III + G$$

$$I/II = III + 3/5 G$$

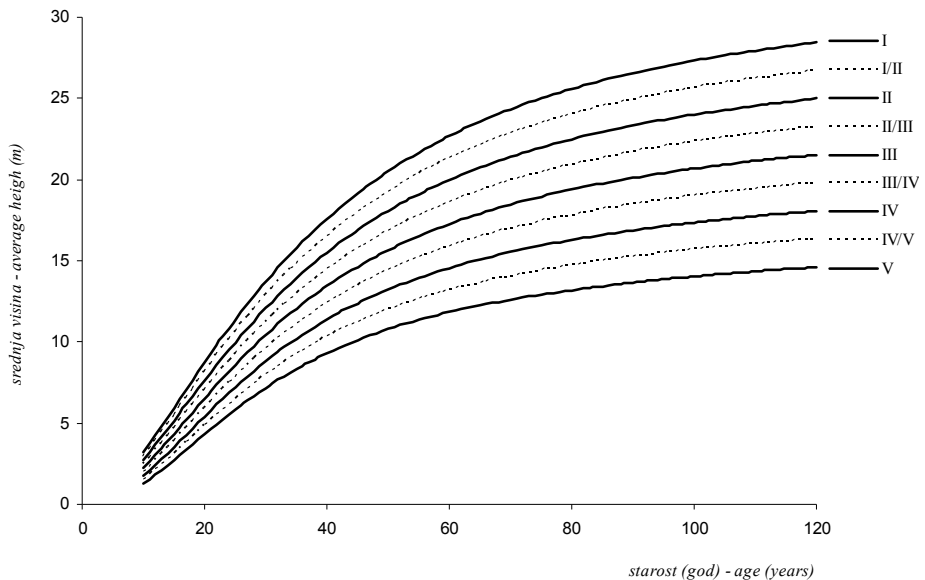
$$II/III = III + 1/5 G$$

$$III/IV = III - 1/5 G$$

$$IV/V = III - 3/5 G$$

$$H_{dg} = III - G$$

Utvrđene bonitetne krive prikazane su na grafiku 6, a numeričke (tablične) veličine u tabeli 5.



IncrediMail.lnk *Grafik 6.* Dispozicija bonitetnih krivih srednjih visina jednodobnih zasada crnog bora na karbonatnim supstratima u Bosni

*Fig. 6.* Disposition of average height site class curves untending even-aged pure black pine stands on carbonate substrate

Sve krive imaju esoidan oblik, kao Prodanov regresijski model i rastojanje između njih u apsolutnom iznosu pri bilo kojoj starosti je jednako.

Bonitiranje staništa jednodobnih zasada crnog bora na karbonatnom supstratu u Bosni vrši se uobičajeno, poređenjem krivih razvoja srednjih visina zasada sa dispozicijom bonitetnih krivih visina (grafik 6), uz uslov da raspoložemo podacima za konstrukciju krivih razvoja. Ako raspoložemo samo jednim podatkom o veličini srednje visine zasada, bonitiranje je jednostavnije poređenjem konkretnih podataka sa tabličnim (tabela 5).

## **6. Zaključak**

Bonitiranje staništa sastojine je bitno za definisanje optimalnih uzgojnih radova, metode regeneracije, vrste njege i prorede, za određivanje dužine produkcionog perioda, odnosno za donošenje odluka pri gazdovanju šumama. Svaki bonitetni razred staništa podrazumijeva različitu strukturu i proizvodni potencijal zasada.

Formiranje dispozicije bonitetnih razreda staništa (bonitetnih krivih) čini prvu fazu utvrđivanja taksacionih osnova za plansko i racionalno gazdovanje jednodobnim zasadima crnog bora na karbonatnom supstratu u Bosni. U narednim fazama obrađivaće se taksacioni podaci po bonitetnim razredima staništa.

Tabela 5. Srednje visine jednodobnih šumskih zasada crnog bora na karbonatnim supstratima u Bosni na sredinama i granicama bonitetnih razreda

Table 5. Average heights of even-aged stands black pine on carbonate substrates in Bosnia in middles and limits of site classes

Age	Site classes									
	I classe		II classe		III classe		IV classe		V classe	
	middle	limits	middle	limits	middle	limits	middle	limits	middle	limits
10	3,20	2,97 - 3,44	2,72	2,49 -2,96	2,25	2,02 -2,48	1,77	1,54 -2,01	1,29	1,05 -1,53
15	5,94	5,55 - 6,35	5,14	4,74 -5,54	4,33	3,94 -4,73	3,53	3,13 -3,93	2,72	2,32 -3,12
20	8,73	8,19 - 9,29	7,63	7,08 -8,18	6,52	5,98 -7,07	5,41	4,87 -5,97	4,30	3,75 -4,86
25	11,35	10,67 - 12,05	9,97	9,29 -10,66	8,59	7,91 -9,28	7,21	6,52 -7,90	5,82	5,13 -6,51
30	13,71	12,91 - 14,53	12,08	11,27 -12,90	10,44	9,64 -11,26	8,81	8,00 -9,63	7,18	6,36 -7,99
35	15,79	14,87 - 16,72	13,92	13,00 -14,86	12,06	11,14 -12,99	10,20	9,28 -11,13	8,33	7,40 -9,27
40	17,59	16,56 - 18,63	15,52	14,49 -16,55	13,45	12,42 -14,48	11,38	10,35 -12,41	9,31	8,27 -10,34
45	19,15	18,03 - 20,28	16,89	15,77 -18,02	14,64	13,52 -15,76	12,38	11,26 -13,51	10,12	8,99 -11,25
50	20,50	19,30 - 21,71	18,07	16,87 -19,29	15,65	14,45 -16,86	13,22	12,02 -14,44	10,80	9,58 -12,01
55	21,67	20,39 - 22,96	19,09	17,81 -20,38	16,52	15,24 -17,80	13,94	12,66 -15,23	11,37	10,08 -12,65
60	22,68	21,34 - 24,04	19,97	18,63 -21,33	17,26	15,92 -18,62	14,55	13,21 -15,91	11,85	10,49 -13,20
65	23,56	22,16 - 24,98	20,74	19,33 -22,15	17,91	16,51 -19,32	15,08	13,68 -16,5	12,25	10,84 -13,67
70	24,33	22,88 - 25,80	21,40	19,95 -22,87	18,47	17,01 -19,94	15,54	14,08 -17,00	12,61	11,14 -14,07
75	25,00	23,50 - 26,52	21,98	20,48 -23,49	18,96	17,46 -20,47	15,94	14,44 -17,45	12,92	11,41 -14,43
80	25,59	24,05 - 27,14	22,49	20,95 -24,04	19,39	17,85 -20,94	16,29	14,75 -17,84	13,19	11,64 -14,74
85	26,11	24,54 - 27,70	22,94	21,37 -24,53	19,77	18,20 -21,36	16,60	15,03 -18,19	13,43	11,85 -15,02
90	26,57	24,96 - 28,18	23,34	21,74 -24,95	20,11	18,51 -21,73	16,88	15,28 -18,50	13,65	12,04 -15,27
95	26,97	25,34 - 28,61	23,69	22,06 -25,33	20,41	18,78 -22,05	17,13	15,50 -18,77	13,85	12,21 -15,49
100	27,33	25,68 - 29,00	24,01	22,36 -25,67	20,68	19,03 -22,35	17,36	15,70 -19,02	14,03	12,37 -15,69

## Literatura

1. Assmann, E. (1961): Waldertragskunde. München, Bonn, Wien: BVL Verlagsgesellschaft.
2. Clutter, J. L.; Forstn, J.C.; Pineaar, L.V.; Brister, G.H.; Bailey, R.L. (1983): Timber management: A quantitative approach. John Wiley, New York S. 0-333.
3. Ekinović, S. (1997.): Metode statističke analize u Microsoft - Exscel-u, Zenica
4. Gadov, K.v. (1999): Waldwachstum, Beilage zur Vorlesung für das Sommersemester 1999. Institut für Forsteinrichtung und Ertragskunde, Universität Göttingen
5. Green, R.N., Marshal, P.L., Klinka, K. (1989): Esimating site index of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) from ecological variables in southwestern British Columbia. For. Sci. 35 (1), 50-63.
6. Graney, D.L., Ferguson, E.R. (1971): Site quality relationships for shortleaf pine in the Boston mountains of Arkansas. For. Sci. 17 (1), 16-22.
7. Harrington, C.A. (1987): Site index comparisons for naturally seeded loblolly pine and short leaf pine. SJAF 11: 86-91.
8. Koprivica, M. (1997): Šumarska biometrika, knjiga I. Institut za šumarstvo, Beograd
9. Kramer, H. (1964): Bonitierungsmaßstäbe in der Forstwirtschaft FHW, S. 8-12.
10. Kramer, H. (1988): Waldwachstumslehre, Verlag Paul Parey. Hamburg u. Berlin.
11. Kramer, H. & Akça, A. (1995): Leitfaden zur Waldmeßlehre. J.D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main.
12. Lojo, A. (1999): Matematički izraz za logičko-grafički izravnatu krivu liniju Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, No 1- knjiga XXIX.
13. Lojo, A. (2000): Taksacione osnove za gazdovanje šumama pitomog kestena (*Castanea sativa* Mill.) na području Cazinske krajine, magistarski rad. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
14. Ljubović, Ć. (1998): Izbor najpogodnije funkcije rasta i određivanje vrijednosti njenih parametara. Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, No 1- knjiga XXVIII.
15. Matić, V. (1980): Prirast i prinos šuma, udžbenik. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
16. Maunaga, Z. (1989): Proizvodne i strukturne karakteristike jednodobnih sastojina crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) U Hercegovini, magistarski rad. Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
17. Maunaga, Z. (1998): Strukturne i proizvodne karakteristike veštački podignutih sastojina smrče u BiH, disertacija. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.



18. Pavlič, J. (1999): Metodika premjera i registrovanja podataka u jednodobnim zasadima smrče (*Picea abies* Karst.), bijelog bora (*Pinus sylvestris* L.) i crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) u Bosni i Hercegovini. Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, No 1- knjiga XXIX.
19. Pranjić, A. & Lukić, N. (1997): Izmjera šuma, udžbenik. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
20. Prodan, M. (1965): Holzmeslhre. J.D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main.
21. Stamenković, V. & Vučković, M. (1988): Prirast i proizvodnost stabala i šumskih sastojina, udžbenik. Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu.
22. Stefanović, V. et al. (1977): Tipovi šuma crnog i bijelog bora u Bosni i Hercegovini. Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu, knjiga 20, sveska 1-2.

### Summary

For even-aged or almost even-aged pure stands it is usually as the indicator of site class to use average height dominant and co-dominant trees. Existed even-aged black pine stands in Bosnia on carbonate substrate were not tending, so as the indicator for site class was taken average height of normally formed trees (trees without deformation with important influence on the height).

Average heights on sample plots established in black pine stands with different ages and stand characteristics in west, central and east Bosnia (where existed stands are) are modeled using Prodan's function:

$$\hat{H} = t^2 / (35,70462 + 0,484102 t + 0,039939 t^2)$$

( $\hat{H}$  - estimated mean stand height for average stand conditions,  $t$  - stand age)

This function has found as the most adequate using biometrical analyses several function. It is, in fact, regression model for mean height function depending of stand age of black pine stands in Bosnia on carbonate substrates for average site conditions, what is in fact mathematical expression for average third site class (average of five site classes). Average height of stands are higher or lower of evaluated values and they are dispersed homogeneously around regression function. Limits of variability (up  $H_{gg}$  and down  $H_{dg}$ ) average heights has defined by adding and deducting function  $G$  have had fined Prodan's function ( $\hat{H}$ ) for any ages ( $t$ ).

$$G = 0,0000041179 t^3 - 0,0015115170 t^2 + 0,1996522709 t - 0,6542294056$$

During the time function  $G$  is growing up, degressively, as much as average heights variability. Diapason of average height variability includes average heights of stands on age classes (of 10 years) with probability 95%. Finally, relative site classes

of black pine stands in Bosnia on carbonate substrates has been calculate divide of diapason average heights variability on five equivalent parts.

Establishing of site classes of black pine stands in Bosnia on carbonate substrates are, as usual, comparing average height growths curves to disposition of average heights site classes curves, if we have had needs data. But, if we have average height for only one age it is ease to do it using data in tables.