

# Utjecaj mjeritelja, položaja pri izmjeri te vrste drveća na izmjeru visina stabala

---

**Bazijanec, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2018**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:256652>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-02**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**ŠUMARSKI FAKULTET**

**ŠUMARSKI ODSJEK**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ**

**ŠUMARSTVO**

**IVAN BAZIJANEC**

**UTJECAJ MJERITELJA, POLOŽAJA PRI IZMJERI TE VRSTE  
DRVEĆA NA IZMJERU VISINA STABALA**

**ZAVRŠNI RAD**

**ZAGREB, 2018.**

## PODACI O ZAVRŠNOM RADU

<b>Zavod:</b>	Zavod za izmjeru i uređivanje šuma
<b>Predmet:</b>	Dendrometrija
<b>Mentor:</b>	prof. dr. sc. Mario Božić
<b>Asistent - znanstveni novak:</b>	
<b>Student (-ica):</b>	Ivan Bazijanec
<b>JMBAG:</b>	0068227471
<b>Akad. godina:</b>	2017./ 2018.
<b>Mjesto, datum obrane:</b>	Zagreb, 21. rujan 2018.
<b>Sadržaj rada:</b>	Slika: 59 Tablica: 33 Navoda literature: 5
<b>Sažetak</b>	<p>Visina stabala jedna je od osnovnih varijabli izmjere šuma jer se između ostaloga koristi pri određivanju volumena pojedinačnih stabala (na temelju izmjerene visine stabla) te sastojina (na temelju konstruirane visinske krivulje odnosno tarife dobivene iz nje). Kod izmjere visina važna je dobra procjena vrha stabla, koja ovisi o mjeritelju, te njegovom položaju u odnosu na stablo (udaljenost od stabla, zaklonjenost krošnjama drugih stabala, kutu viziranja na vrh stabla). Cilj ovoga rada je ispitati utjecaj mjeritelja te položaja pri izmjeri na visinu pojedinačnih stabala te visinske krivulje. Izmjera će se provesti s dva mjeritelja na četiri vrste drveća (Hrast lužnjak, Obični grab, Obična jela i Obična bukva). Za svaku vrstu će se izmjeriti 70-ak stabala, pri čemu će oba mjeritelja pola stabala mjeriti s iste, a drugu polovinu s različitih pozicija. Na nagnutim terenima izmjera će se provesti postavljanjem mjeritelja uz nagib u odnosu na stabla.</p>

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. CILJ RADA .....	2
3. MATERIJAL I METODE.....	3
4. REZULTATI S RASPRAVOM.....	6
5. ZAKLJUČAK.....	55
6. LITERATURA.....	57
7. PRILOZI.....	57

## 1. UVOD

Šumarstvo kao struka od svojih samih početaka zasniva se na potrebi za kvantificiranjem informacija dobivenih opažanjem. Čovjekova težnja za organizacijom, uspoređivanjem i prikazivanjem podataka u svrhu praćenja i daljnjeg planiranja, dovela je do razvoja dendrometrije, prema mišljenju mnogih, najstarije šumarske znanosti. Razvojem struke, povećanjem njezine složenosti te postavljanjem sve većih ciljeva i očekivanja pri gospodarenju, paralelno se razvijala i sama dendrometrija. Usavršavali su se postojeći i razvijali novi uređaji i pomagala neophodna za izmjeru stabala, sastojina i čitavih šuma. Kao dvije temeljne varijable izmjere šuma smatraju se prsni promjer i visina stabla. Na temelju tih dvaju varijabli računski se konstruira (izjednačava) visinska krivulja sastojine. Sastojinska visinska krivulja jedan je od osnovnih podataka kod određivanja postojećeg stanja sastojine (Stipančić, 1968). Na temelju nje određuje se i izračunava još mnoštvo parametara koji stručnjacima u šumarstvu govore kako dalje postupati, poglavito pri izradi planova gospodarenjaa tom sastojinom. Između ostaloga to je bonitet koji se određuje pomoću srednje sastojinske visine te tarifni niz iz kojega se u konačnici dobiva drvena zaliha sastojine. Zbog svega je toga važno visinu sastojine ustanoviti što točnije (Stipančić, 1968). Totalna visina stabla udaljenost je od tla do vrha (najviše točke) stabla, uz pretpostavku da je stablo vertikalno i pravno (Pranjić i Lukić 1997). U današnje vrijeme postoji mnoštvo visinomjera koji rade na različitim principima (geometrijski, trigonometrijski) i svi imaju svoje prednosti i nedostatke. Bitne karakteristike za kvalitetan rad su im preciznost, brzina i jednostavnost rukovanja. Unatoč tome što su vršena ispitivanja pojedinih visinomjera, gdje su pokazali zavidnu preciznost, o čemu su objavljeni znanstveni radovi, do pogrešaka pri izmjeri visina ipak dolazi. Ovaj rad orijentiran je na ispitivanje razloga pojave tih pogrešaka, njihov statistički značaj i utjecaj na visinske krivulje.

## 2. CILJ RADA

Visina stabla od temeljne je važnosti za kvantitativan opis stabla i sastojine (Lukić i dr., 2005). Upravo iz tog razloga visine stabala potrebno je precizno i efikasno izmjeriti uz što manji utrošak vremena, a s time povezano i što manji financijski trošak. U današnje vrijeme visinomjeri postaju sve sofisticiraniji te se prelazi s analognih na digitalne uređaje. Oni često nisu samo visinomjeri, nego i padomjeri, daljinomjeri s još mnoštvom drugih funkcija. Jedan od takvih visinomjera je i Vertex III, švedskog proizvođača Haglöf. To je digitalni visinomjer koji radi na trigonometrijskom principu, a udaljenost mjeri na osnovu vremena koje je potrebno da odaslani ultrazvučni valovi stignu do njegovog prijemnika i natrag do uređaja. U istraživanjima (Lukić i dr., 2005; Božić i dr., 2005) pokazao se vrlo preciznim, pouzdanim i efikasnim za izmjeru visina i posebice pogodan za znanstveno-istraživački rad.

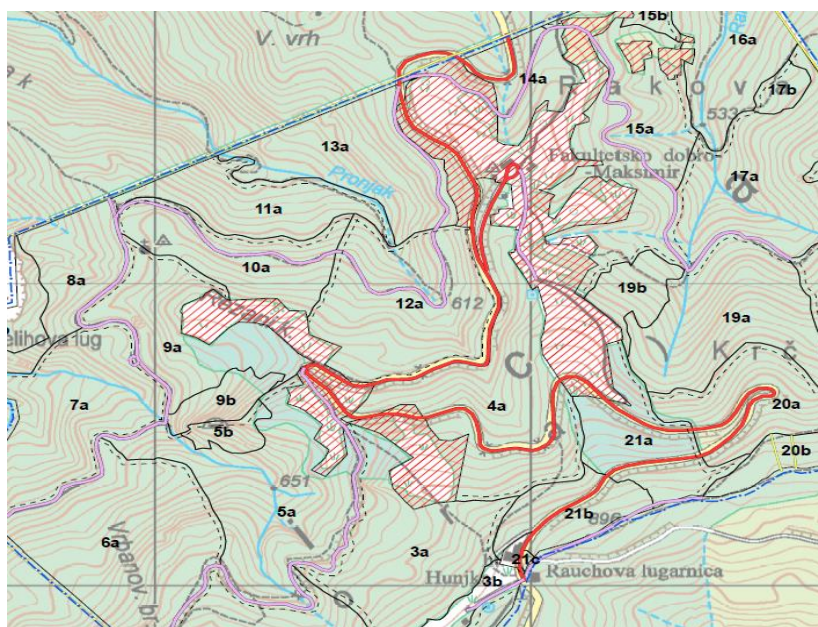
Uzevši u obzir navedene činjenice i svakodnevni napredak tehnologije, teško je ne zapitati se koliko daleko ona može ići, ali i zašto se pri izmjeri tako sofisticiranim uređajima još uvijek javljaju određene pogreške. Razlozi su, naravno višestruki i vrlo lako ih je pretpostaviti. Pogreške koje se javljaju ovise o mjeritelju i njegovom iskustvu, vrsti drveća, procjeni vrha stabla (najviše grane), smetnji ostalih krošanja pri vizuri, mjeriteljevu stajalištu pri izmjeri, kalibraciji instrumenta i mnoštvu drugih čimbenika. Cilj ovoga rada je korištenjem prethodno spomenutog uređaja (Vertex III), ispitati vrste pogrešaka, načine na koje do njih dolazi te njihovu veličinu. Također, cilj je i utvrditi utjecaj tih pogrešaka na razlike u visinama pojedinih stabala te visinskih krivulja sastojina.

### 3. MATERIJALI I METODE

Plan ovoga istraživanja bio je provesti izmjeru visina četiri vrste drveća koja se razlikuju po habitusima i staništu na kojemu pridolaze te statistički obraditi podatke. Izmjera je provedena od strane prof. dr. sc. Maria Božića, doc. dr. sc. Ernesta Goršića i doc. dr. sc. Mislava Vedriša, na odabranom uzorku stabala podjednake zastupljenosti svih debljinskih stupnjeva. Tako su izmjerene visine, ali i promjeri 74 stabla hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) i 55 stabala običnoga graba (*Carpinus betulus* L.) u Šašinovečkom lugu, odsjeci 16a i 16b (Slika 1.) te po 76 stabala obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) i obične jele (*Abies alba* Mill.) na Sljemenu u GJ „Sljeme“, odsjeku 4a (Slika2.).



**Slika 1.** Karta s prikazom Šašinovečkog luga



**Slika 2.** Karta s prikazom GJ „Sljeme“, odsjek 4a

	Hrast lužnjak ( <i>Quercus robur</i> L.)		Obični grab ( <i>Carpinus betulus</i> L.)		Obična jela ( <i>Abies alba</i> Mill.)		Obična bukva ( <i>Fagus sylvatica</i> L.)	
Raspon izmjerenih prsnih promjera (cm) [E. Goršić]	31,0-100,0		11,5-54,0		11,9-89,3		11,7-68,1	
Raspon izmjerenih visina (m)	E. Goršić	M. Vedriš	E. Goršić	M. Vedriš	E. Goršić	M. Vedriš	E. Goršić	M. Vedriš
	18,7-41,5	17,9-41,6	9,4-32,5	10,2-32,5	7,7-38,5	7,7-39,1	11,2-42,4	11,0-40,5

**Tablica 1.** Rasponi izmjerenih promjera i visina

Izmjera visina provedena je uređajem pod nazivom Vertex III. na označenim i numeriranim stablima za sve četiri navedene vrste. Za svaku vrstu drveća izmjeru su provodila dvojica mjeritelja i dobivene rezultate za svako pojedino stablo upisivali u posebno izrađene obrasce. Osim izmjerene visine, upisivali su se i podaci o kvaliteti vizure vrha stabla. Tako je oznaka „+“ označavala jasnu vizuru na vrh stabla, oznaka „0“ osrednju/nejasnu vizuru, a oznaka „-“ lošu vizuru uz potrebu procjene vrha stabla. Kasnije su te vrijednosti pretvorene u numeričke zbog statističke obrade. Na nagnutom terenu, izmjera se vršila sa stajališta koje se nalazilo uz nagib (višlje od žilišta mjenenog stabla). To je uz uporabu Vertex-a vrlo praktično i jednostavno jer on udaljenosti pod nagibom pretvara u horizontalne, a ujedno je s višljeg stajališta lakše vizirati na vrh stabla. Također, pri samom mjerenju određeno je da će polovicu stabala od svake vrste, mjeritelji mjeriti s identičnog stajališta, a polovicu s različitih stajališta kako bi se na osnovu toga ustanovilo utječe li značajno promjena stajališta pri izmjeri na dobivene rezultate. Upravo zbog toga u istraživanje su uključene četiri vrste drveća različitih habitusa, samim time i različite mogućnosti kvalitetne vizure vrha stabla. Obična jela zbog svog monopodijalnog tipa rasta i lakoće određivanja vrha, izvrsno se uklapa u ovo istraživanje i daje mogućnost usporedbe s vrstama simpodijalnog tipa rasta.

Nakon završene izmjere, podatke je bilo potrebno unijeti u računalo u jednu zajedničku bazu podataka, odnosno u softver pod nazivom Excel i pripremiti ih za daljnju statističku obradu. Po unosu, podaci su dodatno provjereni i pronađeno je 5 pogrešaka zbog neobjašnjive razlike u rezultatima dvaju mjeritelja te se provjerom terenskih obrazaca zaključilo da je zaista riječ o krivo unijetim brojevima u bazu podataka (greška pri prijepisu podataka s terenskih obrazaca). Kada je ustanovljeno da je sve u redu, pristupilo se daljnjoj obradi i statističkoj analizi prikupljenih podataka. Obrada u Excel-u sastojala se od izrade tablice raspona izmjerenih podataka (Tablica 1.), izračuna razlika izmjerenih visina pojedinih stabala između dvojice mjeritelja i grafičkih prikaza tih podataka te izrade grafičkih prikaza visinskih krivulja. Razlike izmjerenih visina pojedinih stabala izračunate



su u metrima (m) [ $\Delta h = h_V - h_G$ ] i postotku (%) [ $\Delta h = \frac{(h_V - h_G)}{h_V} * 100$ ], gdje je:  $\Delta h$  - razlika izmjerenih visina pojedinih stabala između dvojice mjeritelja,  $h_V$  - vrijednost visine za pojedino stablo koju je izmjerio mjeritelj M. Vedriš i  $h_G$  - vrijednost visine za pojedino stablo koju je izmjerio mjeritelj E. Goršić. Statistička analiza podataka napravljena je u softveru pod nazivom „STATISTICA 12.5“, tvrtke StatSoft. Analiza je provedena po kategorijama: na temelju svih izmjerenih stabala pojedine vrste, zatim na temelju kvalitete vizure vrhova stabala te na temelju stajališta mjeritelja pri izmjeri. Analiza na temelju kvalitete vizure vrhova stabala provedena je na način da su uspoređivane razlike visina stabala kod kojih su obojica mjeritelja dobro vidjela vrh (dobra vizura) s ostalim visinama stabala. Pod ostalim visinama stabala objedinjene su visine stabala nejasne (0) i loše vizure (-) u zajedničku kategoriju pod nazivom loša vizura. Razlog tomu je što bi daljnjim razdvajanjem kategorija kvalitete vidljivosti vrhova stabala, uzorak za analizu bio premali s nejednakom zastupljenošću debljinskih stupnjava, što je i ovako u pojedinim slučajevima bio problem. Samim time ne bi vjerno predstavljao mjerenu sastojinu što bi u konačnici moglo dovesti do pogrešnih zaključaka. Analiza podataka na temelju mjeriteljeva stajališta pri izmjeri, provedena je sukladno načinu izmjere na terenu, dakle prva polovica stabala mjerenih s istog stajališta od strane obojice mjeritelja, uspoređivala se s drugom polovicom mjerenom s različitih stajališta.

Pri obradi podataka u softveru „Statistica“ korišten je t-test zavisnih varijabli, kako bi se ustanovilo kolika je razlika između podataka dvaju mjeritelja i je li ona statistički značajna. Podaci će biti prikazani u obliku tablica i Box & Whisker grafova koji vizualno vrlo dobro prikazuju ovakve analize. Također, za izradu visinskih krivulja, korišten je modul softvera pod nazivom Non linear estimation, odnosno nelinearna procjena. Ondje je upotrebljena Mihajlovljeva funkcija [ $h = b_0 * e^{\frac{-b_1}{d+1,30}} + 1,30$ ], kako bi se dobili parametri  $b_0$  i  $b_1$  na temelju kojih se izrađuju visinske krivulje.

## 4. REZULTATI S RASPRAVOM

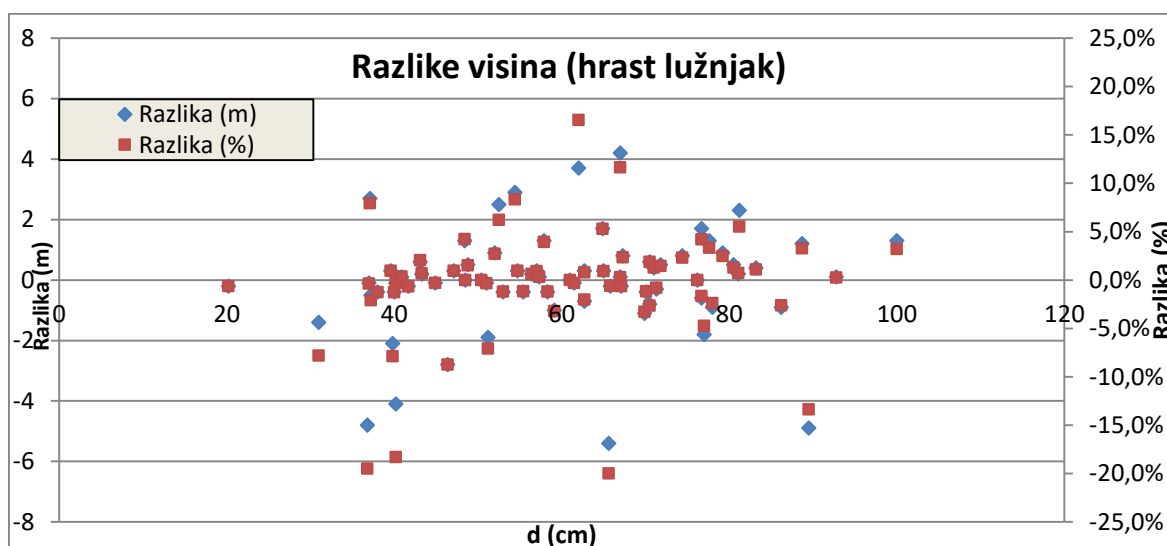
### 4.1. Analiza izmjerenih podataka – hrast lužnjak (*Quercus robur* L.)

Na temelju 74 izmjerena stabla hrasta lužnjaka uključena u statističku analizu, t-testom zavisnih varijabli dobiveni su rezultati (tablica 2.) iz kojih se može vidjeti kako je srednja vrijednost visina gotovo jednaka u oba mjeritelja i razlikuje se tek u drugoj decimali, a iznosi u oba slučaja nešto više od 32.5 m. Rezultati t-testa pokazuju da razlika nije statistički značajna.

**Tablica 2.** Rezultati t- testa zavisnih varijabli (hrast lužnjak)

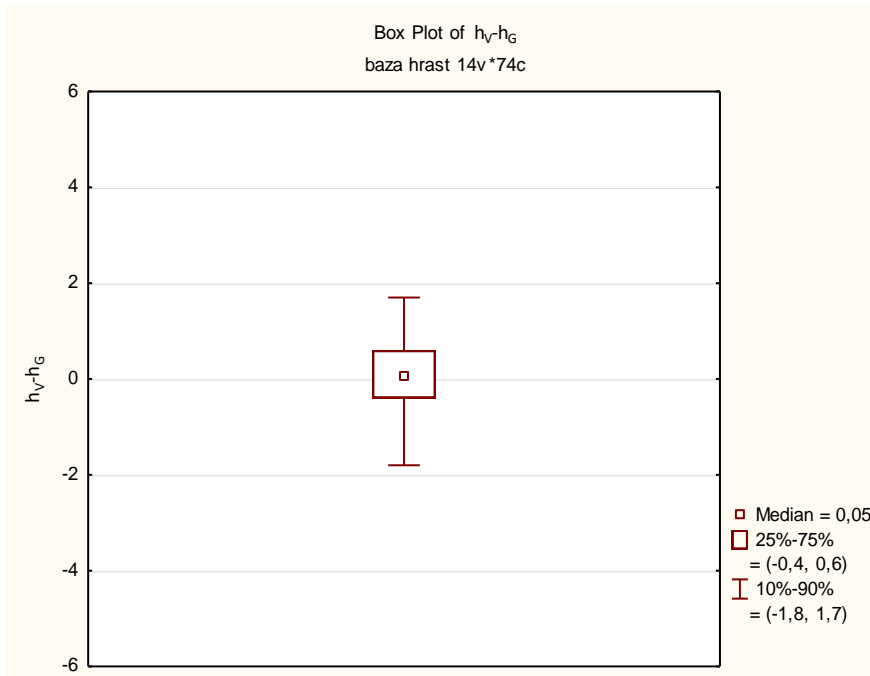
Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza hrast), $p < 0,05$					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
h <sub>v</sub>	32,56216	4,456969				
h <sub>G</sub>	32,58784	4,148740	74	-0,133841	73	0,893896

Bez obzira što ne postoji statistički značajna razlika na razini cijelog uzorka, nas posebno zanima postoji li razlika u visinama na razini pojedinačnih stabala. Za tu svrhu su razlike visina među mjeriteljima na razini pojedinačnih stabala (u metrima i postotku), u odnosu na prsni promjer prikazani na slici 3.



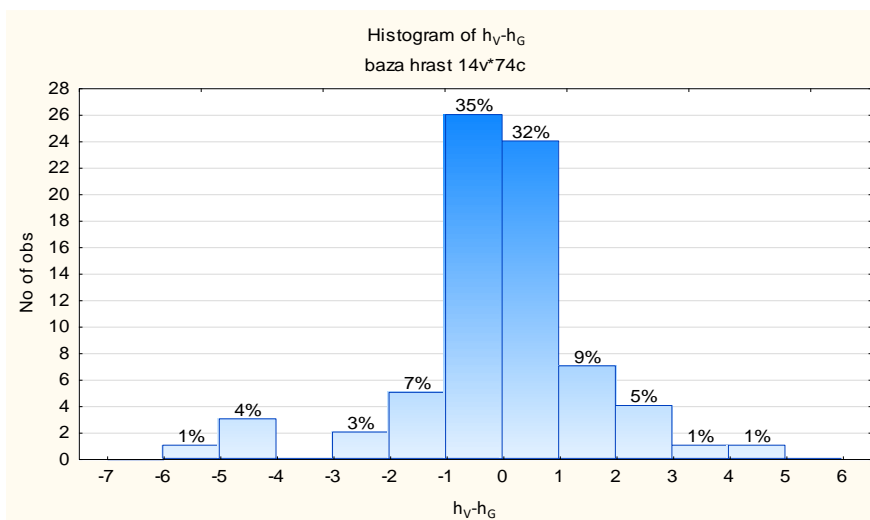
**Slika 3.** Prikaz razlika visina između mjeritelja na razini svih mjerenih stabala u metrima (m) i postotku (%)

Na slici 3 vidljivo je kako nema posebne zakonitosti, odnosno ovisnosti razlika visina među mjeriteljima s obzirom na prsni promjer stabla. Pojedine veće razlike pojavljuju se podjednako pri stablima svih debljinskih stupnjeva. Budući da se iz prethodnog grafičkog prikaza ne vidi jasno raspodjela razlika visina, iste su prikazane slikama 4 i 5.



**Slika 4.** Grafički prikaz intervala razlika visina

Iz slike 4 vidljivo je da se 50% svih razlika visina nalazi unutar intervala od -0,40 m do 0,60 m (raspon od 1,00 m), dok se 80% svih razlika visina nalazi unutar intervala od -1,80 m do 1,70 m (raspon od 3,50 m).



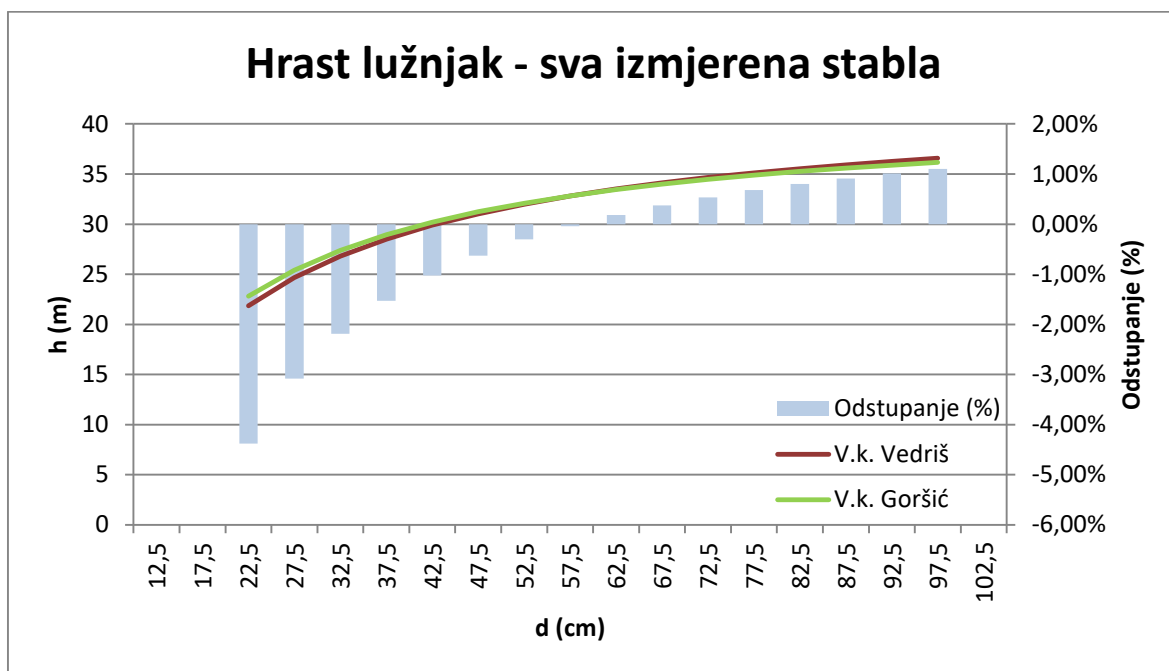
**Slika 5.** Prikaz razlika u izmjeri visina stabala između dvojice mjeritelja po klasama

Iz slike 5 se vidi kako se 67% svih razlika visina pojedinih stabala, nalazi unutar vrijednosti od  $\pm 1,0$  m, a 83% unutar vrijednosti od  $\pm 2,0$  m. Vidljivo je i kako su slučajevi velikih odstupanja najčešće pojedinačni (osim slučaja između -4,0 i -5,0 m, gdje su 3 vrijednosti).

Na temelju izmjerenih visina pojedinačnih stabala i njihovih prsnih promjera, konstruirane su visinske krivulje čiji su parametri prikazani u tablici 3, a same visinske krivulje pojedinih mjeritelja te njihove razlike na slici 6.

**Tablica 3.** Vrijednosti parametara visinskih krivulja i koeficijenata determinacije

	b0	b1	R <sup>2</sup>
M. Vedriš	41,46788	15,79455	36,36%
E. Goršić	40,29994	14,12766	34,17%



**Slika 6.** Visinske krivulje za hrast lužnjak na temelju svih 74 stabla i prikaz njihovog međusobnog odstupanja u postotku

Za početak treba ukazati na jako niske koeficijente determinacije visinskih krivulja (tablica 3), što upućuje da je velika varijabilnost visina stabala za iste prsne promjere. Na slici 6. vide se odstupanja visinskih krivulja dvaju mjeritelja koja postižu pomalo neočekivane vrijednosti od -4,4% (-0,90 m) u debljinskom stupnju 22,5 do 1,1% (0,40 m) u debljinskom stupnju 97,5. Razlog odstupanjima može biti loša vidljivost vrhova stabala, budući da hrast ima vrlo razgranatu krošnju, ali i sam nizinski teren koji je po pitanju viziranja vrha stabla nepovoljniji od brdskog.

#### 4.1.1. Analiza izmjerenih podataka – hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) – ovisnost rezultata o kvaliteti vizure na vrh stabla

S obzirom da je kod dijela izmjerenih stabala vizura na vrh bila dobra (49 stabala), a kod dijela stabala loša (25 stabala), zamisao je bila ispitati i usporediti te dvije kategorije i vidjeti kolika je razlika među njima te je li statistički značajna. Pretpostavka je da će razlika između dvaju mjeritelja biti manja kod dijela izmjerenih stabala s dobrom vizurom na vrhove.

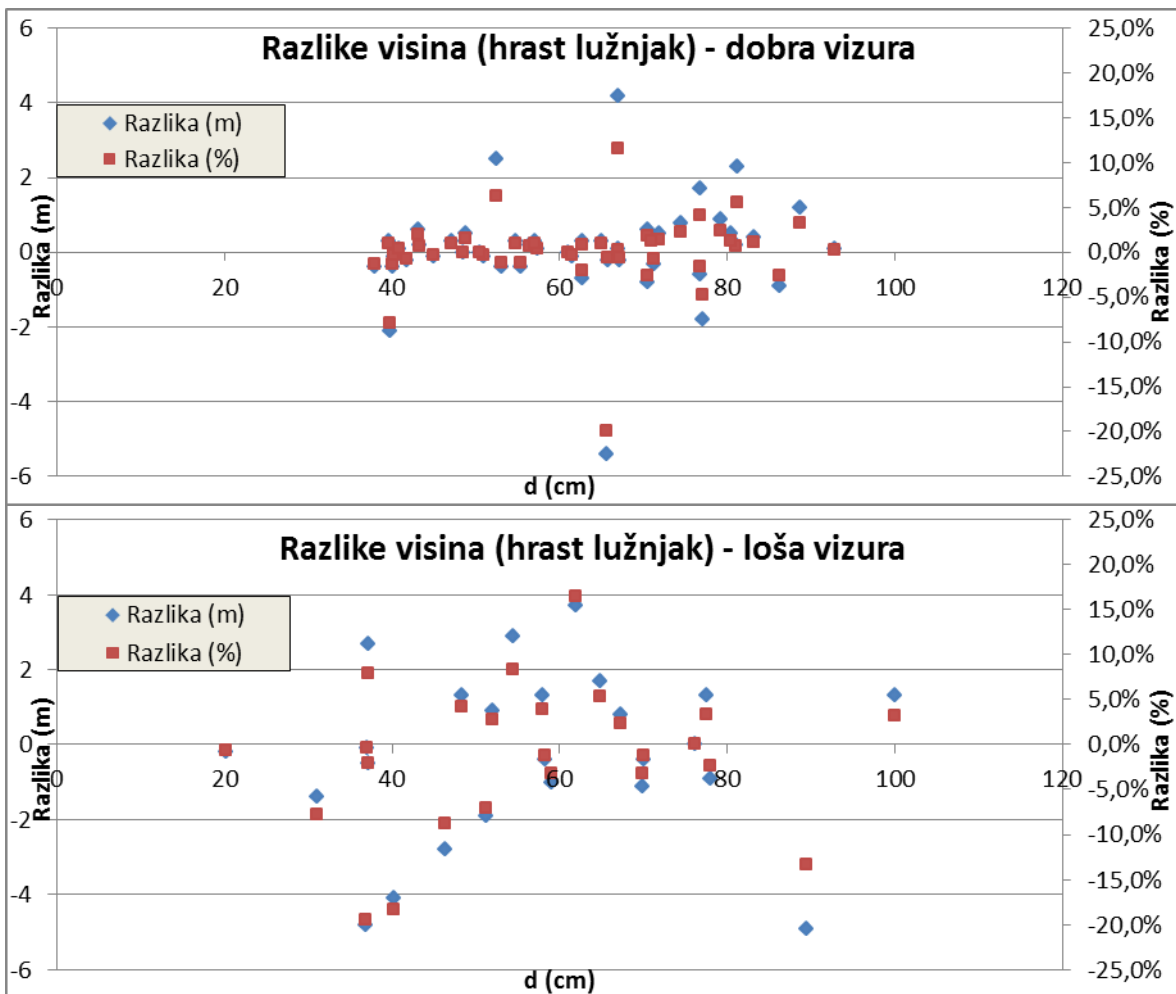
**Tablica 4.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju stabala dobre vidljivosti vrha

Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza hrast), $p < 0,05$ ; Uključen uvjet: $v_{10}=11$					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	33,28163	3,632990				
$h_G$	33,18571	3,207933	49	0,530124	48	0,598470

**Tablica 5.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju stabala loše vidljivosti vrha

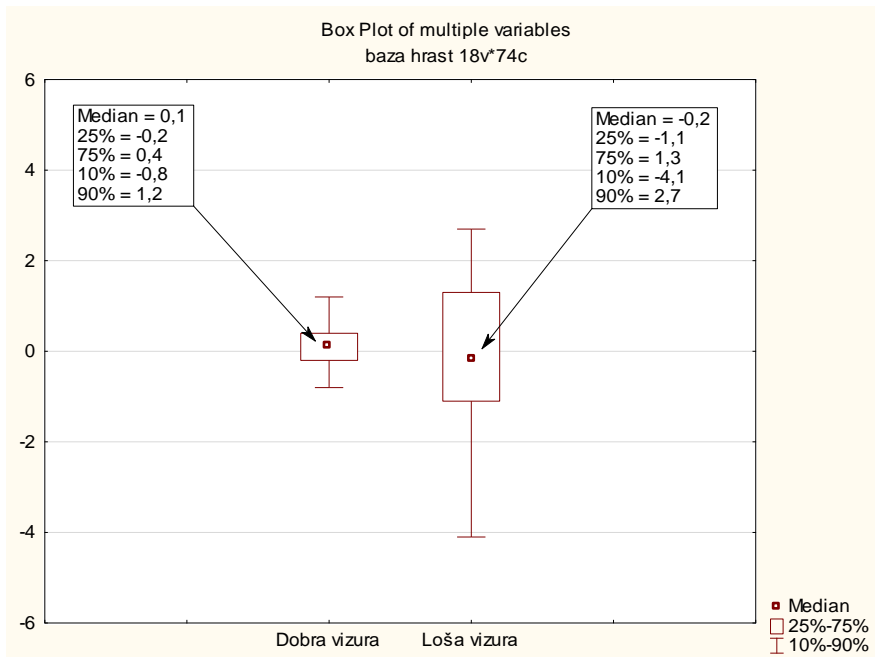
Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza hrast), $p < 0,05$ ; Isključen uvjet: $V_{10}=11$					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	31,15200	5,558411				
$h_G$	31,41600	5,441636	25	-0,591166	24	0,559936

Uspoređujući rezultate iz tablice 4 i 5, vidljiva je razlika koja se očituje u srednjoj vrijednosti visina i u standardnoj devijaciji. Srednja vrijednost veća je u slučaju analize temeljene na stablima dobre vidljivosti vrha kod obojice mjeritelja, a razlikuje se čak za 2,13 m (slučaj varijable  $h_v$ ). Iako je takva razlika možda neočekivana, većoj srednjoj vrijednost kod stabala kojima su obojica mjeritelja dobro vidjela vrh, razlog može biti taj što se visoka (dominantna) stabla dobro ističu u sastojini, ostala stabla im nisu konkurentna te im je samim time vrh dobro uočljiv, odnosno nema smetnje krošanja ostalih stabala. S druge strane, vrhovi kodominantnih ili čak potisnutih stabala, spljoštenih krošanja teško su prepoznatljivi. Također, moguće je i da su mjeritelji kod stabala s lošom vizurom na vrh, gdje je bilo potrebno procijeniti ga, mjerili manje vrijednosti nego što one uistinu jesu (tj. „podcijenili“ su vrijednosti). Iako ne postoji statistički značajna razlika niti u jednom od t-testova (tablica 4 i 5), zanima nas postoji li razlika u visinama na razini pojedinačnih stabala. Tako će u nastavku (slika 7) biti prikazane i uspoređene razlike visina na razini pojedinačnih stabala u metrima (m) i postotku (%), na temelju stabala s dobrom i lošom vizurom na vrh.



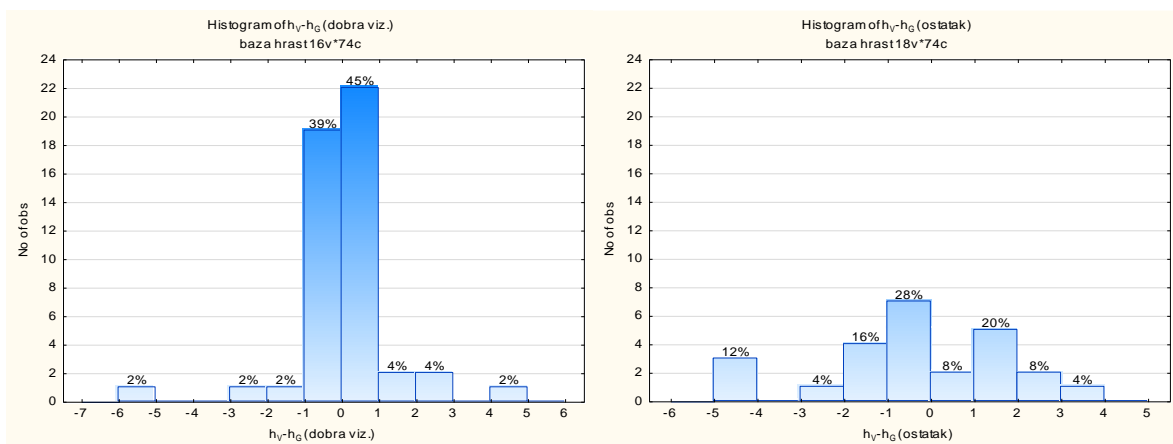
**Slika 7.** Prikaz razlike visina između mjeritelja na razini stabala s dobrom vizurom (prikaz gore) i na razini stabala s lošom vizurom (prikaz dolje) u metrima (m) i postotku (%)

Uspoređujući grafičke prikaze na na slici 7, vidljivo je znatno manje rasipanje razlika visina u slučaju prikaza na temelju stabala s dobrom vizurom na vrh (prikaz gore) u odnosu na prikaz na temelju stabala s lošom vizurom na vrh (prikaz dolje). Takav rezultat je i očekivan jer u slučaju dobre vizure obojice mjeritelja na vrh stabla, međusobna razlika u izmjerenim vrijednostima može se eventualno pojaviti zbog iskustva pri izmjeri i načina rukovanja visinomjerom i najčešće ne bi trebala biti velika. Također, vidljivo je kako niti u jednom niti u drugom prikazu nema posebne zakonitosti, odnosno ovisnosti razlika visina među mjeriteljima s obzirom na prsni promjer stabla. Budući da slika 7 ne pokazuje jasno raspodjelu razlika visina, ona će biti prikazana u nastavku (slika 8 i 9).



**Slika 8.** Grafički prikaz intervala razlika visina (uzorak dobre vizure vrhova stabala u usporedbi s uzorkom loše vizure)

Na slici 8 jasno je vidljiva razlika u intervalima unutar kojih se nalazi 50%, odnosno 80% svih razlika visina. Tako se u slučaju uzorka dobre vizure na vrh stabla, 50% svih razlika visina nalazi od -0,20 m do 0,40 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -0,80 m do 1,20 m. U slučaju uzorka ostalih stabala 50% svih ostupanja nalazi se od -1,10 m do 1,30 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -4,10 m do 2,70 m. Ovakva razlika je očekivana zbog već viđenih rasipanja podataka (Slika 7.), samim time i većih razlika među mjeriteljima u slučaju loše vizure na vrhove stabala.



**Slika 9.** Prikaz razlika u izmjeri visina stabala između dvojice mjeritelja po klasama; slučaj dobre vizure vrhova stabala (lijevo) i slučaj loše vizure vrhova stabala (desno)

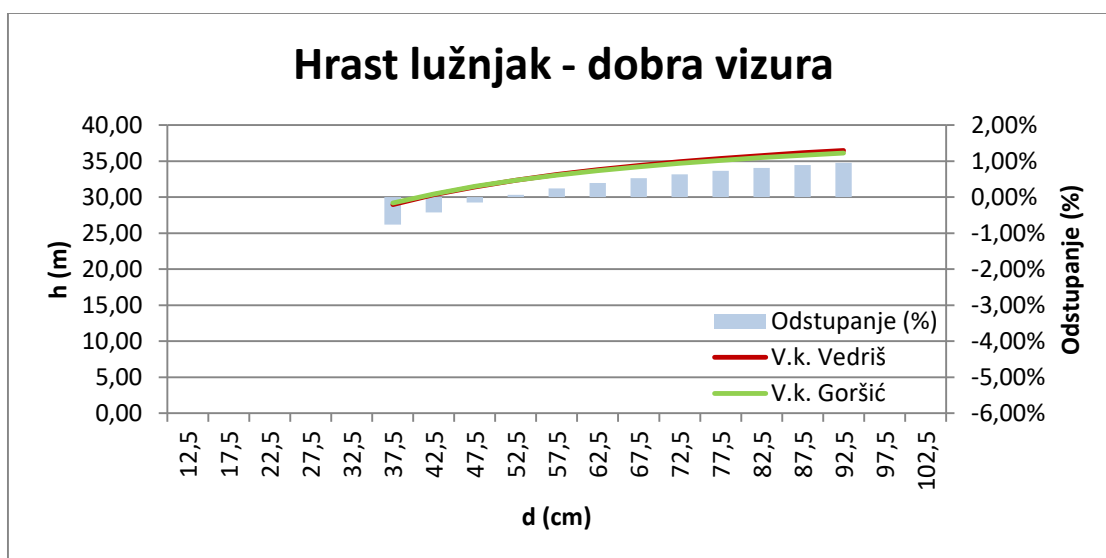
Iz slike 9 u prikazu dobre vizure vrhova stabala, vidljivo je kako se čak 84% svih razlika visina među mjeriteljima nalazi unutar vrijednosti od  $\pm 1$  m, dok su veće razlike visina pojedinačni izdvojeni slučajevi. S druge strane, u prikazu podataka loše vizure vrhova stabala, samo se 36% svih razlika visina nalazi unutar vrijednosti od  $\pm 1$  m. Veće razlike visina relativno su česte, kao što je i vidljivo iz slike 9, kako se 12% svih razlika visina nalazi između -4 m i -5 m.

Na temelju izmjerenih visina pojedinačnih stabala i njihovih prsnih promjera, konstruirane su visinske krivulje čiji su parametri prikazani u tablici 6, a visinske krivulje pojedinih mjeritelja te njihove razlike na slici 10 i 11.

**Tablica 6.** Vrijednosti parametara visinskih krivulja i koeficijenta determinacije

	Dobra vizura mjeritelja na vrhove stabala			Loša vizura mjeritelja na vrhove stabala		
	b0	b1	R <sup>2</sup>	b0	b1	R <sup>2</sup>
M. Vedriš	41,41960	15,11065	33,86%	40,40616	15,56775	34,30%
E. Goršić	40,51133	13,98177	37,04%	39,25325	13,57732	28,68%

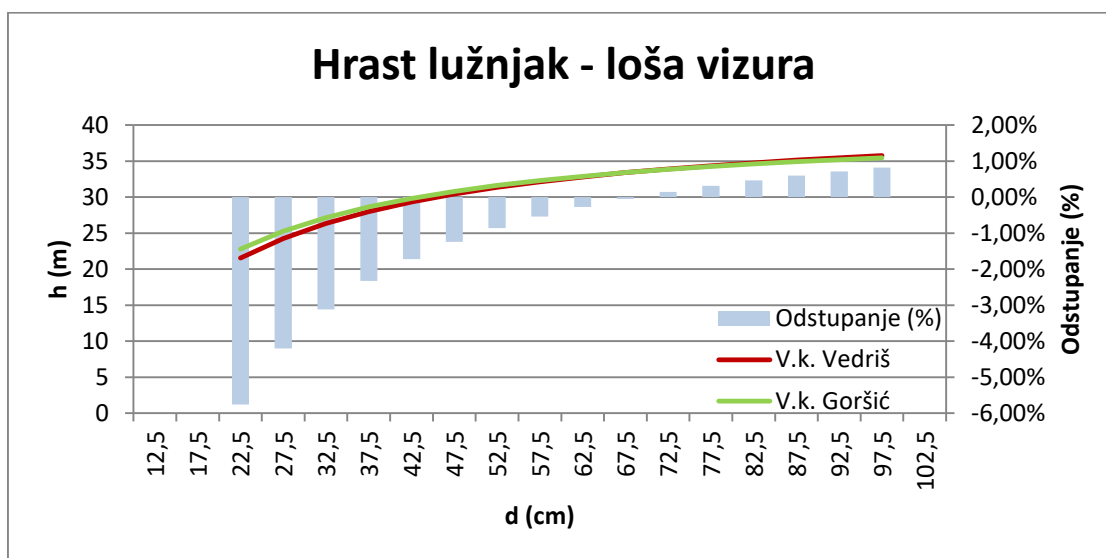
Koeficijenti determinacije visinskih krivulja i u slučaju dobre i u slučaju loše vizure mjeritelja na vrhove stabala (tablica 6) jako su niski, što upućuje da je prisutna velika varijabilnost visina stabala za iste prsne promjere.



**Slika 10.** Visinske krivulje za hrast lužnjak – slučaj dobre vizure vrhova stabala



Na slici 10 prikazane su visinske krivulje izrađene samo na temelju stabala za koja je ocijenjeno da je vidljivost vrha dobra. Vidljivo je znatno manje odstupanje od prikaza visinskih krivulja izrađenih na osnovi svih podataka izmjere za hrast lužnjak. Poklapanje visinskih krivulja je vrlo dobro, a odstupanja ne prelaze  $\pm 1\%$  (za raspon promjera uzorka) te se kreću od  $-0,76\%$  ( $-0,22$  m) u debljinskom stupnju 37,5, pa do  $0,96\%$  ( $0,35$  m) u debljinskom stupnju 92,5.



**Slika 11.** Visinske krivulje za hrast lužnjak – slučaj loše vizure vrhova stabala

Slika 11 prikazuje visinske krivulje izrađene na temelju stabala za koje je ocijenjeno da je vidljivost vrhova stabala loša. Međusobna odstupanja visinskih krivulja očekivano su veća nego u slučaju dobre vidljivosti vrhova stabala (slika 10) i iznose od  $-5,76\%$  ( $-1,24$  m) u debljinskom stupnju 22,5 do  $0,82\%$  ( $0,29$  m) u debljinskom stupnju 97,5. Također može se vidjeti i puno veći raspon prsnih promjera u odnosu na sliku 10. Jedan od mogućih razloga za to je otežano viziranje visokih stabala (osobito u nizini), ali i niskih stabala zbog isprepletenosti ostalih krošanja (najčešće stabala podstojne etaže), što je između ostalog, također razlog velikim odstupanjima među mjeriteljima u nižim debljinskim stupnjevima.

#### 4.1.2. Analiza izmjerenih podataka – hrast lužnjak (*Quercus robur* L.) – ovisnost rezultata o stajalištu mjeritelja pri izmjeri

S obzirom da na kvalitetu vizure vrhova stabala znatno utječe i stajalište pri samoj izmjeri visina stabala, u ovoj analizi polazilo se od pretpostavke kako će razlike u visinama mjerenim od strane obojice mjeritelja s istog stajališta biti manje u odnosu na razlike u visinama mjerenim s međusobno različitim stajališta od strane dvaju mjeritelja. Zamisao je bila ispitati i usporediti te dvije kategorije i vidjeti kolika je razlika među njima te je li statistički značajna.

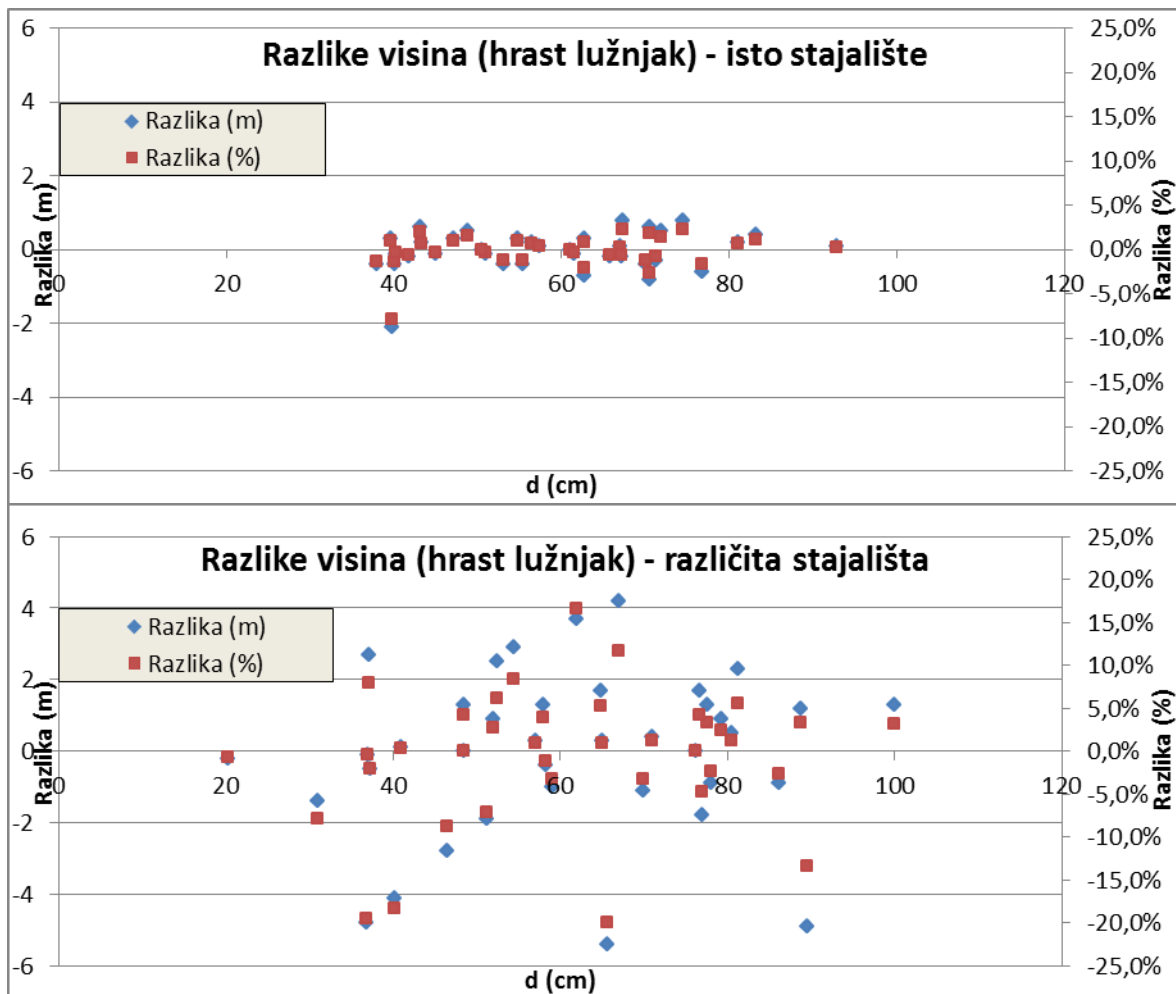
**Tablica 7.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju stabala mjerenih s istog stajališta

Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza hrast), $p < 0,05$ ; Uključen uvjet: V11=11					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	32,55278	2,810235				
$h_G$	32,58611	2,715159	36	-0,372678	35	0,711636

**Tablica 8.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju stabla mjerenih s različitim stajališta

Variabla	T-test zavisnih varijabli (baza hrast), $p < 0,05$ ; Uključen uvjet: V11=22					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	32,57105	5,632191				
$h_G$	32,58947	5,194737	38	-0,050281	37	0,960169

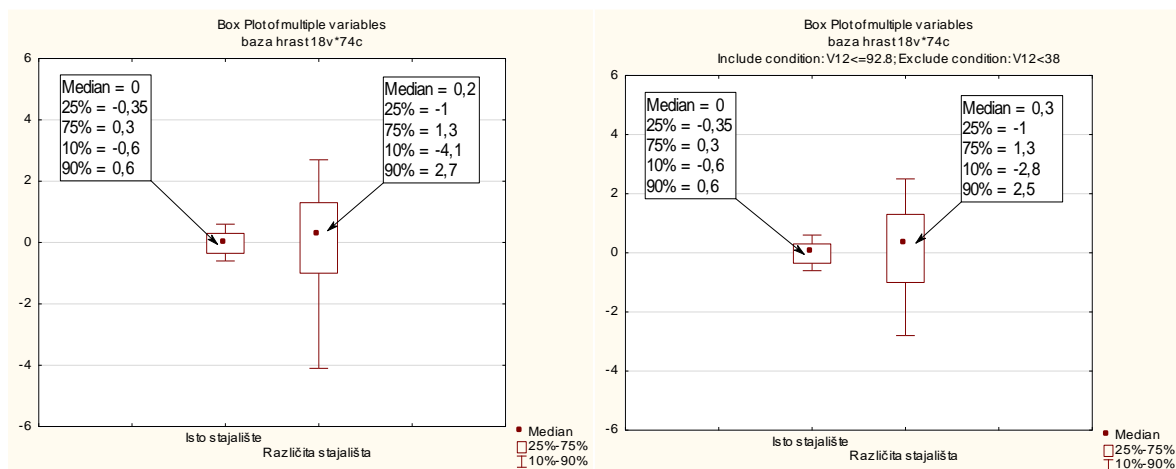
U tablici 7 prikazan je t-test zavisnih varijabli na temelju 36 stabala mjerenih od strane obojice mjeritelja s istog stajališta, a u tablici 8 na temelju 38 stabala mjerenih s međusobno različitim stajališta. U oba t-testa srednje vrijednosti su gotovo jednake. Iako ne postoji statistički značajna razlika niti u jednom od t-testova (tablica 7 i 8), zanima nas postoji li razlika u visinama na razini pojedinačnih stabala. Tako će u nastavku (slika 12) biti prikazane i uspoređene razlike visina na razini pojedinačnih stabala u metrima (m) i postotku (%), na temelju uzorka stabala mjerenih s istog i s različitim stajališta.



**Slika 12.** Prikaz razlika visina između mjeritelja na temelju stabala mjenjenih s istog stajališta (prikaz gore) i s različitih stajališta (prikaz dolje) u metrima (m) i postotku (%)

Uspoređujući grafičke prikaze na na slici 12, prvo što je vidljivo je znatno manje rasipanje razlika visina u slučaju prikaza izrađenog na temelju stabala s mjenjenih s istog stajališta (prikaz gore) u odnosu na prikaz izrađen na temelju stabala mjenjenih s različitih stajališta (prikaz dolje). Razlike visina dobivene na temelju mjerenja obojice mjeritelja s istog stajališta vrlo su homogene i nema većih iznimaka (osim jednog stabla kod kojega je odstupanje -7,89%). S druge strane, razlike visina dobivene na temelju mjerenja s različitih stajališta pokazuju vrlo veliku raspršenost i heterogenost u odnosu na gornji prikaz. Takav rezultat je i očekivan zbog razlika u kvaliteti vizure pri promjeni mjeriteljeva stajališta. Osim toga, uočljiva je i razlika u rasponu prsnih promjera mjenjenih stabala između dvaju spomenutih prikaza. Uzrok tomu je mjerenje prve polovica stabala s istog stajališta, a druge polovice s različitih stajališta, bez da se posebno obratila pažnja na raspodjelu tih stabala po debljinskim stupnjevima. Također, podaci u prethodna dva prikaza ne pokazuju izraženu zakonitost promjene razlika visina u odnosu na prsni promjer.

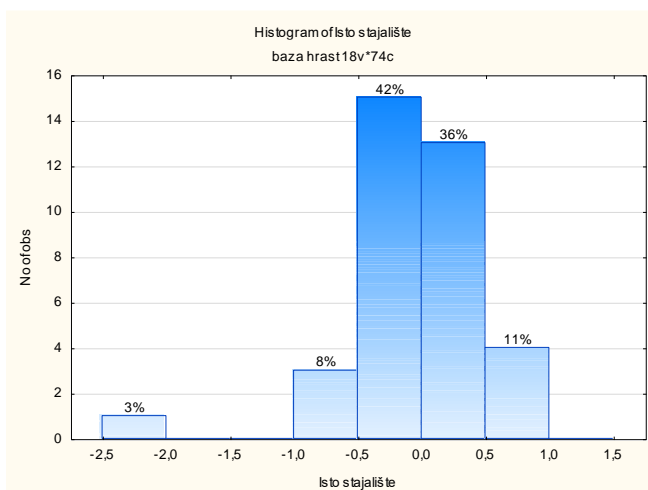
Budući da slika 12 ne pokazuje jasno raspodjelu razlika visina, ona će biti prikazana u nastavku (slika 13, 14 i 15), ali u ovom slučaju s dodatnim prikazom korigiranog raspona prsnih promjera stabala.



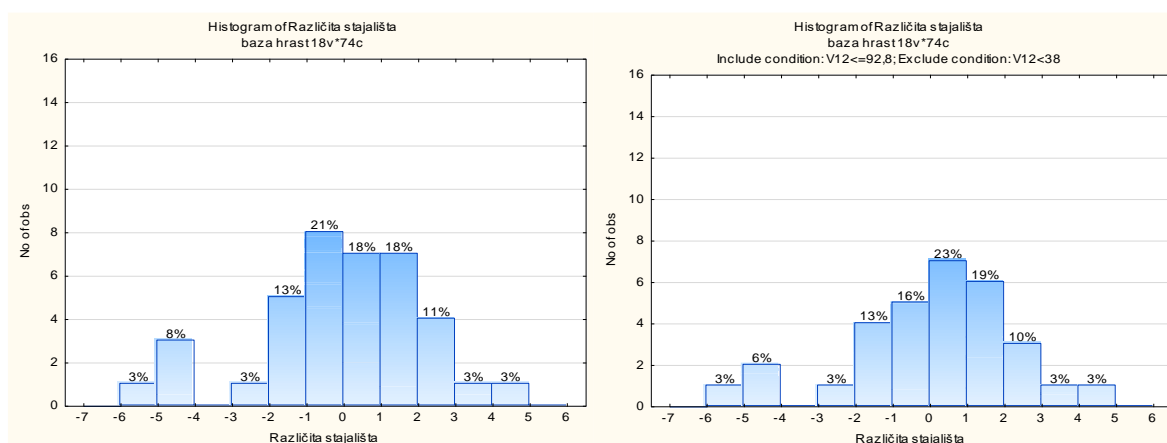
**Slika 13.** Grafički prikaz intervala razlika visina (isto stajalište u usporedbi s različitim) za cijeli raspon promjera (lijevo) i za korigirani raspon promjera (desno)

Na slici 13 prikazani su Box & Whisker grafikoni koji pokazuju intervale u kojima je 50% i 80% razlika visina, za isto i različita stajališta. Budući da je prva polovica stabala mjerena od strane obojice mjeritelja s istog stajališta, a druga polovica s različitih i nije se posebno obratila pozornost na raspodjelu tih stabala po debljnskim stupnjavima, pokazalo se kako se rasponi promjera izmjenjenih stabala znatno razlikuju. Tako kod stabala mjenjenih s istog stajališta taj raspon iznosi 54,8 cm (38,0 cm – 92,8 cm), dok kod stabala mjenjenih s različitih stajališta iznosi 79,8 cm (20,2 cm – 100,0 cm). Upravo iz tog razloga, kako bi podaci bili usporedivi, bilo je potrebno korigirati raspon podataka uključenih u izradu grafikona (prikaz desno).

Kao što je i očekivano, vidljiva je znatna razlika u intervalima unutar kojih se nalazi 50%, odnosno 80% svih razlika visina. Tako se na prikazu desno (slika 13) u slučaju uzorka mjenjenog s istog stajališta, 50% svih razlika visina nalazi od -0,35 m do 0,30 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -0,60 m do 0,60 m. U slučaju uzorka mjenjenog s različitih stajališta 50% svih ostupanja nalazi se od -1,00 m do 1,30 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -2,80 m do 2,50 m.



**Slika 14.** Prikaz razlika u izmjeri visina stabala između dvojice mjeritelja po klasama; slučaj izmjere obojice mjeritelje s istog stajališta



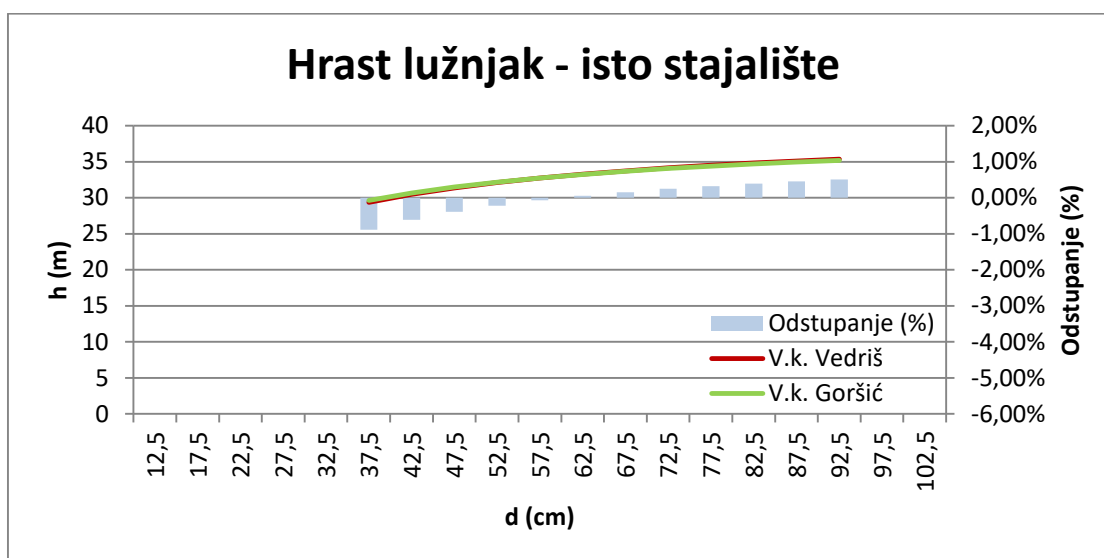
**Slika 15.** Prikaz razlika visina (mjereno s različitih stajališta) u izmjeri visina stabala između dvojice mjeritelja, po klasama; usporedba na temelju nekorrigiranih (lijevo) i korigiranih (desno) podataka

Iz prikaza u slučaju izmjere visina stabala s istog stajališta, vidljivo je kako se čak 97% svih razlika visina među mjeriteljima nalazi unutar vrijednosti od  $\pm 1,0$  m, dok je jedino veća razlika između  $-2,0$  i  $-2,5$  m. Ovakav rezultat očekivan je budući da mjerenjem s istog stajališta nema razlika u kvaliteti vizure na vrh stabla, pa se samim time očekuje i manja razlika u izmjerenim visinama. S druge strane, u slučaju izmjere visina stabala s različitih stajališta (korigirani podaci na prikazu desno), samo je 39% svih razlika visina unutar vrijednosti od  $\pm 1,0$  m, dok su veće razlike visina relativno česte.

Na temelju izmjerenih visina pojedinačnih stabala i njihovih prsnih promjera, konstruirane su visinske krivulje čiji su parametri prikazani u tablici 9, a visinske krivulje pojedinih mjeritelja te njihove razlike na slici 16 i 17.

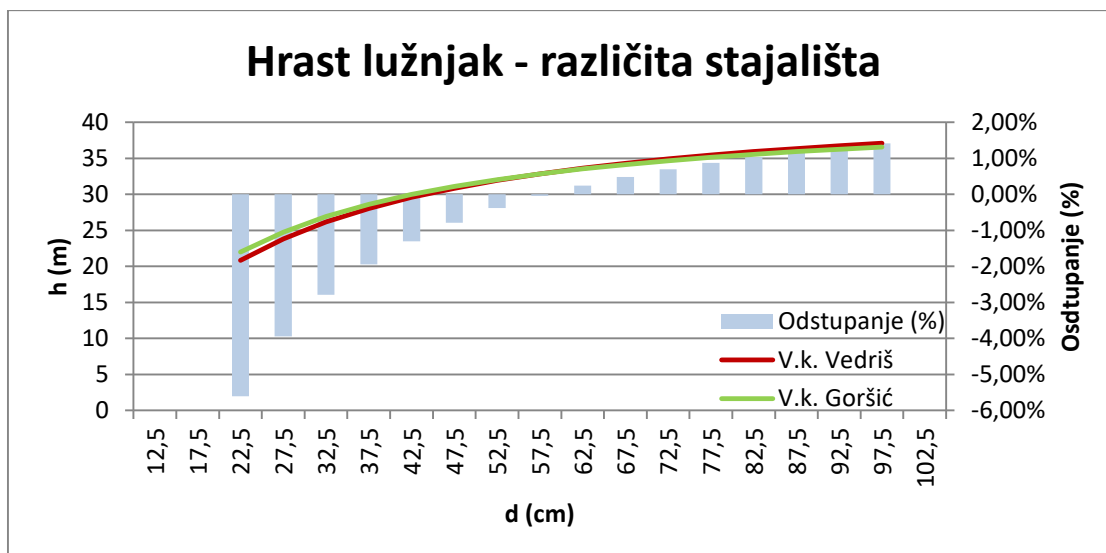
**Tablica 9.** Vrijednosti parametara visinskih krivulja i koeficijenata determinacije

	Isto stajalište pri izmjeri			Različita stajališta pri izmjeri		
	b0	b1	R <sup>2</sup>	b0	b1	R <sup>2</sup>
M. Vedriš	38,88883	12,23704	35,70%	42,94197	17,73298	37,60%
E. Goršić	38,30037	11,31842	32,78%	41,39744	15,60278	35,32%



**Slika 16.** Visinske krivulje za hrast lužnjak – slučaj izmjere stabala s istog stajališta

Slika 16 prikazuje odnos visinskih krivulja dobivenih na temelju visina izmjerenih od strane oba mjeritelja s istog stajališta. U ovom slučaju polazilo se od pretpostavke da će razlike u izmjerenim visinama, posljedično i u visinskim krivuljama biti manje iz razloga što se ovdje zbog istog stajališta pri izmjeri, isključuje razlika u kvaliteti vizure na vrh stabla. Razlika je jedino u procjeni mjeritelja i načinu rada s uređajem. Iz grafičkog prikaza vidljivo je kako se visinske krivulje bolje poklapaju nego u prethodnim slučajevima, što je i očekivano. Prema tome i međusobna odstupanja visinskih krivulja kreću se u vrijednostima od -0,89% (-0,26 m) u debljinskom stupnju 37,5 do 0,51% (0,18 m) u debljinskom stupnju 92,5.



**Slika 17.** Visinske krivulje za hrast lužnjak – slučaj izmjere stabala s različitih stajališta

Kao što je i očekivano, visinske krivulje dobivene na temelju podataka izmjerenih s različitih stajališta, znatno odstupaju jedna od druge. To je naravno uzrokovano time što je vizura na vrh stabla svakim i najmanjim pomakom stajališta, bar u nekoj mjeri drugačija. Visinske krivulje pokazuju najveće međusobno odstupanje u manjim debljinskim stupnjevima, ali vidljiva razlika je i u onim najvećim. Odstupanja sežu od -5,60% (-1,17 m) u debljinskom stupnju 22,5 do 1,42% (0,53 m) u debljinskom stupnju 97,5.

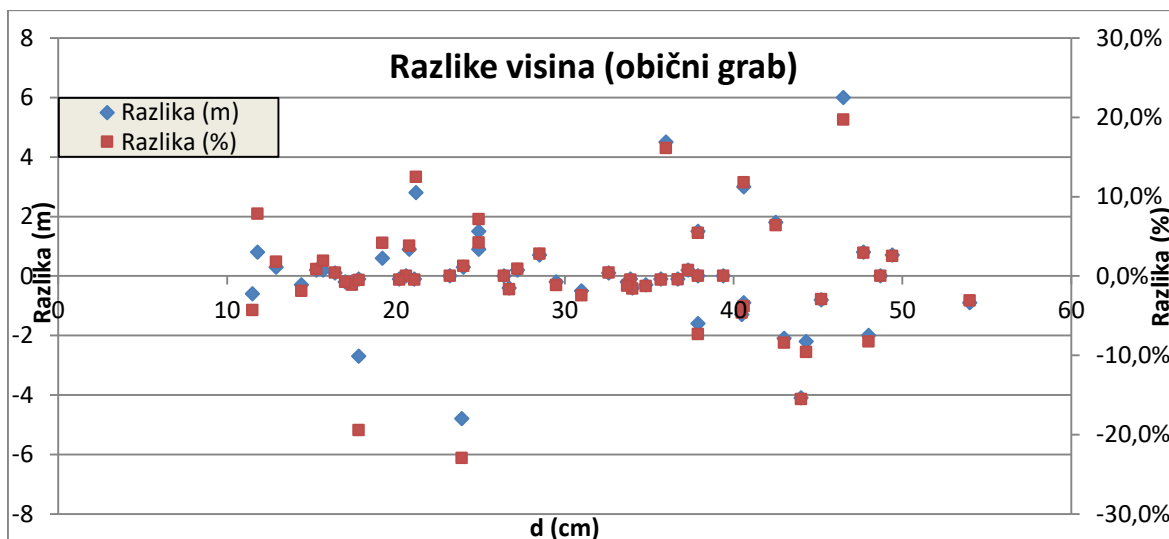
#### 4.2. Analiza izmjerenih podataka – obični grab (*Carpinus betulus* L.)

Na temelju 55 izmjerenih stabala običnoga graba uključenih u statističku analizu, t-testom zavisnih varijabli dobiveni su rezultati (tablica 10.) iz kojih je vidljivo kako je razlika srednjih vrijednosti i standardnih devijacija između dvaju mjeritelja izrazito mala i nije statistički značajna.

**Tablica 10.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli (obični grab)

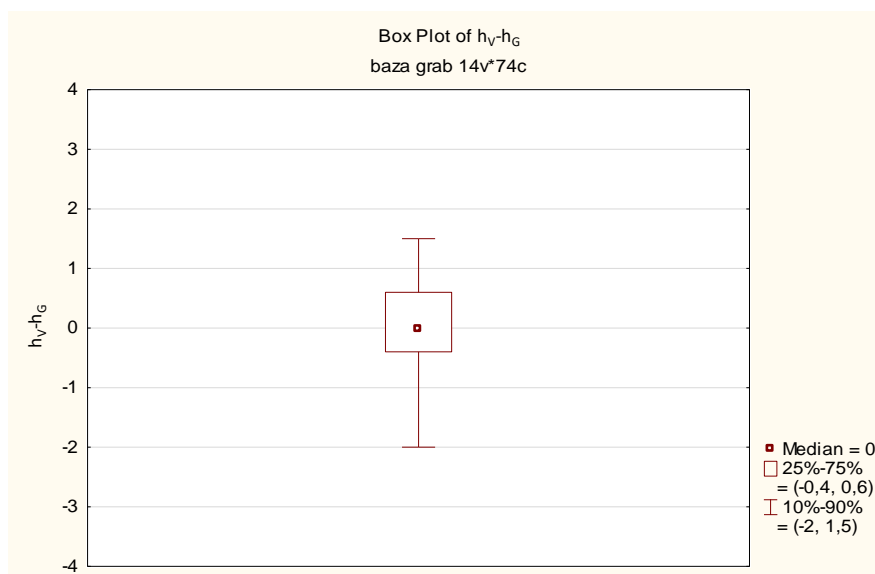
Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza grab); $p < 0,05$					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	22,49818	4,703879				
$h_G$	22,48364	4,672210	55	0,063950	54	0,949246

Bez obzira što ne postoji statistički značajna razlika na razini cijelog uzorka, nas posebno zanima postoji li razlika u visinama na razini pojedinačnih stabala. Za tu svrhu su razlike visina među mjeriteljima na razini pojedinačnih stabala (u metrima i postotku) u odnosu na prsni promjer prikazani na slici 18.



**Slika 18.** Prikaz razlika visina između mjeritelja na razini svih mjenjenih stabala u metrima (m) i postotku (%)

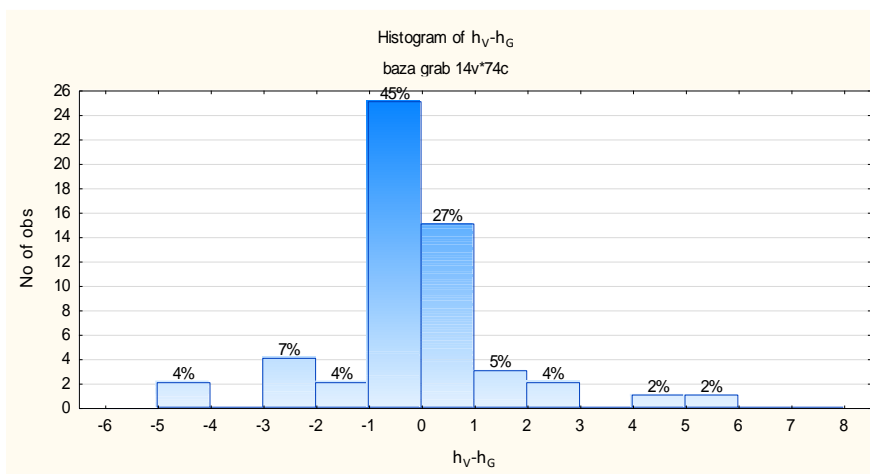
Na slici 18 vidljivo je kako nema posebne zakonitosti, odnosno ovisnosti razlika visina među mjeriteljima s obzirom na prsni promjer stabla. Pojedine veće razlike pojavljuju se podjednako pri stablima svih debljinskih stupnjeva. Budući da se iz prethodnog grafičkog prikaza ne vidi jasno raspodjela razlika visina, iste su prikazane slikama 19 i 20.



**Slika 19.** Grafički prikaz intervala razlika visina

Iz slike 19 vidljivo je da se 50% svih razlika visina nalazi unutar intervala od -0,40 m do 0,60 m (raspon od 1,00 m), dok se 80% svih razlika visina nalazi unutar intervala od -2,00 m do 1,50 m (raspon od 3,50 m).





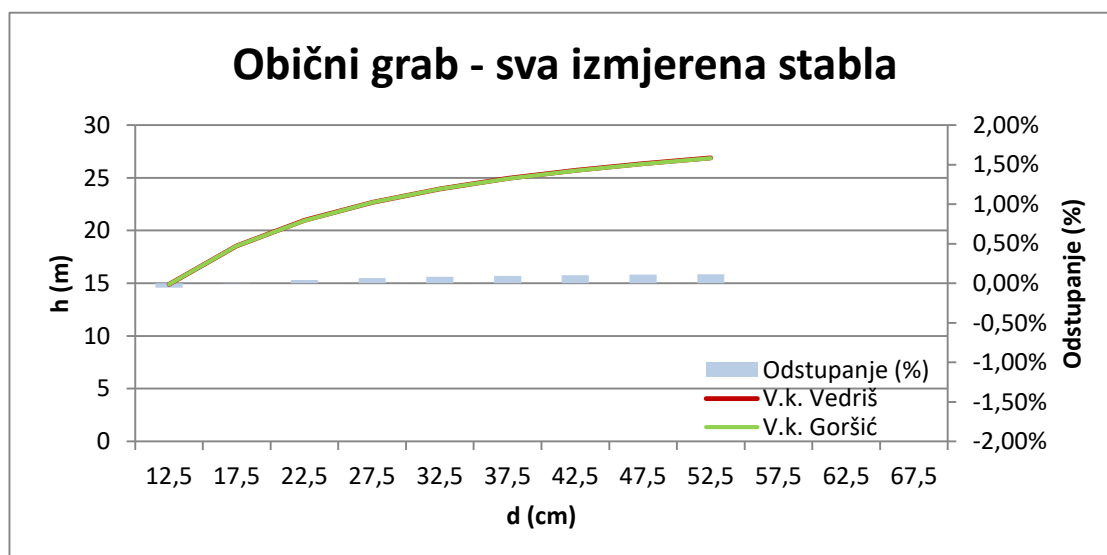
**Slika 20.** Prikaz razlika u izmjeri visina stabala između dvojice mjeritelja po klasama

Iz slike 20 vidljivo je kako se 72% svih razlika visina pojedinih stabala, nalazi unutar vrijednosti od  $\pm 1,0$  m, a 81% unutar vrijednosti od  $\pm 2,0$  m. Vidljivo se i kako su slučajevi velikih odstupanja najčešće pojedinačni.

Na temelju izmjerenih visina pojedinačnih stabala i njihovih prsnih promjera, konstruirane su visinske krivulje čiji su parametri prikazani u tablici 11, a visinske krivulje pojedinih mjeritelja te njihove razlike na slici 21.

**Tablica 11.** Vrijednosti parametara visinskih krivulja i koeficijenta determinacije

	b0	b1	R <sup>2</sup>
M. Vedriš	31,15750	10,36298	54,37%
E. Goršić	31,10229	10,33287	54,71%



**Slika 21.** Visinske krivulje za obični grab na temelju svih 55 stabla i prikaz njihovog međusobnog odstupanja u postotku

Za početak treba se osvrnuti na koeficijente determinacije visinskih krivulja (tablica 11), koji, iako su veći u odnosu na hrast lužnjak, ipak su relativno niski. Navedeno upućuje na prisutnost velike varijabilnosti visina stabala za iste prsne promjere. Na slici 21. vide se odstupanja visinskih krivulja dvaju mjeritelja koja postižu vrlo male vrijednosti, od -0,06% (-0,009 m) u debljinskom stupnju 12,5 do 0,11% (0,031 m) u debljinskom stupnju 52,5. Iako postoje znatne razlike visina pojedinih stabala među mjeriteljima (iznosa čak do 6 m), uspoređujući visinske krivulje vidi se kako su one gotovo identične. Jedino objašnjenje za to je podjednaka zastupljenost pozitivnih i negativnih vrijednosti razlika visina te njihovi (ukupno gledano) podjednaki iznosi kod obojice mjeritelja.

#### 4.2.1. Analiza izmjerenih podataka – obični grab (*Carpinus betulus* L.) – ovisnost rezultata o kvaliteti vizure na vrh stabla

Budući da je kod manjeg dijela izmjerenih stabala vizura na vrh bila dobra (19 stabala), a kod većeg dijela stabala loša (36 stabala), zamisao je bila ispitati i usporediti te dvije kategorije i vidjeti kolika je razlika među njima te je li ta razlika statistički značajna. Pretpostavka je da će razlika između dvaju mjeritelja biti manja kod dijela izmjerenih stabala s dobrom vizurom na vrhove u odnosu na dio stabala s lošom vizurom na vrhove.

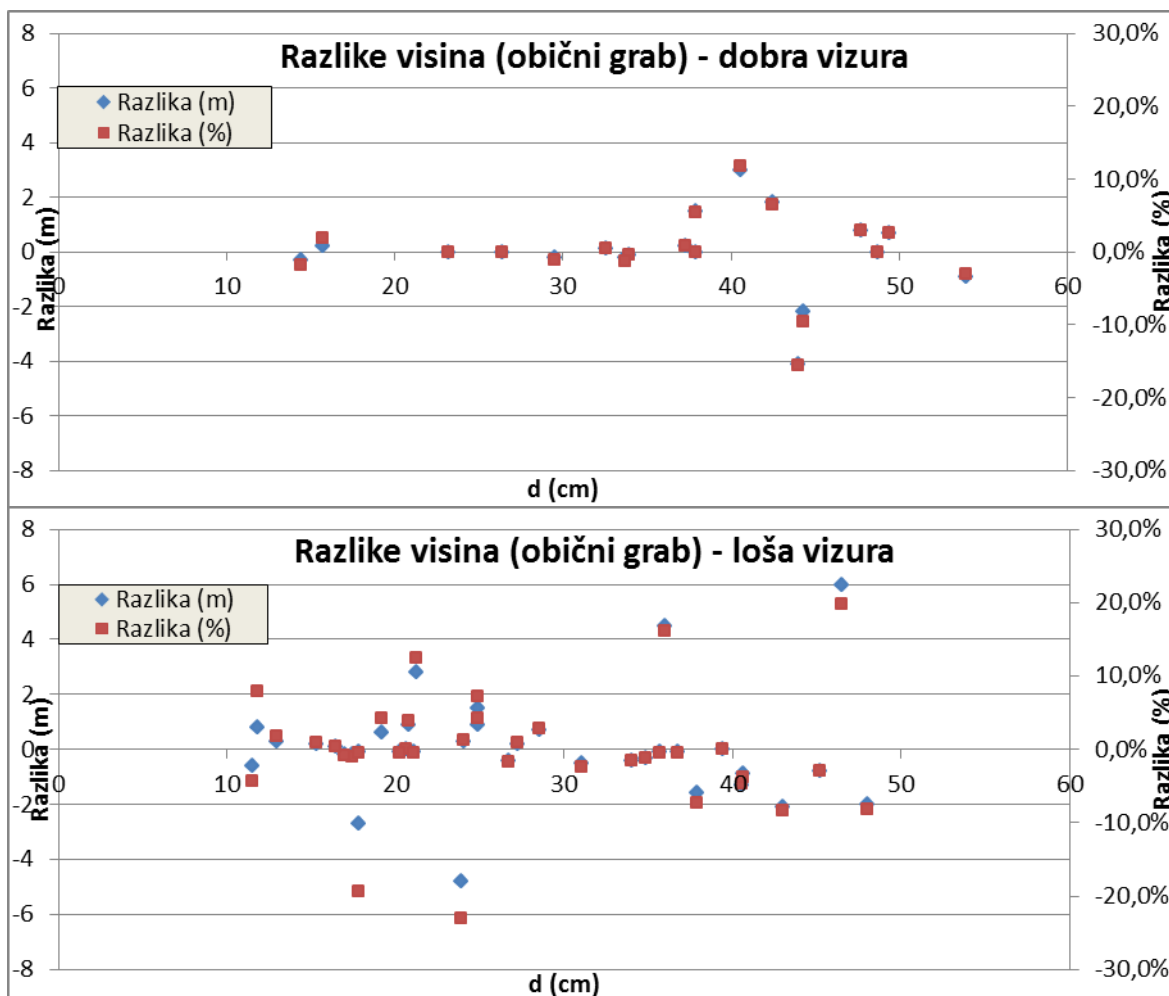
**Tablica 12.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju stabala dobre vidljivosti vrhova

Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza grab); $p < 0,05$ ; Uključen uvjet: $V_{10}=11$					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	23,28421	5,501138				
$h_G$	23,26842	5,555983	19	0,047155	18	0,962909

**Tablica 13.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju stabala loše vidljivosti vrhova

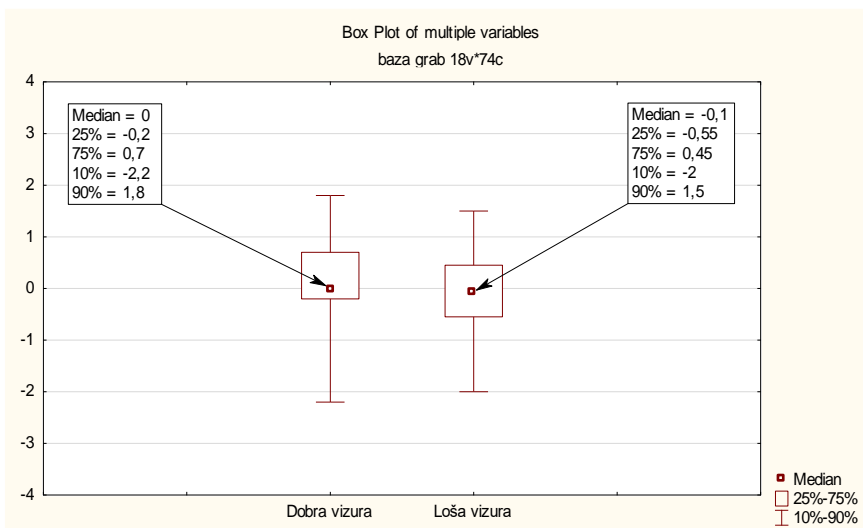
Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza grab); $p < 0,05$ ; Isključen uvjet: $V_{10}=11$					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	22,08333	4,249941				
$h_G$	22,06944	4,158559	36	0,045913	35	0,963641

Razlika među t-testovima vidljiva je u srednjoj vrijednosti i standardnoj devijaciji i njihovi su iznosi nešto veći u slučaju uzorka stabala dobre vidljivosti vrhova. Iako ne postoji statistički značajna razlika niti u jednom od t-testova (tablica 12 i 13), zanima nas postoji li razlika u visinama na razini pojedinačnih stabala. Tako će u nastavku (slika 22) biti prikazane i uspoređene razlike visina na razini pojedinačnih stabala u metrima (m) i postotku (%), na temelju stabala s dobrom i lošom vizurom na vrh.



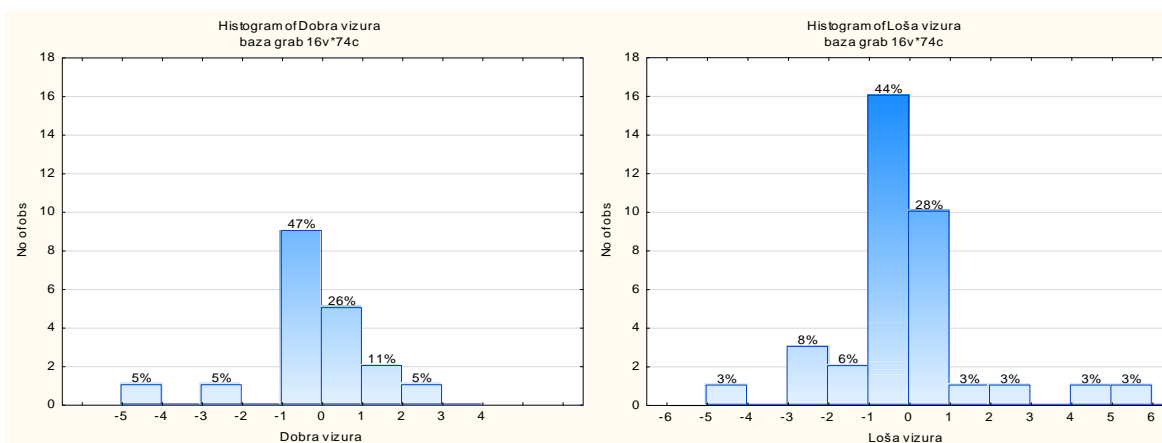
**Slika 22.** Prikaz razlike visina između mjeritelja na razini stabala s dobrom vizurom (prikaz gore) i na razini stabala s lošom vizurom (prikaz dolje) u metrima (m) i postotku (%)

Uspoređujući grafičke prikaze na na slici 22, vidljivo je znatno manje rasipanje razlika visina u slučaju prikaza izrađenog na temelju stabala s dobrom vizurom na vrh (prikaz gore) u odnosu na prikaz izrađen na temelju stabala s lošom vizurom na vrh (prikaz dolje). Takav rezultat je i očekivan jer u slučaju dobre vizure obojice mjeritelja na vrh stabla, međusobna razlika u izmjerenim vrijednostima može se eventualno pojaviti zbog iskustva pri izmjeri i načina rukovanja visinomjerom i najčešće ne bi trebala biti velika. Također, vidljivo je kako se na prikazu napravljenom na temelju stabala s dobrom vizurom na vrh, povećanjem prsnog promjera u određenoj mjeri povećava i razlika visina između dvaju mjeritelja. Ipak, sagledavši kompletnu situaciju, vidi se kako je uzorak stabala na temelju kojeg je napravljena spomenuta analiza izrazito mali. Stoga je relevantnost tih podataka upitna. Budući da slika 22 ne pokazuje jasno raspodjelu razlika visina, ona će biti prikazana u nastavku (slika 23 i 24).



**Slika 23.** Grafički prikaz intervala razlika visina (uzorak dobre vizure vrhova stabala u usporedbi s uzorkom loše vizure)

Na slici 23 jasno je vidljiva razlika u intervalima unutar kojih se nalazi 50%, odnosno 80% svih razlika visina. Već na prvi pogled vide se atipične, neočekivane razlike u prikazima tj. veći intervali razlika visina kod uzorka stabala dobre vidljivosti vrhova. Tako se u slučaju uzorka dobre vizure na vrh stabla, 50% svih razlika visina nalazi od -0,20 m do 0,70 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -2,20 m do 1,80 m. U slučaju uzorka stabala loše vidljivosti vrhova 50% svih ostupanja nalazi se od -0,55 m do 0,45 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -2,00 m do 1,50 m. Ovakva razlika u slučaju stabala dobre vidljivosti vrhova može se pripisati malom uzorku, neravnomjerne raspodjele stabala po debljinskim stupnjevima, stoga analiza na temelju takvog uzorka nije pouzdana.



**Slika 24.** Prikaz razlika u izmjeri visina stabala između dvojice mjeritelja po klasama; slučaj dobre vizure vrhova stabala (lijevo) i slučaj loše vizure vrhova stabala (desno)

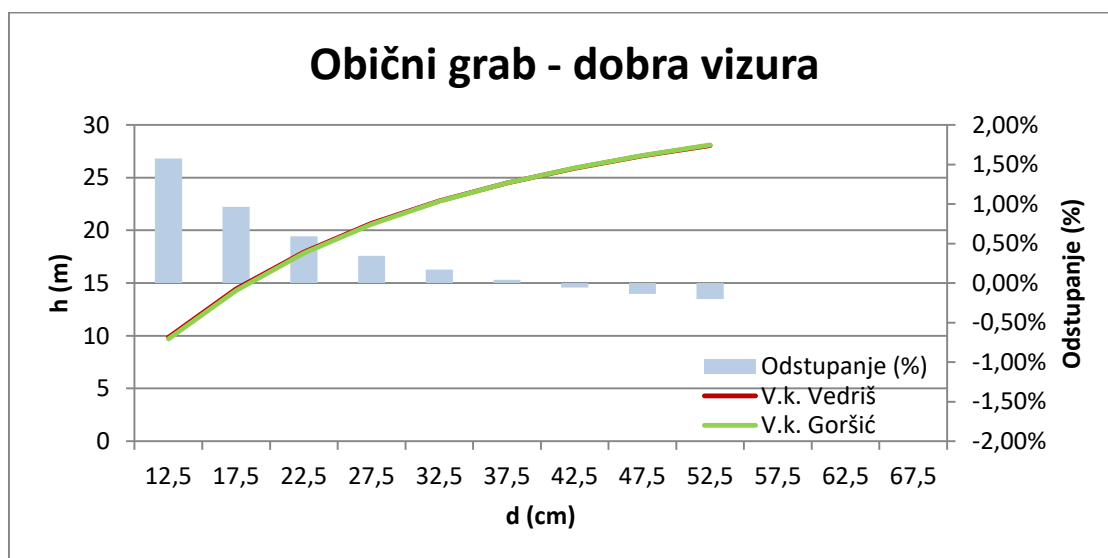
Na slici 24, iz prikaza dobre vizure vrhova stabala, vidljivo je kako se 73% svih razlika visina među mjeriteljima nalazi unutar vrijednosti od  $\pm 1,0$  m. S druge strane, iz prikaza podataka loše vizure vrhova stabala 72% svih razlika visina nalazi se unutar vrijednosti od  $\pm 1,0$  m, dok su veće razlike prisutne u pojedinačnim slučajevima (osim između -2,0 m i -3,0 m, gdje su tri slučaja).

Na temelju izmjerenih visina pojedinačnih stabala i njihovih prsnih promjera, konstruirane su visinske krivulje čiji su parametri prikazani u tablici 14, a visinske krivulje pojedinih mjeritelja te njihove razlike na slici 25 i 26.

**Tablica 14.** Vrijednosti parametara visinskih krivulja i koeficijenta determinacije

	Dobra vizura mjeritelja na vrhove stabala			Loša vizura mjeritelja na vrhove stabala		
	b0	b1	R <sup>2</sup>	b0	b1	R <sup>2</sup>
M. Vedriš	38,17476	18,67974	66,20%	30,05019	8,93294	54,51%
E. Goršić	38,49960	19,01435	65,82%	29,92544	8,84511	55,95%

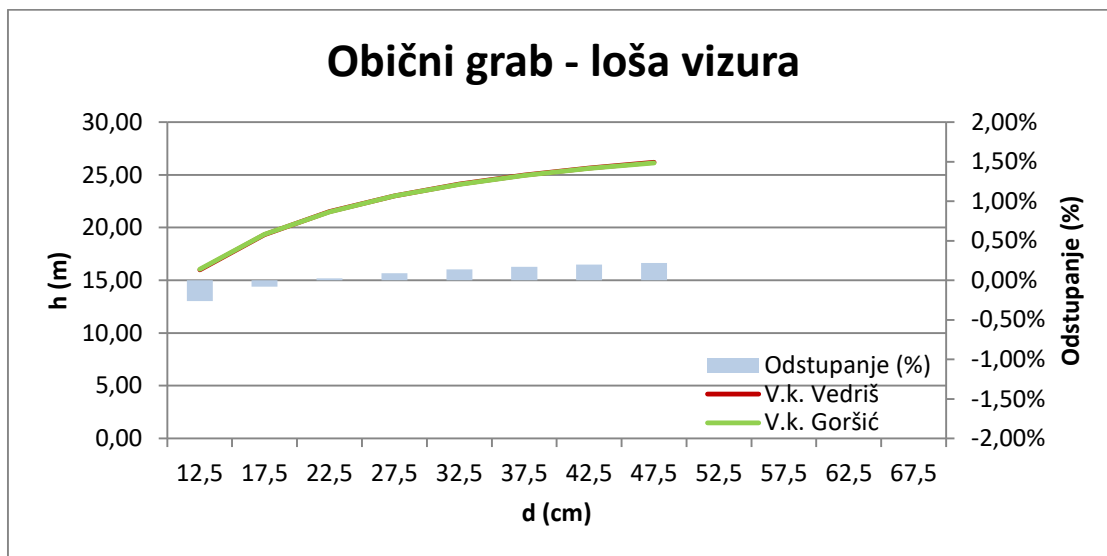
Vrijednosti koeficijenta determinacije visinskih krivulja veći su u slučaju uzorka stabala dobre vizure vrhova u odnosu na slučaj uzorka stabala loše vizure vrhova. To upućuje da je u uzorku stabala dobre vizure vrhova prisutna manja varijabilnost visina stabala za iste prsne promjere, iako je još uvijek poprilično velika.



**Slika 25.** Visinske krivulje za obični grab – slučaj dobre vizure vrhova stabala

Na slici 25 može se vidjeti kako su međusobna odstupanja visinskih krivulja nešto veća nego kod prikaza gdje su visinske krivulje izrađene na temelju svih izmjerenih stabala običnoga graba. Iako je riječ o malim vrijednostima, odstupanja su ipak povećana, što nije

očekivano. Kreću se od 1,6% (0,16 m) u debljinskom stupnju 12,5 do -0,2% (-0,06 m) u debljinskom stupnju 52,5.



**Slika 26.** Visinske krivulje za obični grab – slučaj loše vizure vrhova stabala

Na slici 26 vide se čak i manja odstupanja visinskih krivulja u nižim debljinskim stupnjevima nego na slici 25, dok su u višim debljinskim stupnjevima ona samo neznatno veća. Kreću se od -0,26% (-0,04 m) u debljinskom stupnju 12,5 do 0,22% (0,06 m) u debljinskom stupnju 47,5.

#### 4.2.2. Analiza izmjerenih podataka – obični grab (*Carpinus betulus* L.) – ovisnost rezultata o stajalištu mjeritelja pri izmjeri

S obzirom da na kvalitetu vizure vrhova stabala znatno utječe i stajalište pri samoj izmjeri visina stabala, u ovoj analizi polazilo se od pretpostavke kako će razlike u visinama stabala mjerenih od strane obojice mjeritelja s istog stajališta biti manje u odnosu na razlike u visinama mjerenih od strane dvaju mjeritelja s međusobno različitim stajališta. Zamisao je bila ispitati i usporediti te dvije kategorije i vidjeti kolika je razlika među njima te je li statistički značajna.

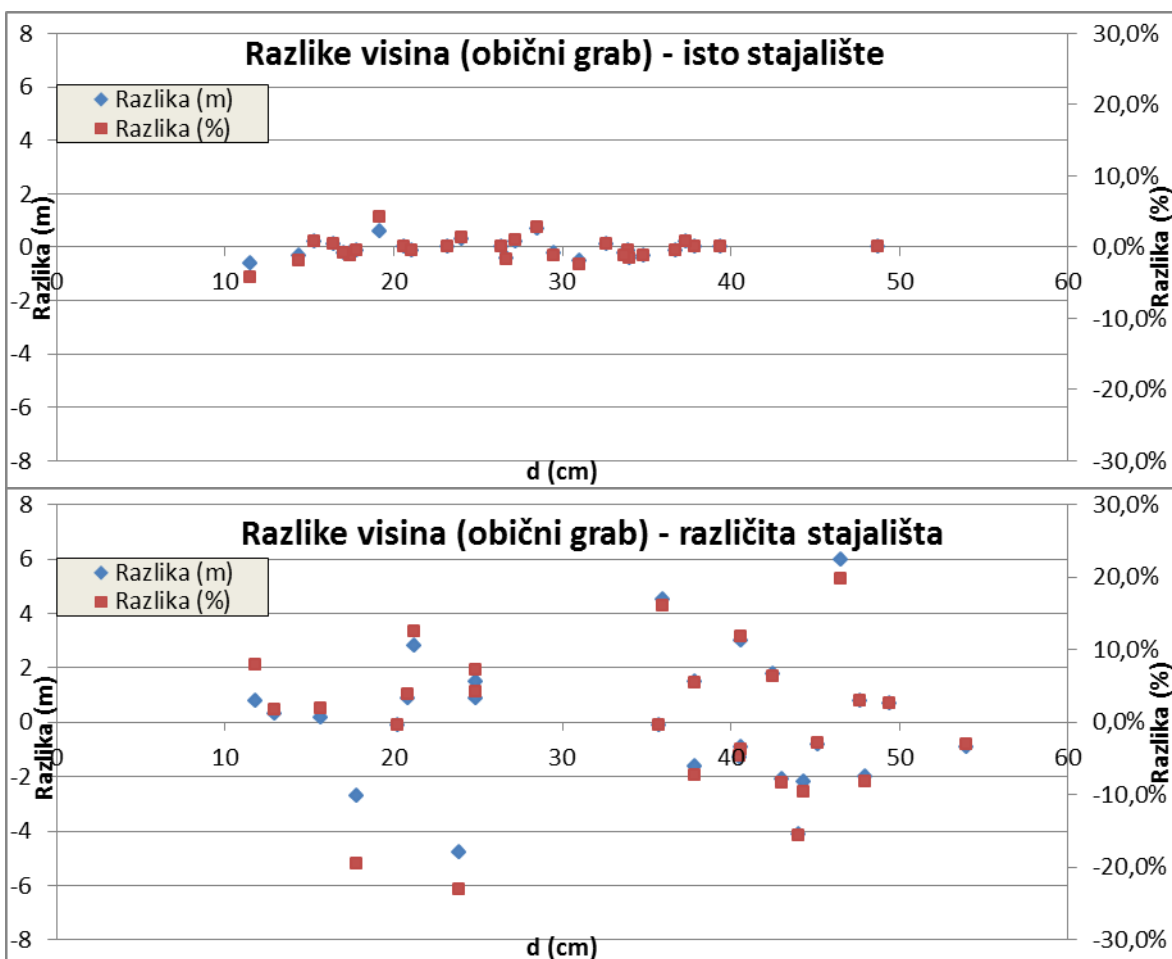
**Tablica 15.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju stabala mjerenih s istog stajališta

Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza grab); $p < 0,05$ ; Uključen uvjet: V11=11					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_V$	21,84286	4,017133				
$h_G$	21,88929	3,970105	28	-0,836376	27	0,410285

**Tablica 16.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju stabala mjenjenih s različitih stajališta

Varijabla	T-test zavisnih uzoraka (baza grab); $p < 0,05$ ; Uključen uvjet: V11=22					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	23,17778	5,315531				
$h_G$	23,10000	5,309933	27	0,167642	26	0,868162

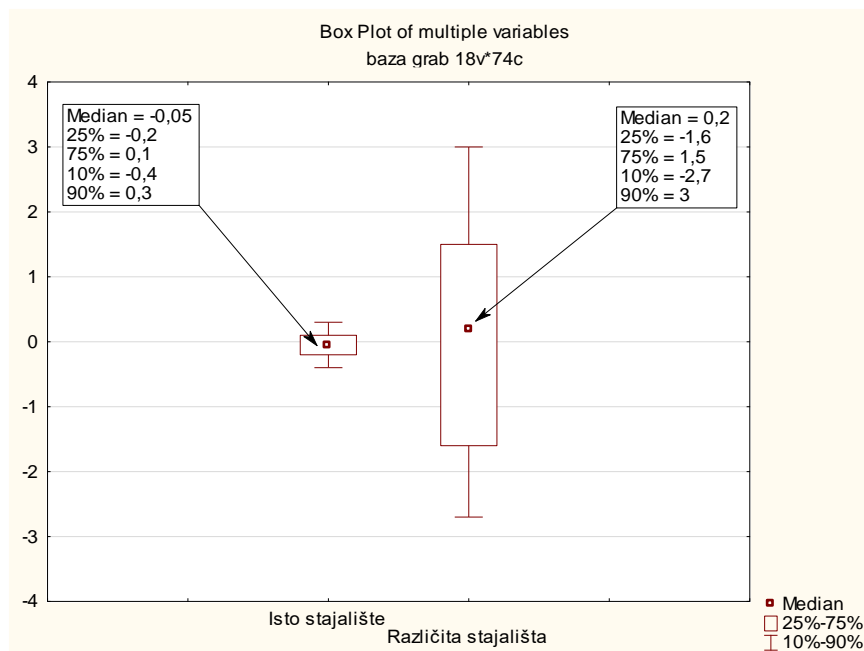
U tablici 15 prikazan je t-test zavisnih varijabli na temelju 28 stabala mjenjenih od strane obojice mjeritelja s istog stajališta, a u tablici 16 na temelju 27 stabala mjenjenih s međusobno različitim stajališta. Srednje vrijednosti dvaju t-testova poprilično se razlikuju, kao i standardne devijacije. Iako ne postoji statistički značajna razlika niti u jednom od t-testova (tablica 15 i 16), zanima nas postoji li razlika u visinama na razini pojedinačnih stabala. Tako će u nastavku (slika 27) biti prikazane i uspoređene razlike visina na razini pojedinačnih stabala u metrima (m) i postotku (%), na temelju uzorka stabala mjenjenih s istog i s različitih stajališta.



**Slika 27.** Prikaz razlika visina između mjeritelja na temelju stabala mjenjenih s istog stajališta (prikaz gore) i s različitih stajališta (prikaz dolje) u metrima (m) i postotku (%)

Uspoređujući grafičke prikaze na na slici 27, prvo što je vidljivo je znatno manje rasipanje razlika visina u slučaju prikaza izrađenog na temelju stabala s mjenjenih s istog stajališta (prikaz gore) u odnosu na prikaz izrađen na temelju stabala mjenjenih s različitim stajališta (prikaz dolje). Razlike visina dobivene na temelju mjerenja obojice mjeritelja s istog stajališta vrlo su homogene i nema većih iznimaka. S druge strane, razlike visina dobivene na temelju mjerenja s različitim stajališta pokazuju vrlo veliku raspršenost i heterogenost u odnosu na gornji prikaz. Takav rezultat je i očekivan zbog razlika u vizuri pri promjeni mjeriteljeva stajališta. Također, podaci u prethodna dva prikaza ne pokazuju izraženu zakonitost promijene razlika visina u odnosu na prsni promjer.

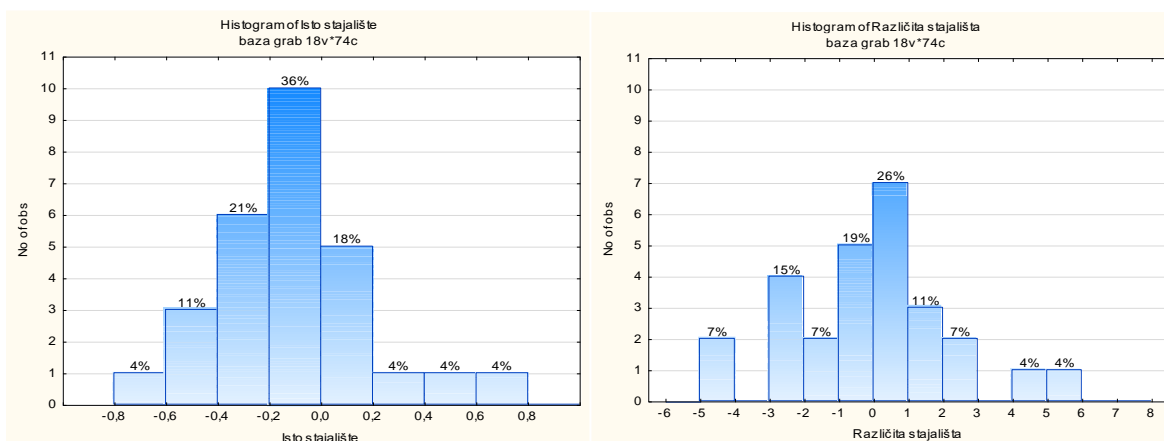
Budući da slika 27 ne pokazuje jasno raspodjelu razlika visina, ona će biti prikazana u nastavku (slika 28 i 29).



**Slika 28.** Grafički prikaz intervala razlika visina; isto stajalište (lijevo) u usporedbi s različitim stajalištima (desno)

Na slici 28 prikazani su Box & Whisker grafikoni koji pokazuju intervale u kojima je 50% i 80% razlika visina, za isto i različita stajališta. Kao što je i očekivano, vidljiva je znatna razlika u intervalima unutar kojih se nalazi 50%, odnosno 80% svih razlika visina. Tako se u slučaju uzorka mjenjenog s istog stajališta, 50% svih razlika visina nalazi od -0,20 m do 0,10 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -0,40 m do 0,30 m. U slučaju uzorka mjenjenog s različitim stajališta 50% svih ostupanja nalazi se od -1,60 m do 1,50 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -2,70 m do 3,00 m.





**Slika 29.** Prikaz razlika u izmjeri visina stabala između dvojice mjeritelja po klasama; usporedba izmjere obojice mjeritelje s istog stajališta (lijevo) i s različitih stajališta (desno)

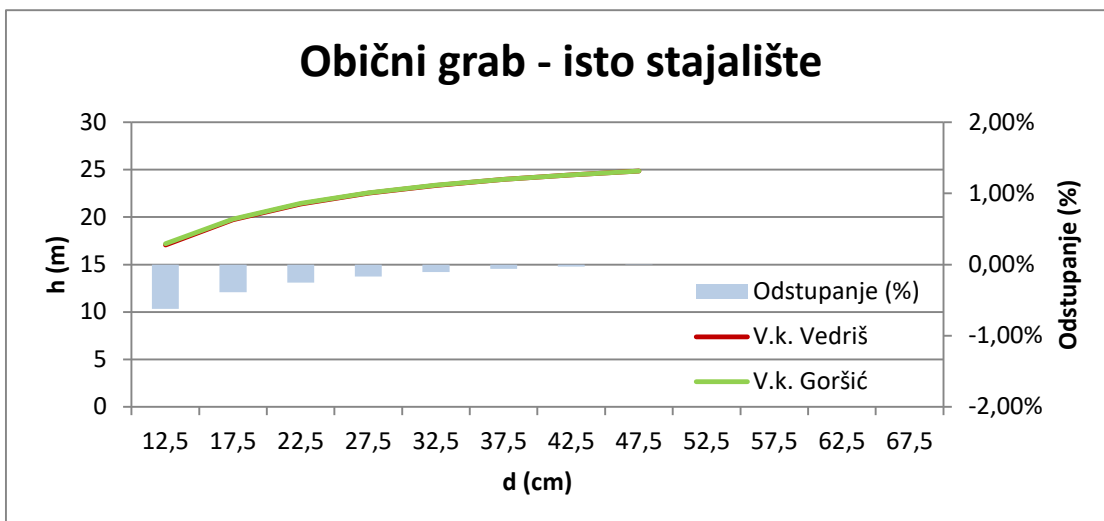
Iz prikaza u slučaju izmjere visina stabala s istog stajališta, vidljivo je kako se sve razlike visina među mjeriteljima nalaze unutar vrijednosti od  $\pm 0,80$  m, dok se u slučaju izmjere visina stabala s različitih stajališta, razlike visina kreću od -5,0 m do 6,0 m. Zbog toga je bilo nemoguće prikazati ova dva prikaza s jednakom raspodjelom vrijednosti na osi x, pa treba obartiti pažnju na taj detalj prilikom usporedbe. Ovakav rezultat očekivan je budući da mjerenjem s istog stajališta nema razlike u kvaliteti vizure na vrh stabla, pa se samim time očekuje i manja razlika u izmjenjenim visinama. S druge strane, u slučaju izmjere visina stabala s različitih stajališta, samo je 35% svih razlika visina unutar vrijednosti od  $\pm 1,0$  m, dok su veće razlike visina relativno česte.

Na temelju izmjerenih visina pojedinačnih stabala i njihovih prsnih promjera, konstruirane su visinske krivulje čiji su parametri prikazani u tablici 17, a visinske krivulje pojedinih mjeritelja te njihove razlike na slici 30 i 31.

**Tablica 17.** Vrijednosti parametara visinskih krivulja i koeficijena determinacije

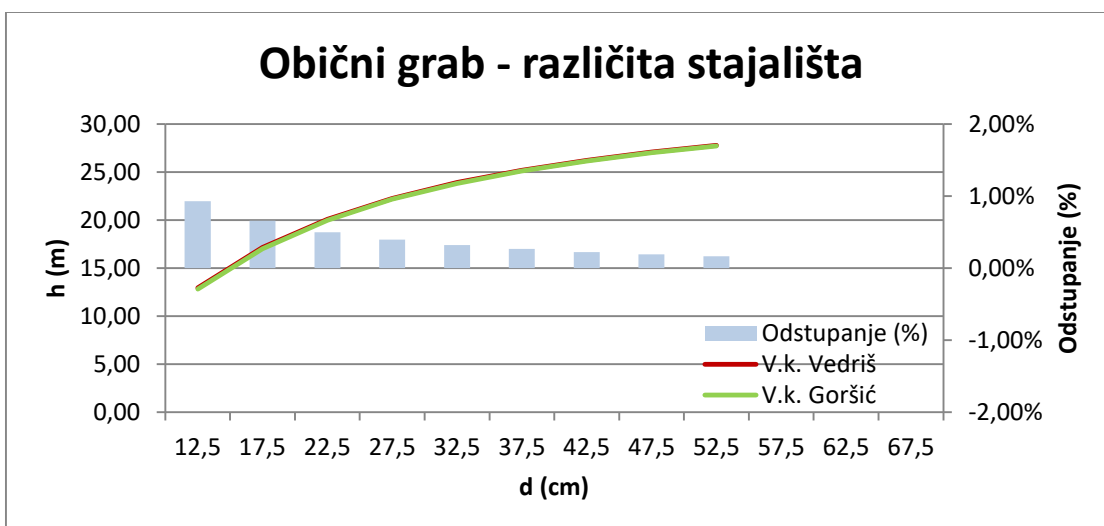
	Isto stajalište pri izmjeri			Različita stajališta pri izmjeri		
	b0	b1	R <sup>2</sup>	b0	b1	R <sup>2</sup>
M. Vedriš	27,17508	6,79828	28,29%	34,24917	13,49327	75,29%
E. Goršić	27,11050	6,68420	27,99%	34,28258	13,63542	76,47%

Vrijednosti koeficijena determinacije pokazuju jako veliku razliku između uzoraka stabala mjerenih s istog i s različitih stajališta. Iz toga se može zaključiti kako je kod uzorka stabala mjerenih s istog stajališta prisutna jako velika varijabilnost visina za iste prsne promjere.



**Slika 30.** Visinske krivulje za obični grab – slučaj izmjere stabala s istog stajališta

Iz slike 30 vide se vrlo mala odstupanja visinskih krivulja dvaju mjeritelja te su krivulje gotovo identične. Odstupanja se kreću od -0,63% (-0,11 m) u debljinskom stupnju 12,5 do 0,00% (0,00 m) u debljinskom stupnju 47,5.



**Slika 31.** Visinske krivulje za obični grab – slučaj izmjere stabala s različitih stajališta

Iako odstupanja visinskih krivulja dvaju mjeritelja na slici 31 postižu nešto veće vrijednosti nego što je to na slici 30, one su i dalje minimalne i visinske krivulje su gotovo identične. Postojeća odstupanja kreću se od 0,93% (0,12 m) u debljinskom stupnju 12,5 do 0,17% (0,05 m) u debljinskom stupnju 52,5.

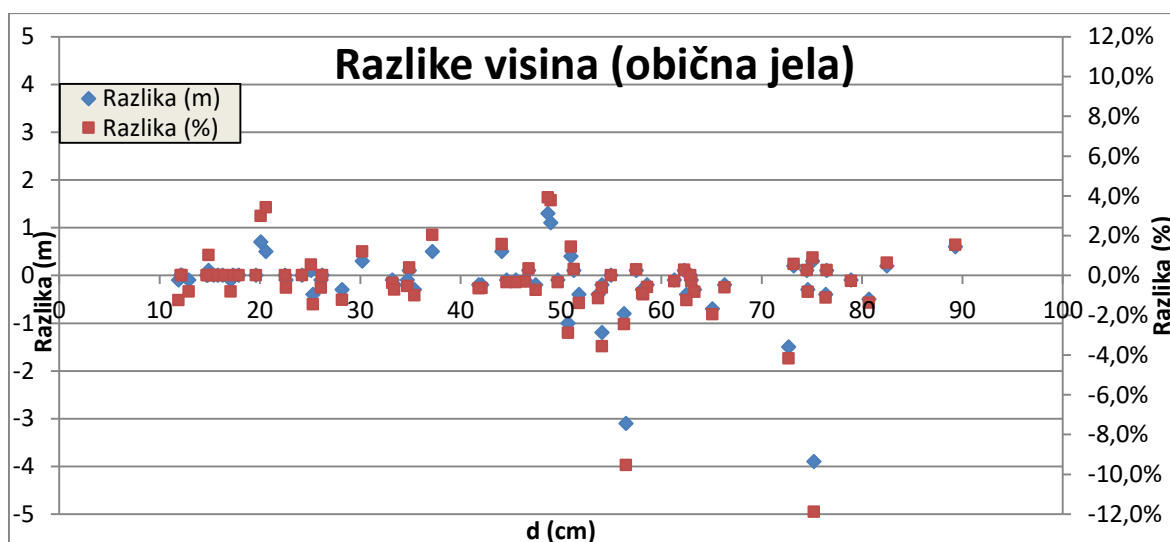
### 4.3. Analiza izmjerenih podataka – obična jela (*Abies alba* Mill.)

Na temelju 76 izmjerenih stabala, t-testom zavisnih varijabli dobiveni su rezultati (Tablica 18.) iz kojih je vidljivo da su razlike u srednjim vrijednostima i standardnim devijacijama vrlo male i da nisu statistički značajne.

**Tablica 18.** Rezultati t- testa zavisnih varijabli (obična jela)

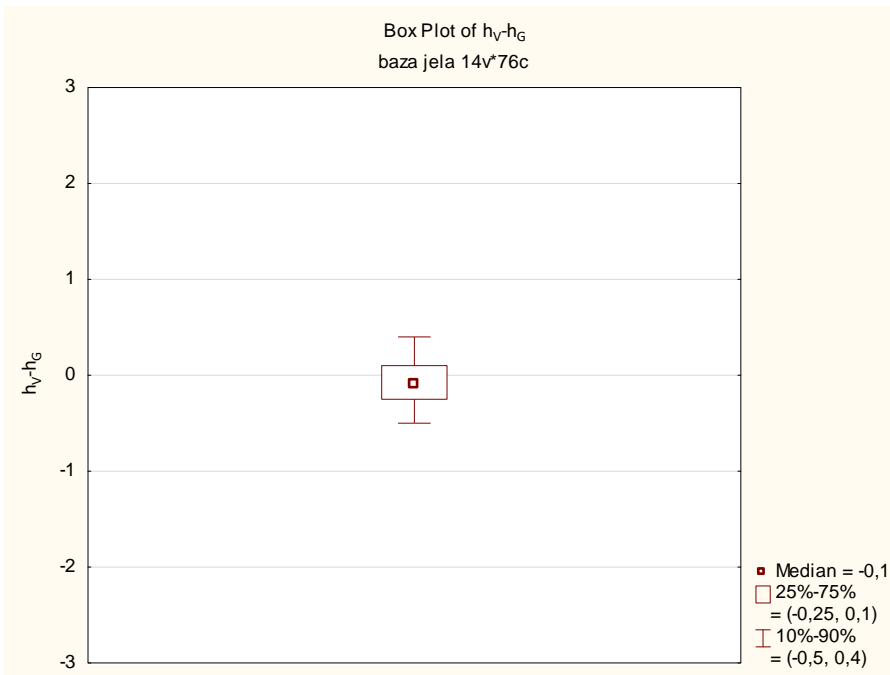
Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza jela); $p < 0,05$					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	26,35921	9,367934				
$h_G$	26,51447	9,525736	76	-1,95837	75	0,053905

Bez obzira što ne postoji statistički značajna razlika na razini cijelog uzorka, nas posebno zanima postoji li razlika u visinama na razini pojedinačnih stabala. Za tu svrhu su razlike visina među mjeriteljima na razini pojedinačnih stabala (u metrima i postotku) u odnosu na prsni promjer prikazani na slici 32.



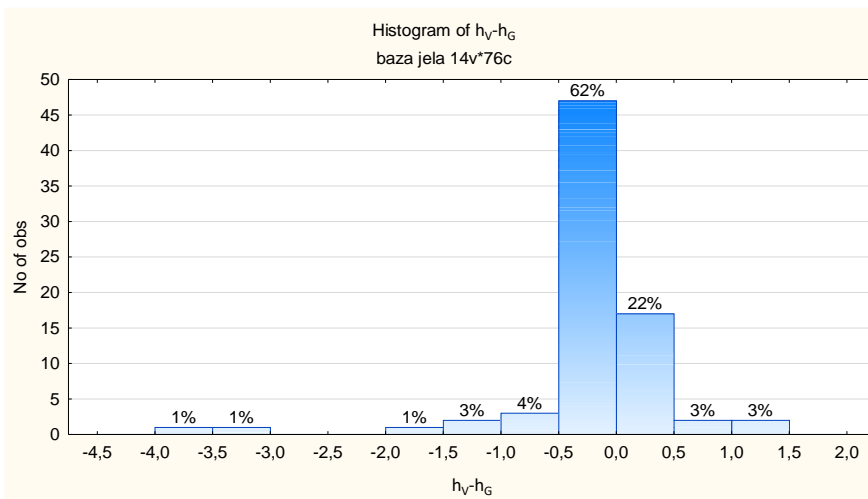
**Slika 32.** Prikaz razlika visina između mjeritelja na razini svih mjerenih stabala u metrima (m) i postotku (%)

Na slici 32 vidljivo je kako nema posebne zakonitosti, odnosno ovisnosti razlika visina među mjeriteljima s obzirom na prsni promjer stabla. Pojedine veće razlike pojavljuju se podjednako pri stablima svih debljinskih stupnjeva. Budući da se iz prethodnog grafičkog prikaza ne vidi jasno raspodjela razlika visina, iste su prikazane slikama 33 i 34.



**Slika 33.** Grafički prikaz intervala razlika visina

Iz slike 33 vidljivo je kako se 50% svih razlika visina nalazi unutar intervala od -0,25 m do 0,10 m (raspon od 0,35 m), dok se 80% svih razlika visina nalazi unutar intervala od -0,50 m do 0,40 m (raspon od 0,90 m).



**Slika 34.** Prikaz razlika u izmjeri visina stabala između dvojice mjeritelja po klasama

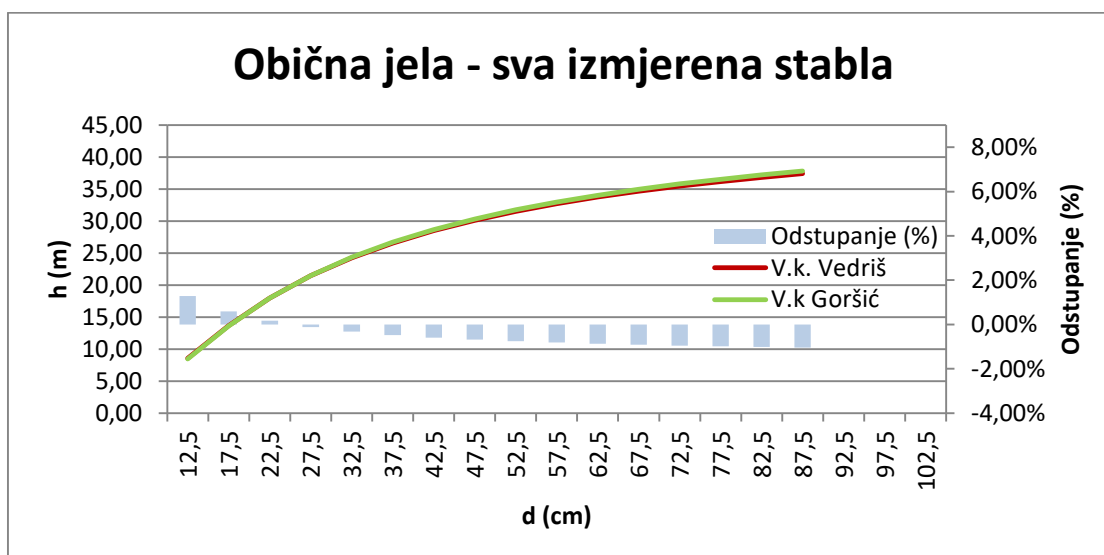
Iz slike 34 se vidi kako se 84% svih razlika visina pojedinih stabala, nalazi unutar vrijednosti od  $\pm 0,5$  m, a 91% unutar vrijednosti od  $\pm 1$  m. Vidljivo je i kako su slučajevi velikih odstupanja najčešće pojedinačni.

Na temelju izmjerenih visina pojedinačnih stabala i njihovih prsnih promjera, konstruirane su visinske krivulje čiji su parametri prikazani u tablici 19, a visinske krivulje pojedinih mjeritelja te njihove razlike na slici 35.

**Tablica 19.** Vrijednosti parametara visinskih krivulja i koeficijenta determinacije

	b0	b1	R <sup>2</sup>
M. Vedriš	47,18165	23,39998	92,33%
E. Goršić	47,89583	23,77818	92,24%

U tablici 19. vidljivo je kako koeficijenti determinacije za običnu jelu postižu vrlo visoke vrijednosti, puno veće nego kod do sada analiziranih vrsta. Ovako visoke vrijednosti koeficijenta determinacije upućuju na to da je prisutna vrlo mala varijabilnost visina stabala za iste prsne promjere.



**Slika 35.** Visinske krivulje za običnu jelu na temelju svih 76 stabala i prikaz njihovog međusobnog odstupanja u postotku

Na slici 35 vidi se vrlo dobro poklapanje visinskih krivulja s blagim porastom odstupanja u višim debljinskim stupnjevima. Odstupanja se kreću od 1,28% (0,11 m) u debljinskom stupnju 12,5 do -1,04% (-0,39 m) u debljinskom stupnju 87,5.

### 4.3.1. Analiza izmjerenih podataka – obična jela (*Abies alba* Mill.) – ovisnost rezultata o kvaliteti vizure na vrh stabla

S obzirom da je kod dijela izmjerenih stabala vizura na vrh bila dobra (56 stabala), a kod dijela stabala loša (20 stabala), zamisao je bila ispitati i usporediti te dvije kategorije i vidjeti kolika je razlika među njima te je li statistički značajna. Pretpostavka je da će razlika između dvaju mjeritelja biti manja kod dijela izmjerenih stabala s dobrom vizurom na vrhove.

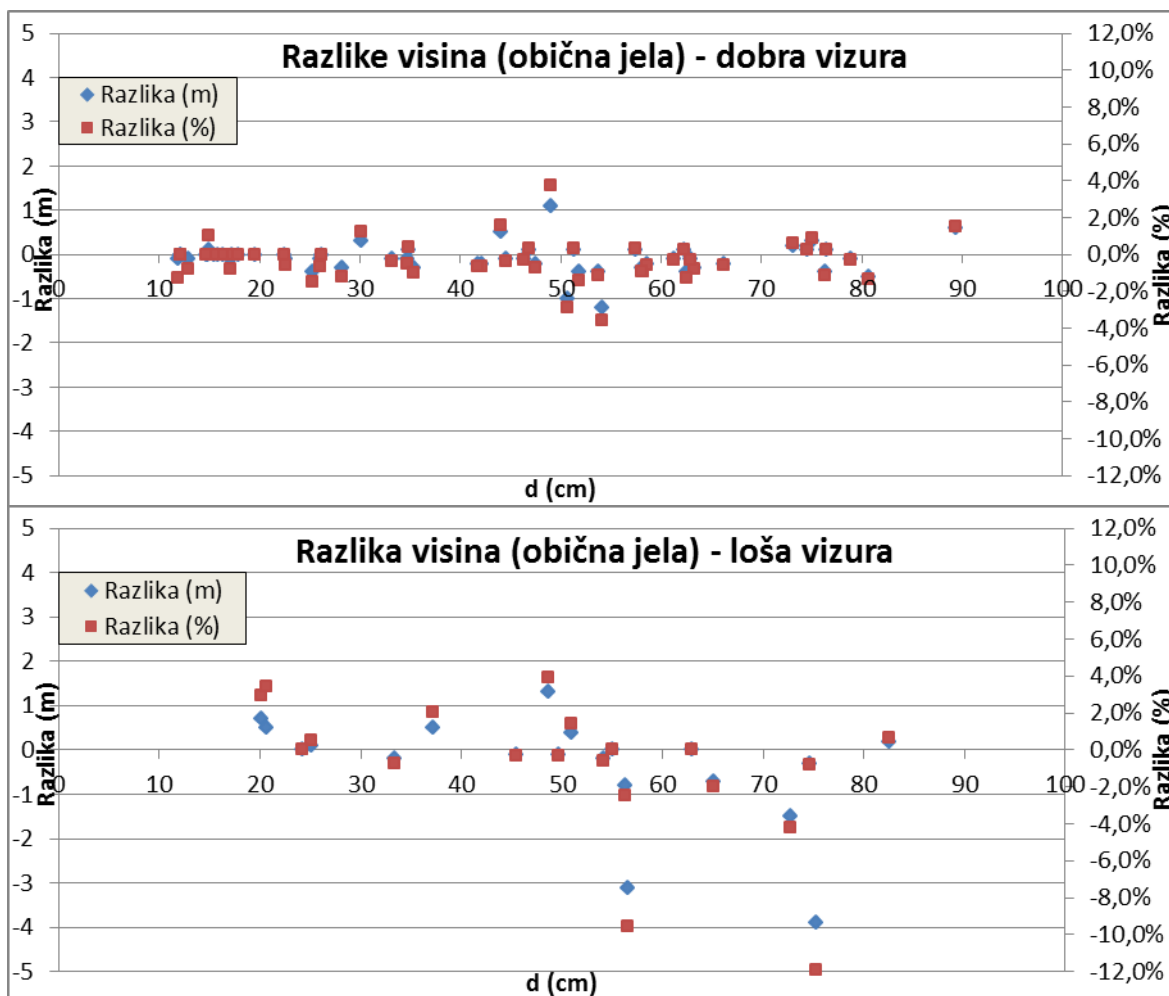
**Tablica 20.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju uzorka stabala dobre vidljivosti vrhova

Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza jela); $p < 0,05$ ; Uključen uvjet: $V10=11$					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_V$	25,45536	10,13774				
$h_G$	25,53750	10,18628	56	-1,86077	55	0,068126

**Tablica 21.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju uzorka stabala loše vidljivosti vrhova

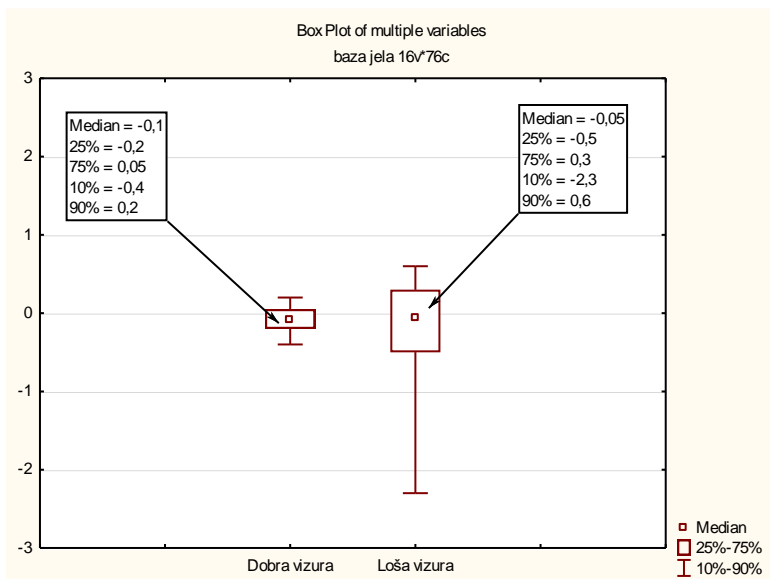
Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza jela); $p < 0,05$ ; Isključen uvjet: $V10=11$					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_V$	28,89000	6,305628				
$h_G$	29,25000	6,865436	20	-1,31022	19	0,205741

Razlika među t-testovima (tablica 20 i 21) vidljiva je u srednjoj vrijednosti i standardnoj devijaciji. Srednja vrijednost znatno je veća u uzorku stabala loše vidljivosti vrhova, dok je standardna devijacija veća u uzorku stabala dobre vidljivosti vrhova. Iako ne postoji statistički značajna razlika niti u jednom od ova dva t-testa, zanima nas postoji li razlika u visinama na razini pojedinačnih stabala. Tako će u nastavku (slika 36) biti prikazane i uspoređene razlike visina na razini pojedinačnih stabala u metrima (m) i postotku (%), na temelju stabala s dobrom i lošom vizurom na vrh.



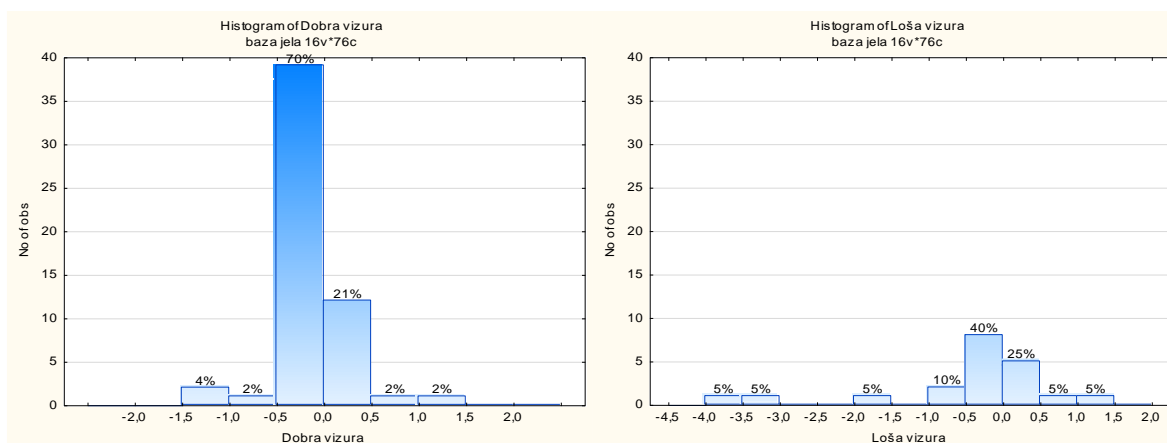
**Slika 36.** Prikaz razlike visina između mjeritelja na razini stabala s dobrom vizurom (prikaz gore) i na razini stabala s lošom vizurom (prikaz dolje) u metrima (m) i postotku (%)

Uspoređujući grafičke prikaze na na slici 36 vidljivo je znatno manje rasipanje razlika visina u slučaju prikaza izrađenog na temelju stabala s dobrom vizurom na vrh (prikaz gore) u odnosu na prikaz izrađen na temelju stabala s lošom vizurom na vrh (prikaz dolje). Takav rezultat je i očekivan. Također, vidljivo je kako niti u jednom niti u drugom prikazu nema posebne zakonitosti, odnosno ovisnosti razlika visina među mjeriteljima s obzirom na prsni promjer stabla. Budući da slika 36 ne pokazuje jasno raspodjelu razlika visina, oni će biti prikazani u nastavku (slika 37 i 38).



**Slika 37.** Grafički prikaz intervala razlika visina (uzorak dobre vizure vrhova stabala u usporedbi s uzorkom loše vizure)

Na slici 37 jasno je vidljiva razlika u intervalima unutar kojih se nalazi 50%, odnosno 80% svih razlika visina. Tako se u slučaju uzorka dobre vizure na vrh stabla, 50% svih razlika visina nalazi od -0,20 m do 0,05 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -0,40 m do 0,20 m. U slučaju uzorka ostalih stabala 50% svih ostupanja nalazi se od -0,50 m do 0,30 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -2,30 m do 0,60 m. Ovakva razlika je očekivana zbog već viđenih rasipanja podataka (slika 36.), tj. većih razlika među mjeriteljima u slučaju loše vizure na vrhove stabala.



**Slika 38.** Prikaz razlika u izmjeri visina stabala između dvojice mjeritelja po klasama; slučaj dobre vizure vrhova stabala (lijevo) i slučaj loše vizure vrhova stabala (desno)

Iz slike 38 na prikazu dobre vizure vrhova stabala, vidljivo je kako se 91% svih razlika visina među mjeriteljima nalazi unutar vrijednosti od  $\pm 0,5$  m, dok se 95% svih razlika



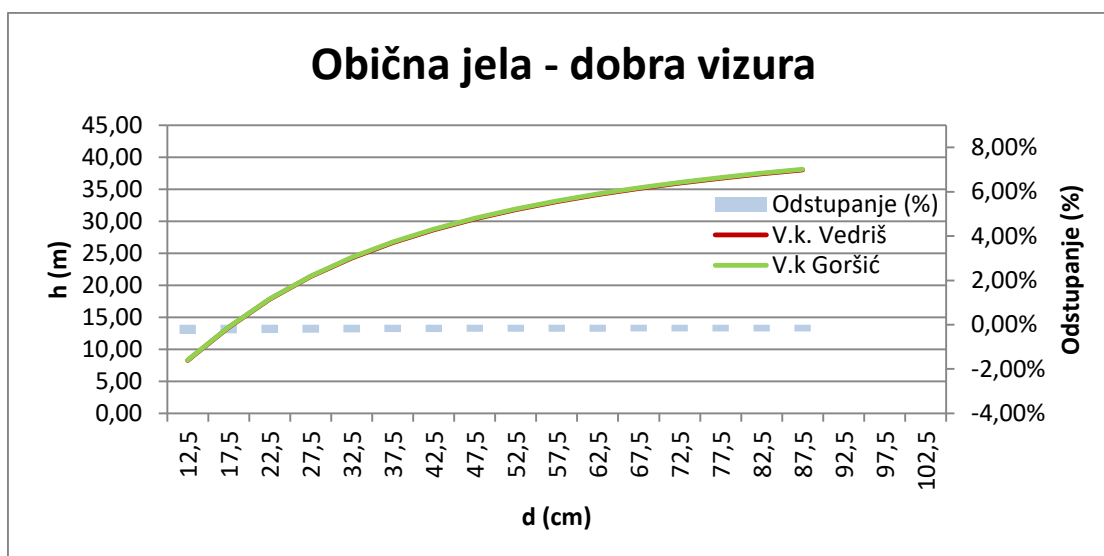
visina nalazi unutar vrijednosti od  $\pm 1,0$  m. S druge strane, u prikazu podataka loše vizure vrhova stabala 65% svih razlika visina unutar vrijednosti od  $\pm 0,5$  m, dok se 80% svih razlika visina nalazi unutar vrijednosti od  $\pm 1,0$  m.

Na temelju izmjerenih visina pojedinačnih stabala i njihovih prsnih promjera, konstruirane su visinske krivulje čiji su parametri prikazani u tablici 22, a visinske krivulje pojedinih mjeritelja te njihove razlike na slici 39 i 40.

**Tablica 22.** Vrijednosti parametara visinskih krivulja i koeficijenata determinacije

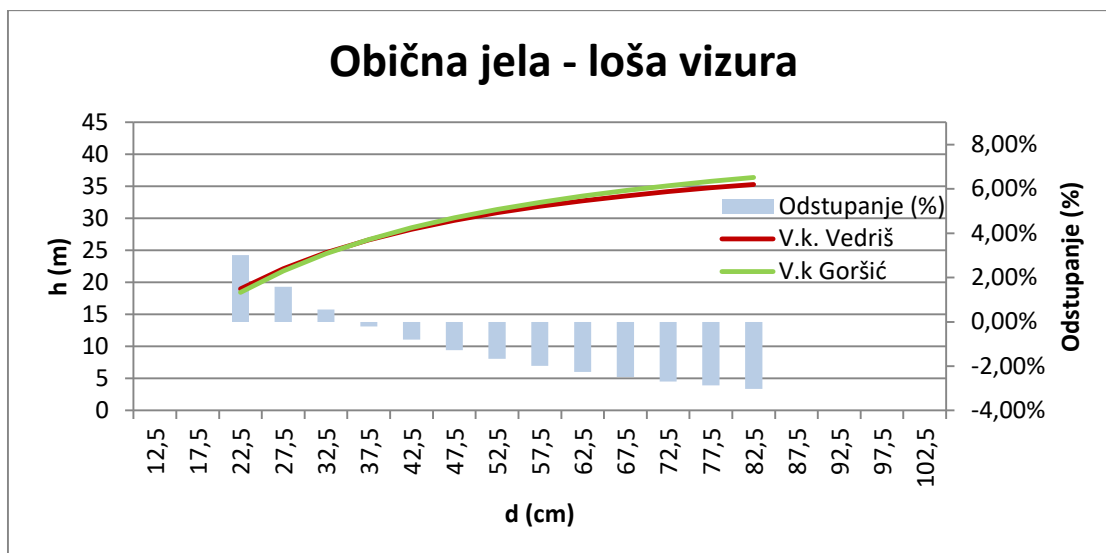
	Dobra vizura mjeritelja na vrhove stabala			Loša vizura mjeritelja na vrhove stabala		
	b0	b1	R <sup>2</sup>	b0	b1	R <sup>2</sup>
M. Vedriš	48,41577	24,21949	93,81%	43,46464	20,20459	82,54%
E. Goršić	48,55242	24,19320	93,50%	45,91156	22,17570	83,19%

Iz tablice 22 vidljiva je znatna razlika u koeficijentima determinacije, odnosno koeficijenti su veći u slučaju stabala dobre vizure vrhova nego u slučaju stabala loše vizure vrhova, iako su u oba slučaja poprilično visoki, u usporedbi s ostalim analiziranim vrstama. Visoke vrijednosti koeficijenata determinacije (naročito u slučaju stabala dobre vizure vrhova) upućuju na to da je prisutna varijabilnost visina vrlo mala za iste prsne promjere.



**Slika 39.** Visinske krivulje za običnu jelu – slučaj dobre vizure vrhova stabala

Na slici 39 može se vidjeti kako su međusobna odstupanja visinskih krivulja izrađenih na temelju stabala s dobrom vizurom vrhova manja u odnosu na odstupanja visinskih krivulja izrađenih na temelju svih izmjerenih stabala obične jele. Odstupanja se kreću se od -0,42% (0,03 m) u debljnskom stupnju 12,5 do -0,30% (-0,11 m) u debljnskom stupnju 87,5.



**Slika 40.** Visinske krivulje za običnu jelu – slučaj loše vizure vrhova stabala

Na slici 40 može se vidjeti kako su međusobna odstupanja visinskih krivulja izrađenih na temelju stabala s lošom vizurom vrhova znatno veća u odnosu na odstupanja visinskih krivulja izrađenih na temelju stabala s dobrom vizurom vrhova. Osim toga, raspon prsnih promjera mjenjenih stabala manji je od raspona prsnih promjera na slici 39. Odstupanja se kreću se od 3,01% (0,57 m) u debljinskom stupnju 22,5 do -3,02% (-1,07 m) u debljinskom stupnju 82,5.

#### 4.3.2. Analiza izmjerenih podataka – obična jela (*Abies alba* Mill.) – ovisnost rezultata o stajalištu mjeritelja pri izmjeri

S obzirom da na kvalitetu vizure vrhova stabala znatno utječe i stajalište pri samoj izmjeri visina stabala, u ovoj analizi polazilo se od pretpostavke kako će razlike u visinama mjerenim od strane obojice mjeritelja s istog stajališta biti manje u odnosu na razlike u visinama mjerenim s međusobno različitim stajališta. Zamisao je bila ispitati i usporediti te dvije kategorije i vidjeti kolika je razlika među njima te je li statistički značajna.

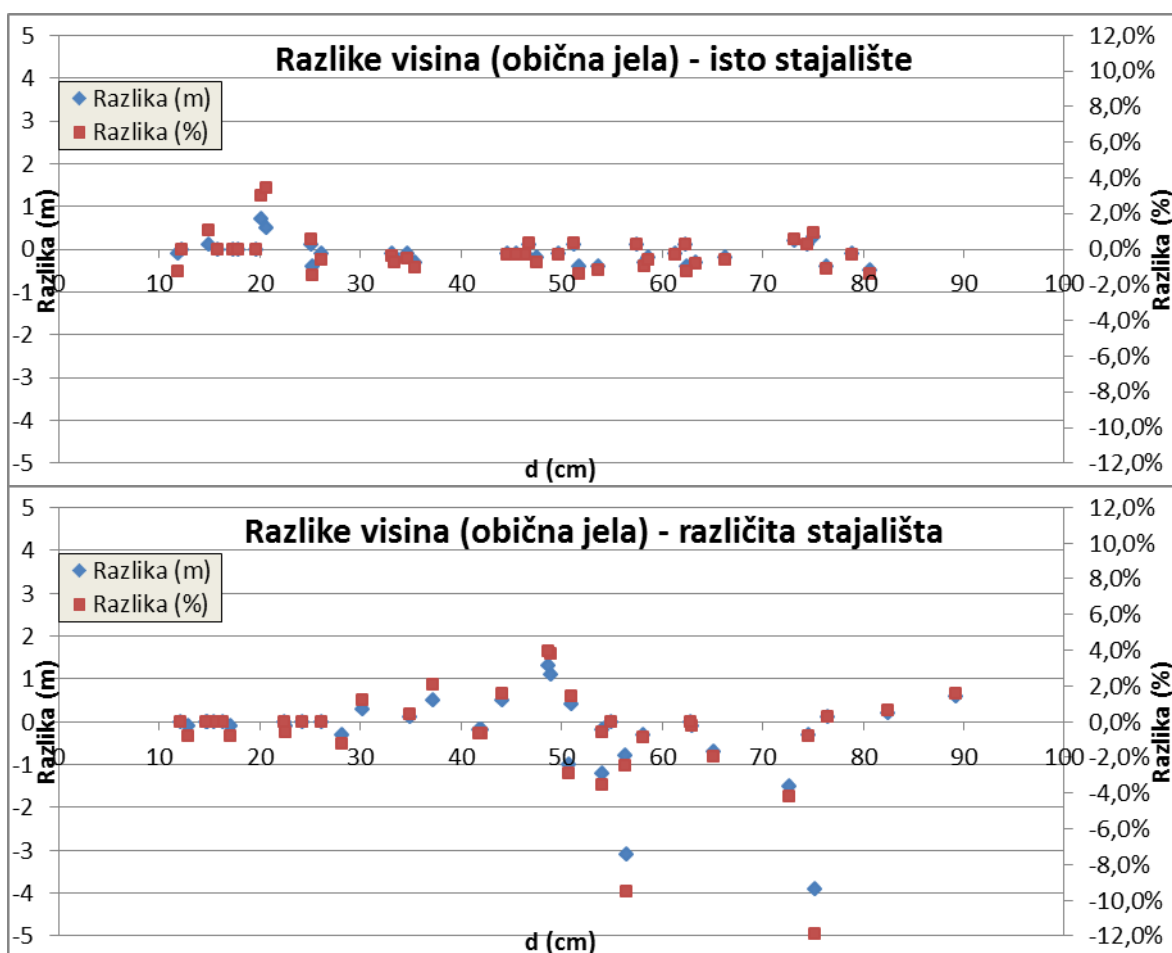
**Tablica 23.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju stabala mjerenih s istog stajališta

Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza jela); $p < 0,05$ ; Uključen uvjet: $V11=11$					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	26,30256	9,360625				
$h_G$	26,37436	9,438296	39	-1,81497	38	0,077428

**Tablica 24.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju stabala mjenjenih s različitih stajališta

Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza jela); $p < 0,05$ ; Uključen uvjet: $V11=22$					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	26,41892	9,504380				
$h_G$	26,66216	9,745094	37	-1,54654	36	0,130722

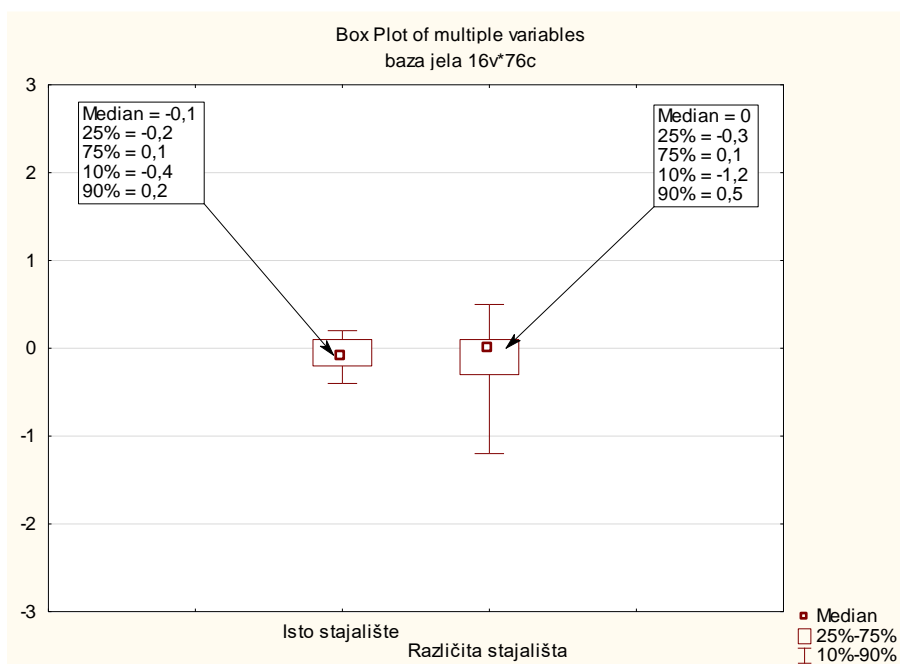
U tablici 23. prikazan je t-test zavisnih varijabli na temelju 39 stabala mjenjenih od strane obojice mjeritelja s istog stajališta, a u tablici 24. na temelju 37 stabala mjenjenih s međusobno različitim stajališta. U oba t-testa srednje vrijednosti su gotovo jednake. Iako ne postoji statistički značajna razlika niti u jednom od t-testova (tablica 23 i 24), zanima nas postoji li razlika u visinama na razini pojedinačnih stabala. Tako će u nastavku (slika 41) biti prikazane i uspoređene razlike visina na razini pojedinačnih stabala u metrima i postotku, na temelju uzorka stabala mjenjenog s istog i s različitih stajališta.



**Slika 41.** Prikaz razlika visina između mjeritelja na temelju stabala mjenjenih s istog stajališta (prikaz gore) i s različitih stajališta (prikaz dolje) u metrima (m) i postotku (%)

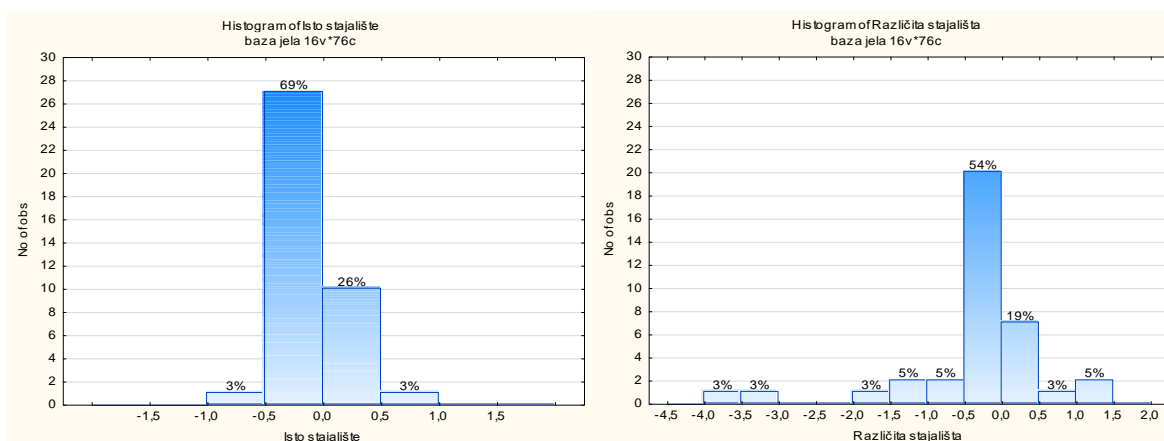
Kao što je i očekivano, na slici 41 vidljivo je znatno manje rasipanje razlika visina u slučaju prikaza izrađenog na temelju stabala s mjerenih s istog stajališta (prikaz gore) u odnosu na prikaz izrađen na temelju stabala mjerenih s različitih stajališta (prikaz dolje). Razlike visina dobivene na temelju mjerenja obojice mjeritelja s istog stajališta vrlo su homogene i nema većih iznimaka. Također, podaci u prethodna dva prikaza ne pokazuju izraženu zakonitost promjene razlika visina u odnosu na prsni promjer.

Budući da slika 41 ne pokazuje jasno raspodjelu razlika visina, ona će biti prikazana u nastavku (slika 42 i 43).



**Slika 42.** Grafički prikaz intervala razlika visina; isto stajalište u usporedbi s različitim stajalištima

Na slici 42 u slučaju uzorka mjenenog s istog stajališta, 50% svih razlika visina nalazi se od -0,20 m do 0,10 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -0,40 m do 0,20 m. U slučaju uzorka mjenenog s različitih stajališta 50% svih ostupanja nalazi se od -0,30 m do 0,10 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -1,20 m do 0,50 m. Veće razlike u uzorku stabala mjenenih s različitih stajališta su očekivane.



**Slika 43.** Prikaz razlika u izmjeri visina stabala između dvojice mjeritelja po klasama; usporedba izmjere obojice mjeritelja s istog stajališta (lijevo) i s različitih stajališta (desno)

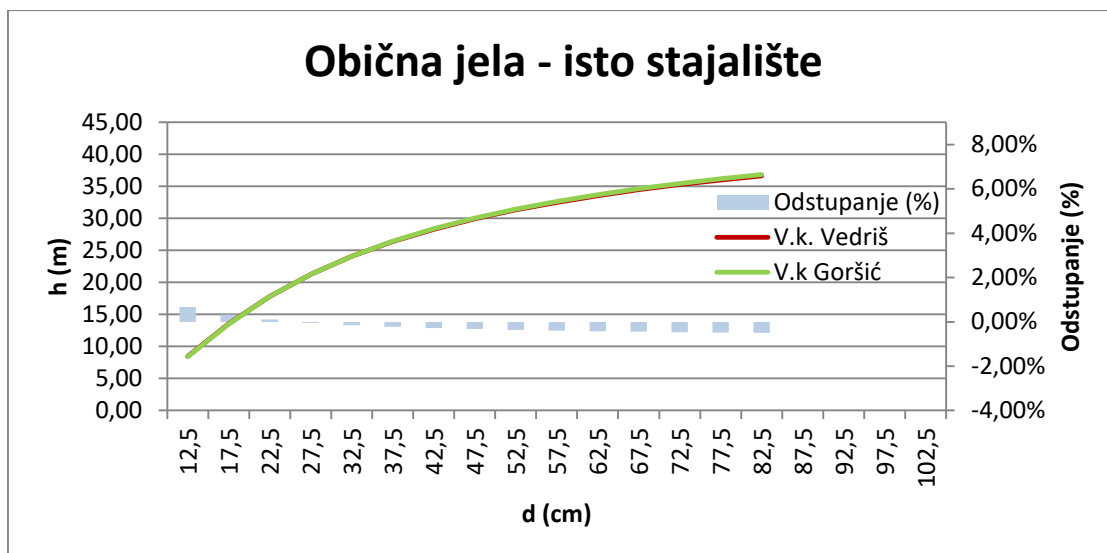
Na slici 43 vidljivo je kako se u uzorku stabala mjenom s istog stajališta, čak 95% svih razlika visina među mjeriteljima nalazi unutar  $\pm 0,5$  m. S druge strane, u uzorku stabala mjenom s različitih stajališta, 73% svih razlika visina među mjeriteljima, nalazi se unutar  $\pm 0,5$  m.

Na temelju izmjerenih visina pojedinačnih stabala i njihovih prsnih promjera, konstruirane su visinske krivulje čiji su parametri prikazani u tablici 25, a visinske krivulje pojedinih mjeritelja te njihove razlike na slici 44 i 45.

**Tablica 25.** Vrijednosti parametara visinskih krivulja i koeficijenta determinacije

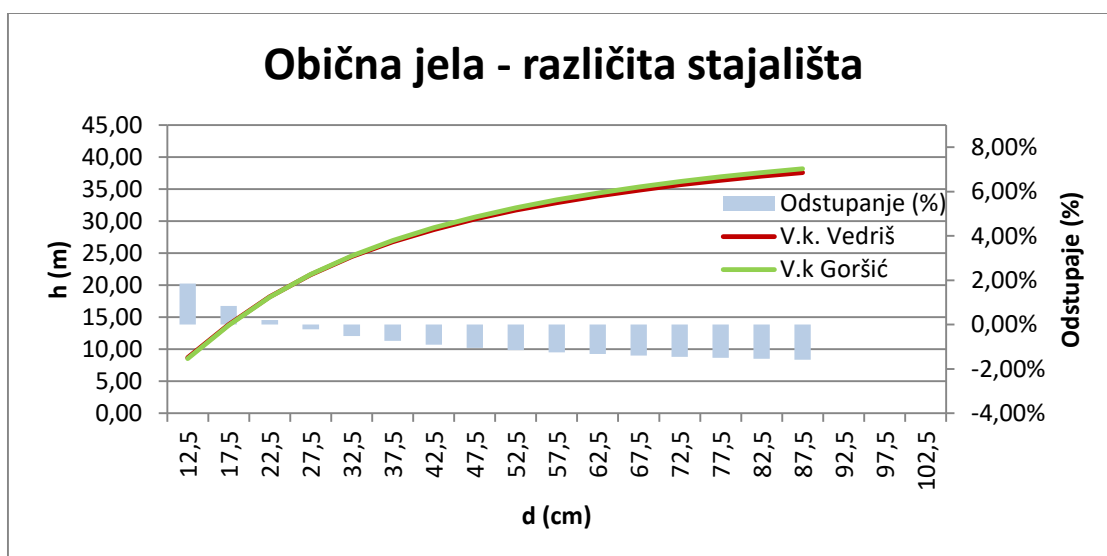
	Isto stajalište pri izmjeri			Različita stajališta pri izmjeri		
	b0	b1	R <sup>2</sup>	b0	b1	R <sup>2</sup>
M. Vedriš	47,04642	23,57983	90,47%	47,33445	23,21897	94,30%
E. Goršić	47,40024	23,77325	90,62%	48,41812	23,77754	94,03%

Koeficijenti determinacije prikazani u tablici 25 u oba slučaja postižu vrlo visoke vrijednosti (naročito u slučaju izmjere stabala s različitih stajališta). Visoke vrijednosti koeficijenta determinacije upućuju na vrlo malu varijabilnost visina za iste prsne promjere.



**Slika 44.** Visinske krivulje za običnu jelu – slučaj izmjere stabala s istog stajališta

Visinske krivulje na slici 44 pokazuju izuzetno dobro poklapanje i gotovo su identične. Postojeća odstupanja se kreću od 0,67% (0,06 m) u debljinskom stupnju 12,5 do -0,50% (-0,18 m) u debljinskom stupnju 82,5.



**Slika 45.** Visinske krivulje za običnu jelu – slučaj izmjere stabala s različitih stajališta

Visinske krivulje na slici 45 pokazuju nešto lošije poklapanje u odnosu na visinske krivulje prikazane na slici 44., što je i očekivano. Postojeća odstupanja visinskih krivulja veća su u višim debljinskim stupnjevima. Kreću se od 1,85% (0,16 m) u debljinskom stupnju 12,5 do -1,58% (-0,59 m) u debljinskom stupnju 87,5.

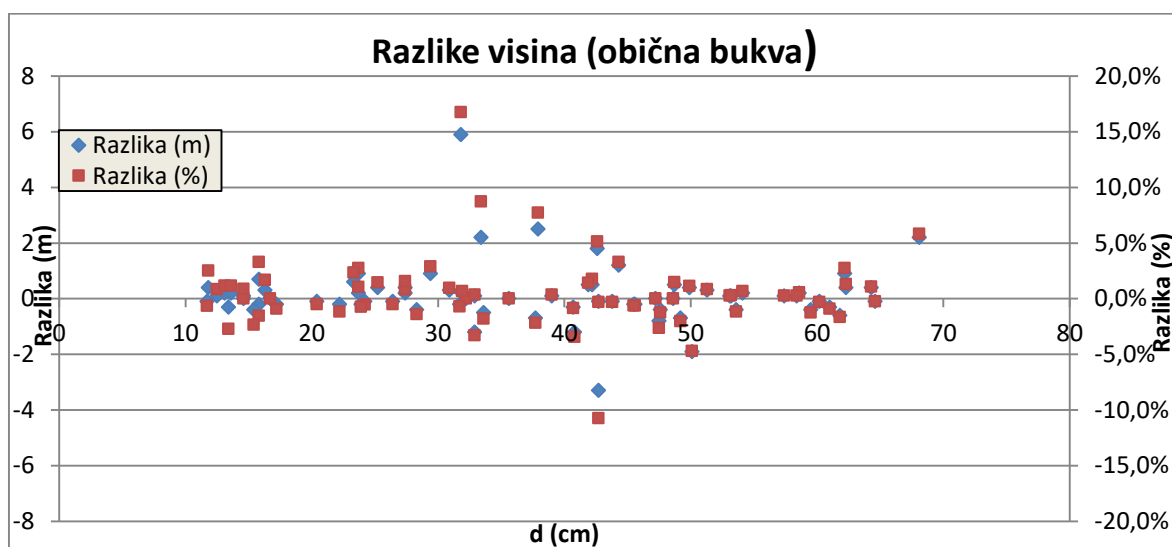
#### 4.4. Analiza izmjerenih podataka – obična bukva (*Fagus sylvatica* L.)

Na temelju 76 izmjerenih stabala, t-testom zavisnih varijabli dobiveni su rezultati iz kojih je vidljivo kako su razlike u srednjim vrijednostima visina i u standardnim devijacijama vrlo male, (gotovo se i ne razlikuju) te nisu statistički značajne.

**Tablica 26.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli (obični grab)

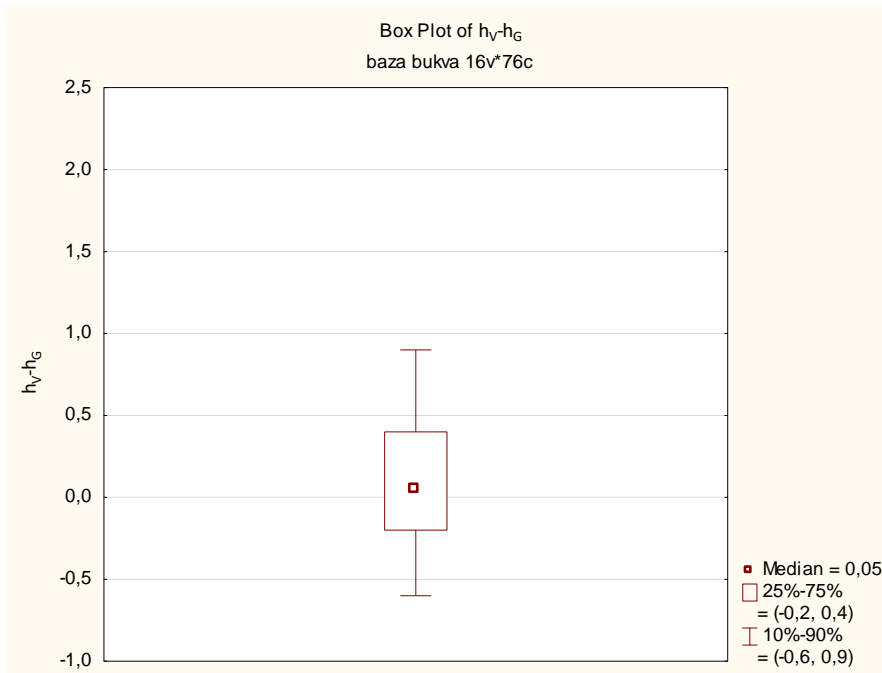
Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza bukva); $p < 0,05$					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	28,57237	7,711318				
$h_G$	28,43026	7,719845	76	1,195439	75	0,235682

Bez obzira što ne postoji statistički značajna razlika na razini cijelog uzorka, nas posebno zanima postoji li razlika u visinama na razini pojedinačnih stabala. Za tu su svrhu, razlike visina među mjeriteljima na razini pojedinačnih stabala (u metrima i postotku) u odnosu na prsni promjer prikazane na slici 46.



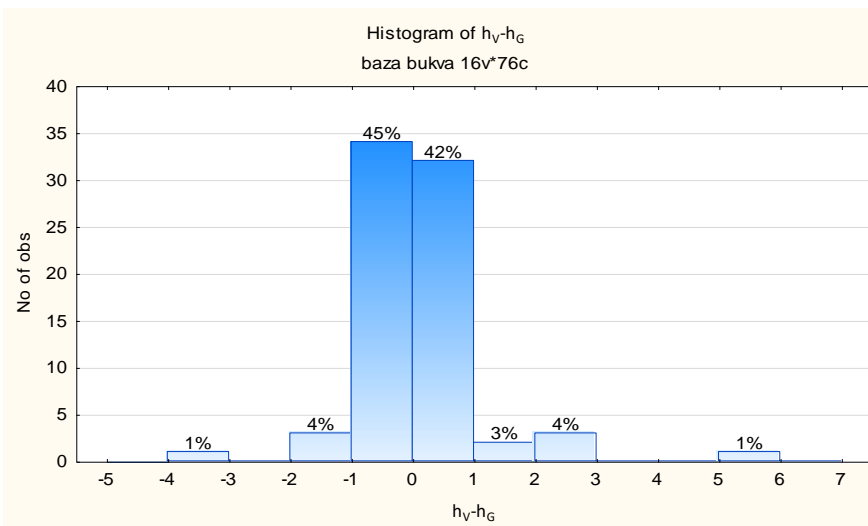
**Slika 46.** Prikaz razlika visina između mjeritelja na razini svih mjerenih stabala u metrima (m) i postotku (%)

Na slici 46 vidljivo je kako nema posebne zakonitosti, odnosno ovisnosti razlika visina među mjeriteljima s obzirom na prsni promjer stabala. Pojedine veće razlike pojavljuju se neovisno o debljinskim stupnjevima stabala. Budući da se iz prethodnog grafičkog prikaza ne vidi jasno raspodjela razlika visina, iste su prikazane slikama 47 i 48.



**Slika 47.** Grafički prikaz intervala razlika visina

Iz slike 47 vidljivo je da se 50% svih razlika visina nalazi unutar intervala od -0,20 m do 0,40 m (raspon od 0,60 m), dok se 80% svih razlika visina nalazi unutar intervala od -0,60 m do 0,90 m (raspon od 1,50 m).



**Slika 48.** Prikaz razlika u izmjeri visina stabala između dvojice mjeritelja po klasama

Iz slike 48 se vidi kako se 87% svih razlika visina pojedinih stabala, nalazi unutar vrijednosti od  $\pm 1,0$  m. Vidljivo je i kako su slučajevi velikih odstupanja najčešće pojedinačni.

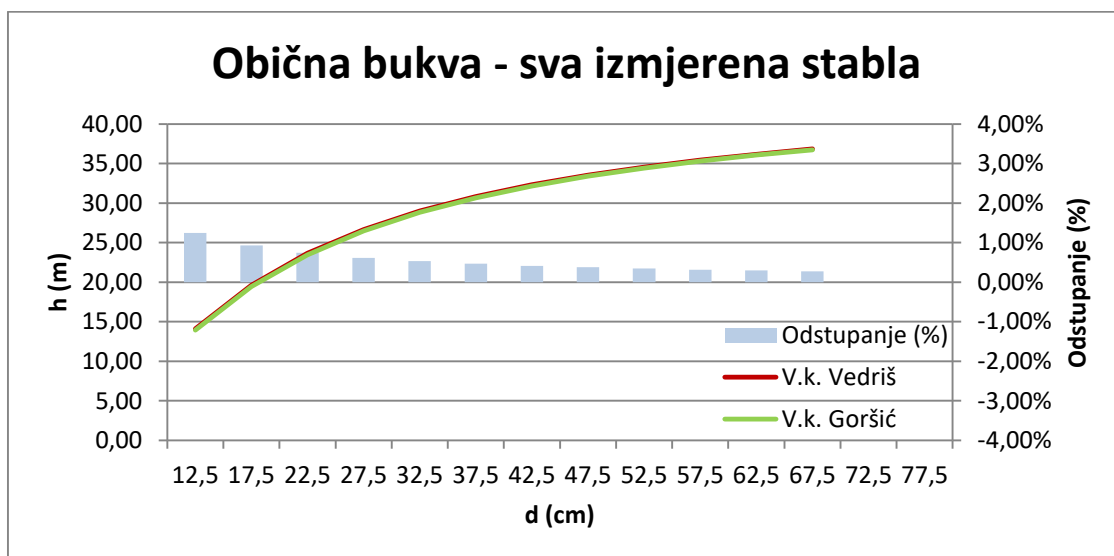


Na temelju izmjerenih visina pojedinačnih stabala i njihovih prsnih promjera, konstruirane su visinske krivulje čiji su parametri prikazani u tablici 27, a visinske krivulje pojedinih mjeritelja te njihove razlike na slici 49.

**Tablica 27.** Vrijednosti parametara visinskih krivulja i koeficijenta determinacije

	b0	b1	R <sup>2</sup>
M. Vedriš	44,80863	15,65625	81,17%
E. Goršić	44,79212	15,82454	81,30%

U tablici 27 vidljivo je kako koeficijenti determinacije za običnu bukvu postižu poprilično visoke vrijednosti, puno veće nego kod hrasta lužnjaka i običnog graba. Ovako visoke vrijednosti koeficijenta determinacije upućuju na to da je prisutna vrlo mala varijabilnost visina stabala za iste prsne promjere.



**Slika 49.** Visinske krivulje za običnu bukvu na temelju svih 76 stabala i prikaz njihovog međusobnog odstupanja u postotku

Na slici 49 vidi se gotovo savršeno poklapanje visinskih krivulja uz blago opadanje odstupanja povećanjem debljinskih stupnjeva. Odstupanja se kreću od 1,25% (0,18 m) u debljinskom stupnju 12,5 do 0,28% (0,10 m) u debljinskom stupnju 67,5.

#### 4.4.1. Analiza izmjerenih podataka – obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) – ovisnost rezultata o kvaliteti vizure na vrh stabla

S obzirom da je kod dijela izmjerenih stabala vizura na vrh bila dobra (58 stabala), a kod dijela stabala loša (18 stabala), zamisao je bila ispitati i usporediti te dvije kategorije i vidjeti kolika je razlika među njima te je li statistički značajna. Pretpostavka je da će razlika između dvaju mjeritelja biti manja kod dijela izmjerenih stabala s dobrom vizurom na vrhove.

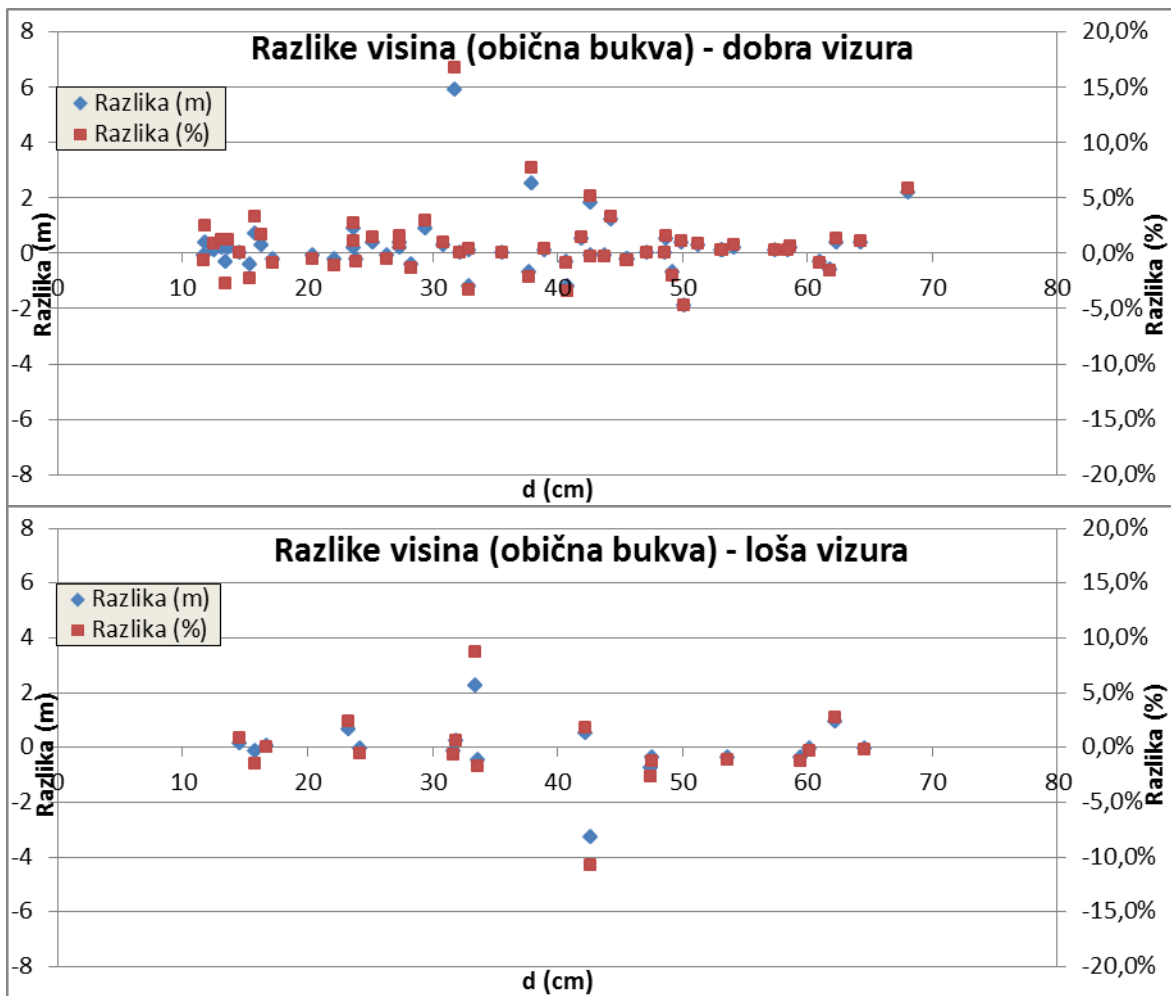
**Tablica 28.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju uzorka stabala dobre vidljivosti vrhova

Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza bukva); $p < 0,05$ ; Uključen uvjet: V10=11					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	28,87759	7,887321				
$h_G$	28,65690	7,845909	58	1,630370	57	0,108538

**Tablica 29.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju uzorka stabala loše vidljivosti vrhova

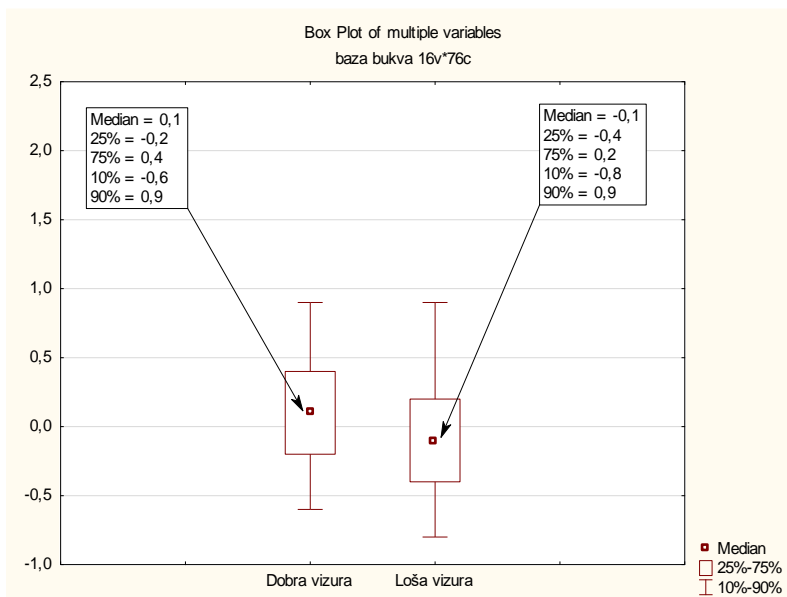
Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza bukva); $p < 0,05$ ; Isključen uvjet: V10=11					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	27,58889	7,239832				
$h_G$	27,70000	7,468758	18	-0,452406	17	0,656696

Razlika među t-testovima (tablica 28 i 29) nije statistički značajna, no bez obzira što ne postoji statistički značajna razlika niti u jednom od ova dva t-testa, zanima nas postoji li razlika u visinama na razini pojedinačnih stabala. Tako će u nastavku (slika 50) biti prikazane i uspoređene razlike visina na razini pojedinačnih stabala u metrima (m) i postotku (%), na temelju stabala s dobrom i lošom vizurom na vrh.



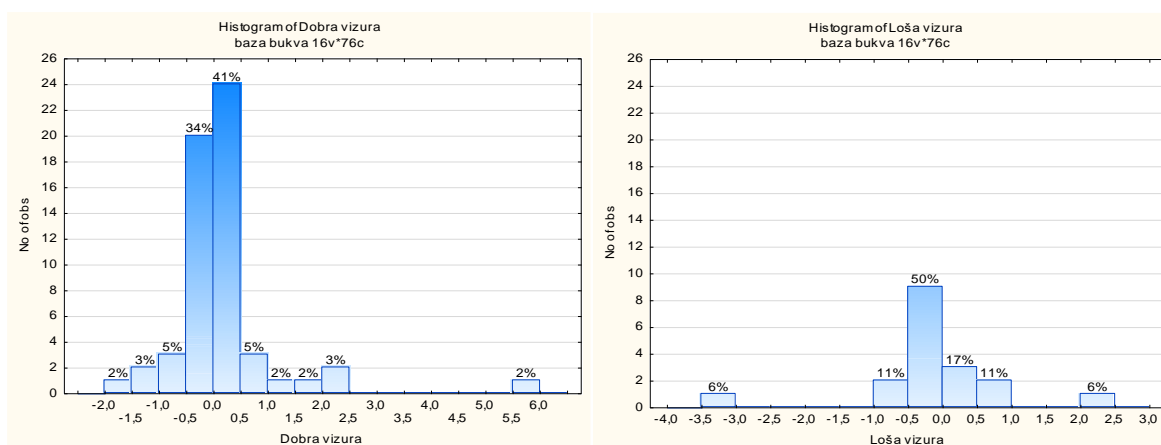
**Slika 50.** Prikaz razlike visina između mjeritelja na razini stabala s dobrom vizurom (prikaz gore) i na razini stabala s lošom vizurom (prikaz dolje) u metrima (m) i postotku (%)

Uspoređujući grafičke prikaze na na slici 50, vidljivo je podjednako rasipanje razlika visina u slučaju prikaza izrađenog na temelju stabala s dobrom vizurom na vrh (prikaz gore) u odnosu na prikaz izrađen na temelju stabala s lošom vizurom na vrh (prikaz dolje). Takav rezultat i nije očekivan, ali budući da je uzorak stabala s lošom vizurom na vrh premali, teško je donositi zaključke na temelju ovih dvaju prikaza. Također, vidljivo je kako niti u jednom niti u drugom prikazu nema posebne zakonitosti, odnosno ovisnosti razlika visina među mjeriteljima s obzirom na prsni promjer stabala. Budući da slika 50 ne pokazuje jasno raspodjelu razlika visina, oni će biti prikazani u nastavku (slika 51 i 52 ).



**Slika 51.** Grafički prikaz intervala razlika visina (uzorak dobre vizure vrhova stabala u usporedbi s uzorkom loše vizure)

Na slici 51 vide se pomalo neočekivane razlike u prikazima tj. podjednaki intervali razlika visina kod uzorka stabala dobre vidljivosti vrhova. Tako se u slučaju uzorka dobre vizure na vrhove stabala, 50% svih razlika visina nalazi od -0,20 m do 0,40 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -0,60 m do 0,90 m. U slučaju uzorka stabala loše vidljivosti vrhova 50% svih ostupanja nalazi se od -0,40 m do 0,20 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -0,80 m do 0,90 m.



**Slika 52.** Prikaz razlika u izmjeri visina stabala između dvojice mjeritelja po klasama; slučaj dobre vizure vrhova stabala (lijevo) i slučaj loše vizure vrhova stabala (desno)

Iz slike 52 na prikazu dobre vizure vrhova stabala, vidljivo je kako se 75% svih razlika visina među mjeriteljima nalazi unutar vrijednosti od  $\pm 0,5$  m, dok se unutar vrijednosti od  $\pm 1,0$  m nalazi 85% svih razlika visina. S druge strane, u prikazu podataka loše vizure

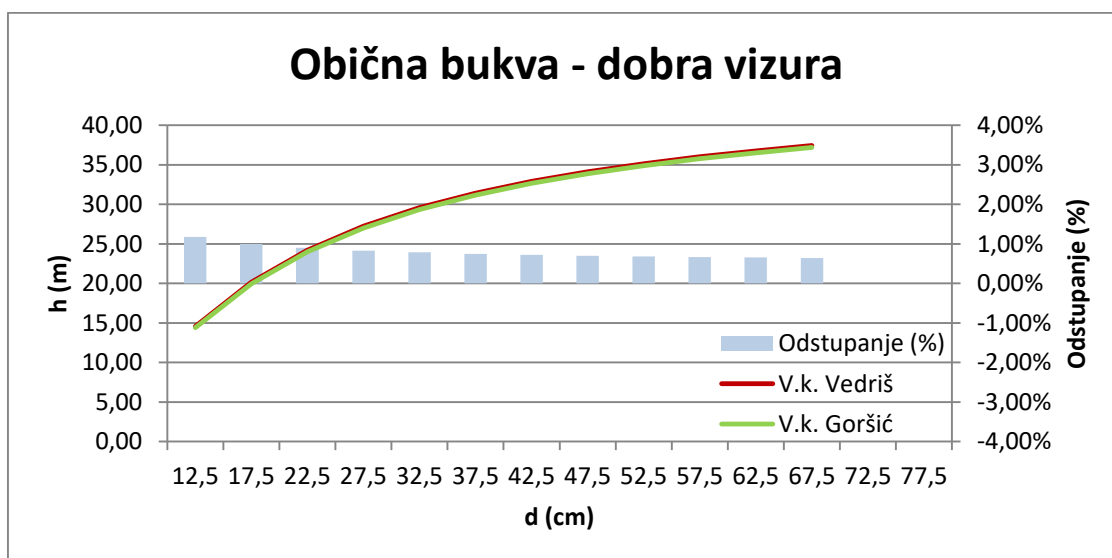
vrhova stabala 67% svih razlika visina unutar vrijednosti od  $\pm 0,5$  m, dok se unutar vrijednosti od  $\pm 1,0$  m nalazi 80% svih razlika visina.

Na temelju izmjerenih visina pojedinačnih stabala i njihovih prsnih promjera, konstruirane su visinske krivulje čiji su parametri prikazani u tablici 30, a visinske krivulje pojedinih mjeritelja te njihove razlike na slici 53 i 54.

**Tablica 30.** Vrijednosti parametara visinskih krivulja i koeficijenta determinacije

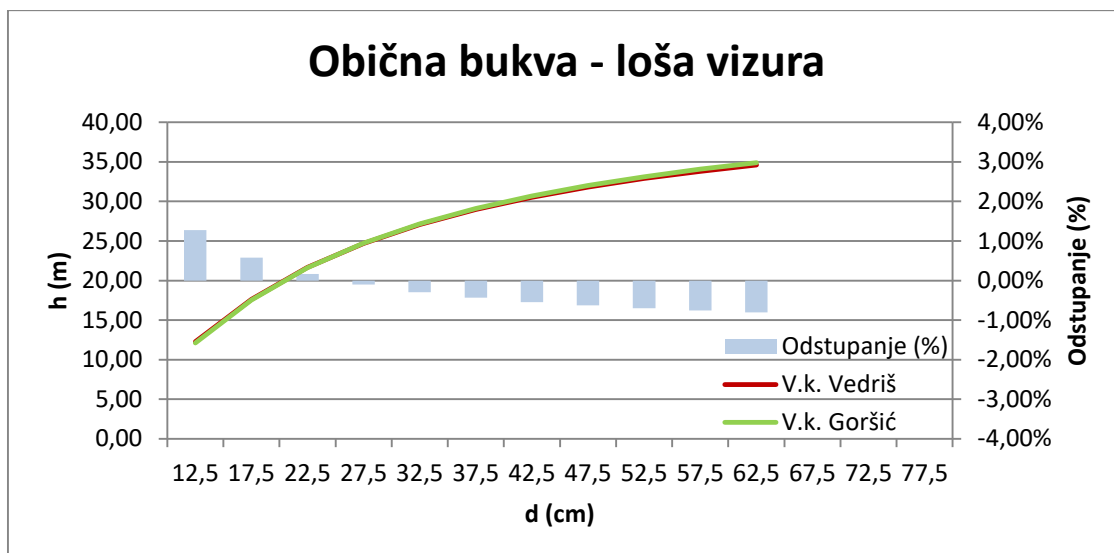
	Dobra vizura mjeritelja na vrhove stabala			Loša vizura mjeritelja na vrhove stabala		
	b0	b1	R <sup>2</sup>	b0	b1	R <sup>2</sup>
M. Vedriš	45,34126	15,36681	82,33%	43,96903	17,34179	84,68%
E. Goršić	45,10352	15,46278	82,45%	44,58930	17,69662	82,87%

U tablici 30. Može se vidjeti kako su koeficijenti determinacije poprilično visoki, što znači da je povezanost podataka prsnih promjera i visina vrlo dobra, odnosno da je varijabilnost visina vrlo mala za iste prsne promjere.



**Slika 53.** Visinske krivulje za običnu bukvu – slučaj dobre vizure vrhova stabala

Na slici 53 vidi se kako odstupanja među visinskim krivuljama na temelju uzorka stabala dobre vizure vrhova nisu velika. Visinske krivulje se preklapaju, a postojeća odstupanja kreću se od 1,17% (0,17 m) u debljinskom stupnju 12,5, do 0,64% (0,24 m) u debljinskom stupnju 67,5.



**Slika 54.** Visinske krivulje za običnu bukvu – slučaj loše vizure vrhova stabala

Slika 54 prikazuje sličnu situaciju kao i prethodna (slika 53). Odstupanja među visinskim krivuljama su mala, dakle visinske krivulje se preklapaju. Postojeća odstupanja između visinskih krivulja kreću se od 1,28% (0,16 m) u debljinskom stupnju 12,5, do -0,81% (-0,28 m) u debljinskom stupnju 62,5.

#### 4.4.2. Analiza izmjerenih podataka – obična bukva (*Fagus sylvatica* L.) – ovisnost rezultata o stajalištu mjeritelja pri izmjeri

S obzirom da na kvalitetu vizure vrhova stabala znatno utječe i stajalište pri samoj izmjeri visina stabala, u ovoj analizi polazilo se od pretpostavke kako će razlike u visinama mjerenim od strane obojice mjeritelja s istog stajališta biti manje u odnosu na razlike u visinama mjerenim s međusobno različitim stajališta. Zamisao je bila ispitati i usporediti te dvije kategorije i vidjeti kolika je razlika među njima te je li statistički značajna.

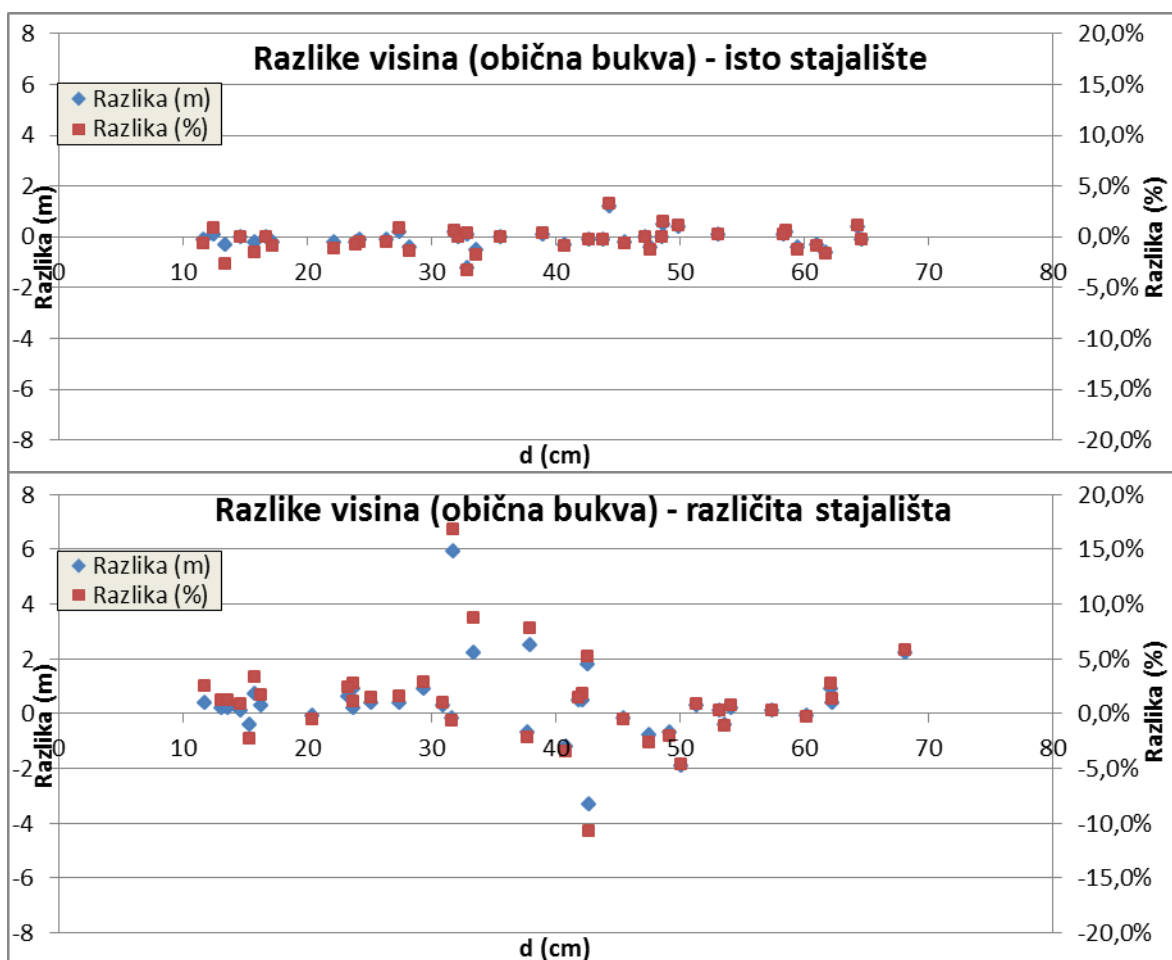
**Tablica 31.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju stabala mjerenih s istog stajališta

Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza bukva); $p < 0,05$ ; Uključen uvjet: V11=11					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	28,43421	8,184801				
$h_G$	28,49737	8,153874	38	-1,04985	37	0,300595

**Tablica 32.** Rezultati t-testa zavisnih varijabli na temelju stabala mjenjenih s različitih stajališta

Varijabla	T-test zavisnih varijabli (baza bukva); $p < 0,05$ ; Uključen uvjet: V11=22					
	Aritmetička sredina	Std.Dv.	N	t	df	p
$h_v$	28,71053	7,314768				
$h_G$	28,36316	7,369382	38	1,532321	37	0,133950

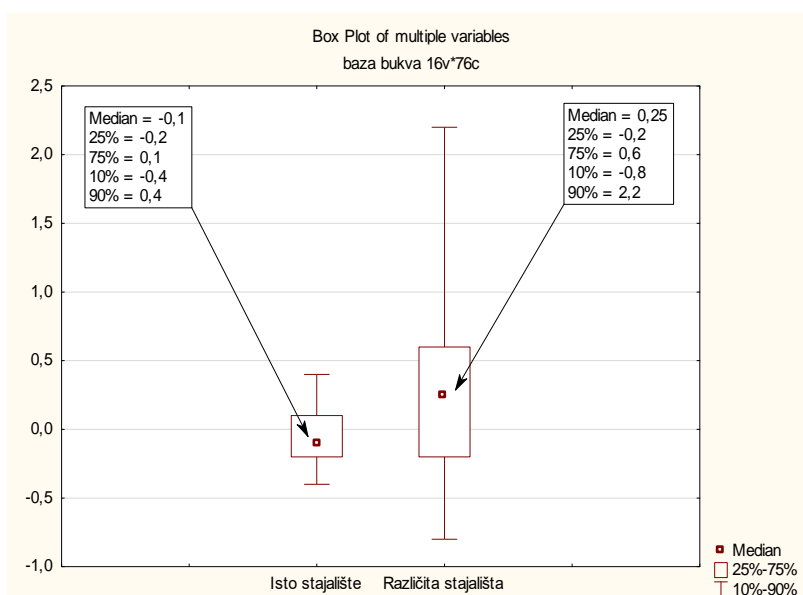
U tablici 31 prikazan je t-test zavisnih varijabli na temelju 38 stabala mjenjenih od strane obojice mjeritelja s istog stajališta, a u tablici 32 na temelju 38 stabala mjenjenih s međusobno različitim stajališta. U oba t-testa srednje vrijednosti su gotovo jednake. Iako ne postoji statistički značajna razlika niti u jednom od t-testova (tablica 31 i 32), zanima nas postoji li razlika u visinama na razini pojedinačnih stabala. Tako će u nastavku (slika 55) biti prikazane i uspoređene razlike visina na razini pojedinačnih stabala u metrima (m) i postotku (%), na temelju uzorka stabala mjenjenih s istog i s različitih stajališta.



**Slika 55.** Prikaz razlika visina između mjeritelja na temelju stabala mjenjenih s istog stajališta (prikaz gore) i s različitih stajališta (prikaz dolje) u metrima (m) i postotku (%)

Kao što je i očekivano, na slici 55 vidljivo je znatno manje rasipanje razlika visina u slučaju prikaza izrađenog na temelju stabala s mjerenih s istog stajališta (prikaz gore) u odnosu na prikaz izrađen na temelju stabala mjerenih s različitih stajališta (prikaz dolje). Razlike visina dobivene na temelju mjerenja obojice mjeritelja s istog stajališta su homogene i nema većih iznimaka. Također, podaci u prethodna dva prikaza ne pokazuju izraženu zakonitost promijene razlika visina u odnosu na prsni promjer.

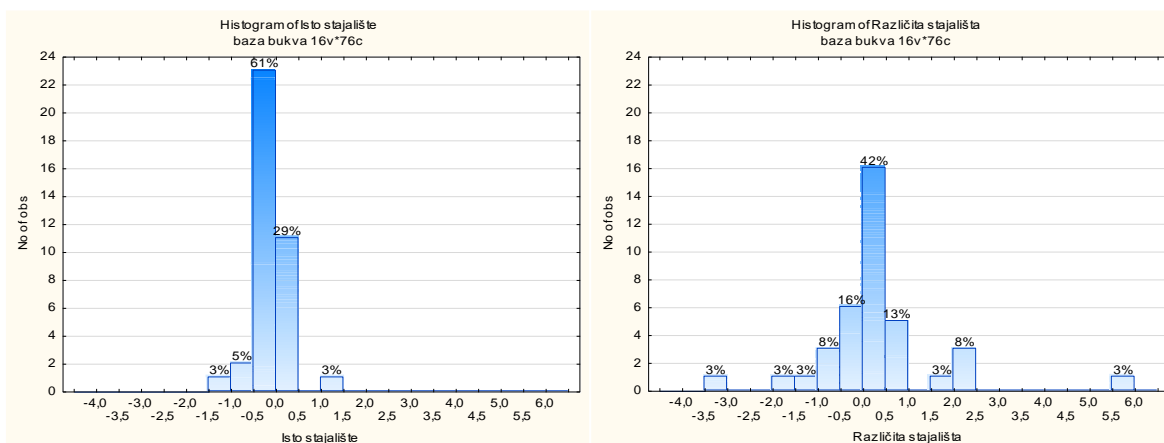
Budući da slika 55 ne pokazuje jasno raspodjelu razlika visina, ona će biti prikazana u nastavku (slika 56 i 57).



**Slika 56.** Grafički prikaz intervala razlika visina; isto stajalište u usporedbi s različitim stajalištima

Na slici 56 u slučaju uzorka mjenog s istog stajališta, 50% svih razlika visina kreće se od -0,20 m do 0,10 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -0,40 m do 0,40 m. U slučaju uzorka mjenog s različitih stajališta 50% svih ostupanja nalazi se od -0,20 m do 0,60 m, dok se 80% svih razlika visina nalazi od -0,80 m do 2,20 m. Veće razlike u uzorku stabala mjenih s različitih stajališta su očekivane.





**Slika 57.** Prikaz razlika u izmjeri visina stabala između dvojice mjeritelja po klasama; usporedba izmjere obojice mjeritelja s istog stajališta (lijevo) i s različitim stajališta (desno)

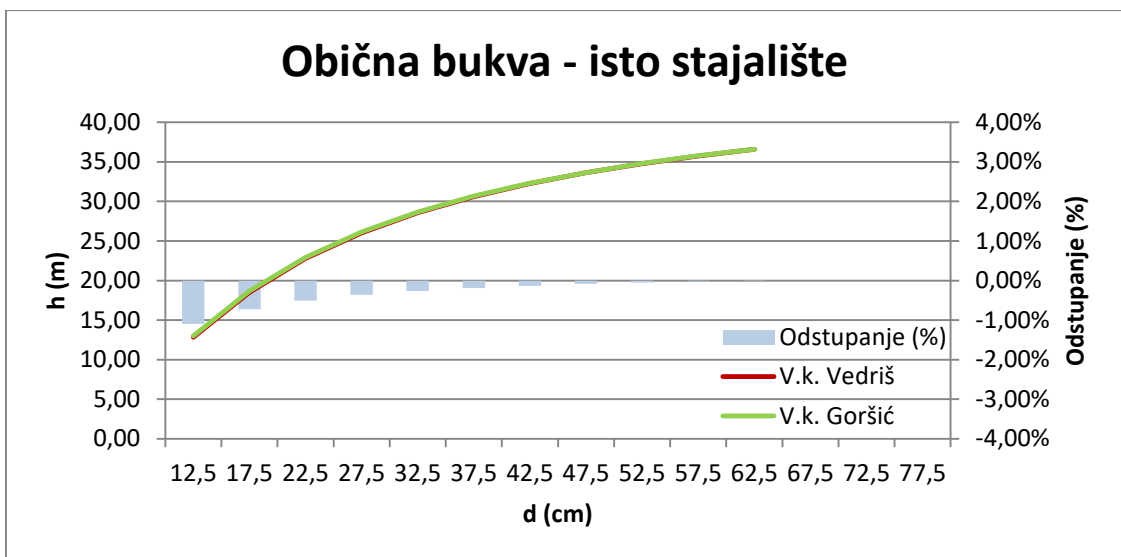
Na slici 57 vidljivo je kako se u uzorku stabala koji je mjereno s istog stajališta, čak 90% svih razlika visina među mjeriteljima nalazi unutar  $\pm 0,5$  m dok se 95% razlika visina nalazi unutar  $\pm 1,0$  m. S druge strane, u uzorku stabala koji je mjereno s različitih stajališta, 58% svih razlika visina među mjeriteljima nalazi se unutar  $\pm 0,5$  m, dok se 79% svih razlika visina među mjeriteljima nalazi unutar  $\pm 1,0$  m.

Na temelju izmjerenih visina pojedinačnih stabala i njihovih prsnih promjera, konstruirane su visinske krivulje čiji su parametri prikazani u tablici 33, a visinske krivulje pojedinih mjeritelja te njihove razlike na slici 58 i 59.

**Tablica 33.** Vrijednosti parametara visinskih krivulja i koeficijenta determinacije

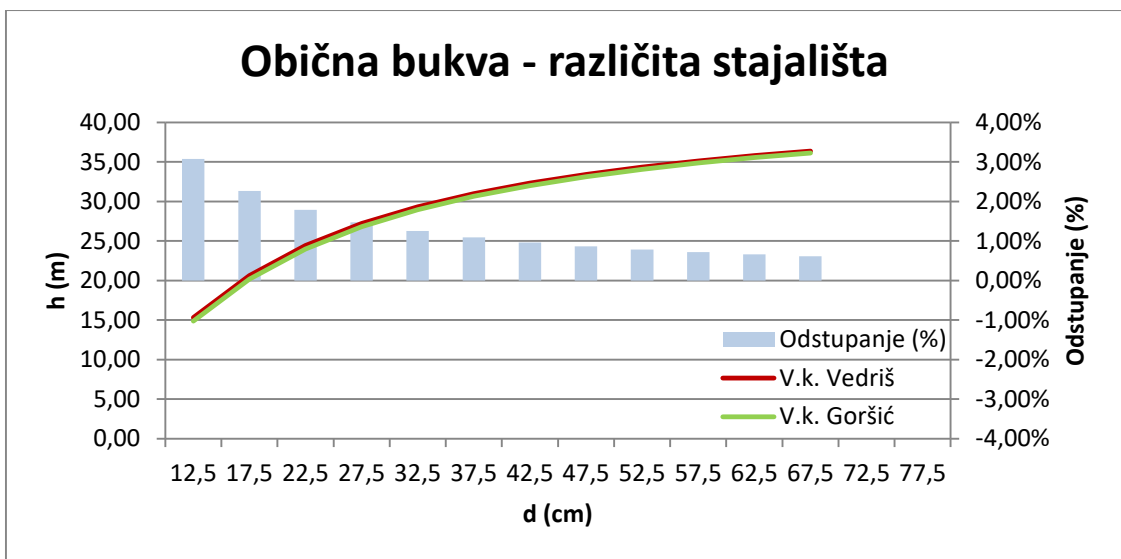
	Isto stajalište pri izmjeri			Različita stajališta pri izmjeri		
	b0	b1	R <sup>2</sup>	b0	b1	R <sup>2</sup>
M. Vedriš	46,68850	17,45711	84,38%	43,17977	14,05810	78,67%
E. Goršić	46,54445	17,26714	84,04%	43,17689	14,48499	78,87%

U tablici 33 može se vidjeti kako postoji poprilična razlika među koeficijentima determinacije u slučaju istog (veće vrijednosti) i u slučaju različitih stajališta (manje vrijednosti) pri izmjeri stabala. To je između ostalog i očekivano te pokazuje kako je prisutna veća varijabilnost visina za iste prsne promjere (u slučaju različitih stajališta pri izmjeri stabala), odnosno povezanost između podataka je nešto manja.



**Slika 58.** Visinske krivulje za običnu bukvu – slučaj izmjere stabala s istog stajališta

Visinske krivulje prikazane na slici 58 pokazuju veće poklapanje od ostalih prikaza visinskih krivulja za običnu bukvu, što je i očekivano s obzirom na to da su stabla mjerena od strane obojice mjeritelja s istog stajališta. Odstupanja se kreću od -1,09% (-0,14 m) u debljinskom stupnju 12,5 do 0,00% (0,00 m) u debljinskom stupnju 62,5.



**Slika 59.** Visinske krivulje za običnu bukvu – slučaj izmjere stabala s različitim stajališta

Visinske krivulje prikazane na slici 59 pokazuju najveće odstupanje u odnosu na ostale prikaze visinskih krivulja za običnu bukvu, što je vrlo vjerojatno bilo i za očekivati. Odstupanja su najveća u nižim debljinskim stupnjevima, a kreću se od 3,08% (0,47 m) u debljinskom stupnju 12,5 do 0,61% (0,22 m) u debljinskom stupnju 67,5.

## 5. ZAKLJUČAK

Rezultati ovoga rada pokazali su kako mjeritelj, vrsta drvaća, kvaliteta vizure vrhova stabala i stajalište pri izmjeri, mogu u pojedinim okolnostima itekako utjecati na samu kvalitetu i točnost izmjere visina, pa posljedično i na izjednačenje visinskih krivulja. Uzevši u obzir činjenicu da je izmjera na temelju koje je izrađen ovaj rad, provedena od strane dvojice iskusnih mjeritelja, prethodna tvrdnja još više dobiva na snazi. Kao što je i bilo moguće vidjeti iz rezultata, razlike u izmjerenim visinama pojedinačnih stabala između dvojice mjeritelja, ovisno o okolnostima, mogu dosezati i po nekoliko metara (najveća razlika iznosila je 6 m). Stoga, kada se provode izmjere uzoraka stabala, a naročito ukoliko se iz nekog razloga provode izmjere pojedinačnih stabala, posebnu pozornost treba obratiti na kvalitetu vizure vrhova tih stabala (promjenom položaja pri izmjeri). Ona je od ključne važnosti za samu kvalitetu i preciznost izmjere visina stabala.

Uspoređujući rezultate dobivene u ovom radu može se zaključiti sljedeće:

- **Hrast lužnjak** pokazao je najniže vrijednosti koeficijenta determinacije te najveća rasipanja razlika izmjerenih visina pojedinačnih stabala između dvaju mjeritelja. Također kod hrasta lužnjaka najveća su međusobna odstupanja u visinskim krivuljama u svim slučajevima u odnosu na ostale analizirane vrste. Mogući razlozi za to su oblik krošnje (parabolična) koju hrast lužnjak tvori te njegova dominacija u sastojini, što uvelike otežava vizuru na vrh samog stabla zbog smetnje ostalih krošanja. Uz to, hrast lužnjak je vrsta nizinskog staništa pa se njegova izmjera vrši u ravnini što također otežava vizuru na vrh stabla u usporedbi s vrstama brdskog staništa.
- **Obični grab** pokazao je nešto više vrijednosti koeficijenta determinacije u odnosu na hrast lužnjak (osim u slučaju uzorka mjerenog s istog stajališta), dok su rasipanja razlika izmjerenih visina pojedinačnih stabala između dvaju mjeritelja slična kao i kod hrasta lužnjaka. Međusobna odstupanja visinskih krivulja običnoga graba vrlo su mala, gotovo neprimjetna, unatoč pozamašnim razlikama izmjerenih visina pojedinih stabala između dvojice mjeritelja. Razlog tome može biti podjednaka zastupljenost i veličina onih razlika koje imaju pozitivnu i onih koje imaju negativnu vrijednost, tako da u tom slučaju visinske krivulje izrađene na temelju takvih podataka ne pokazuju međusobno odstupanje.

- **Obična jela** pokazuje najviše vrijednosti koeficijenata determinacije i najmanja rasipanja razlika izmjerenih visina pojedinačnih stabala između dvaju mjeritelja, što je i očekivano. Razlog tomu je najvjerojatnije monopodijalan tip rasta obične jele, zbog čega joj je vrh lakše vidljiv. Također, obična jela je vrsta brdsko – planinskog staništa gdje je moguće zbog nagiba terena lakše izmjeriti visine stabala postavljanjem stajališta iznad žilišta stabla. Međusobna odstupanja visinskih krivulja veća su nego kod graba, a manja nego kod hrasta.
- **Obična bukva** pokazuje manje vrijednosti koeficijenata determinacije od obične jele, ali veće od hrasta lužnjaka i običnoga graba. Rasipanja razlika izmjerenih visina pojedinačnih stabala između dvaju mjeritelja kod obične bukve veća su nego kod obične jele, ali manja nego kod hrasta lužnjaka i običnoga graba. Tome također doprinosi konfiguracija terena, kao i kod obične jele. Međusobna odstupanja visinskih krivulja dvaju mjeritelja kod obične bukve slična su odstupanjima kod obične jele.

Utevši u obzir navedene činjenice, vidljivo je kako postoje razlike (negdje i znatne) između dvaju mjeritelja s obzirom na vrstu drveća, kvalitetu vizure vrhova stabala i stajalište pri izmjeri visina stabala. Prema tome, kako bi se još bolje ispitale te razlike i utvrdio njihov utjecaj na sastojinsku visinsku krivulju te na drvenu zalihu sastojine, potrebno je provesti daljnja istraživanja i analize, za koje definitivno ima prostora.

## 6. LITERATURA

- Stipančić, A., 1968: Utjecaj broja izmjera visina na sastojinsku visinsku krivulju. Šumarski list broj 5-6, str. 223-229
- Pranjić, A. i N. Lukić, 1997: Izmjera šuma. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb
- Lukić, N., Božić, M., Čavlović, J., Teslak, K., Novosel, D., 2005: Istraživanje primjenjivosti ultrazvučnog visinomjera/daljinomjera „vertex III“ u odnosu na najčešće korištene visinomjere u šumarstvu Hrvatske. Šumarski list broj 9-10, str. 481-488
- Božić, M., Čavlović, J., Lukić, N., Teslak, K., Kos, D., 2005: Efficiency of ultrasonic Vertex III hypsometer compared to the most commonly used hypsometers in Croatian forestry. Croatian Journal of Forest Engineering 26, str. 91-99

## 7. PRILOZI