

Zanesljivost meritev višin smreke z višinomerom Vertex III *Reliability of Height Measurements of Spruce with Vertex III Hypsometer*

Gal KUŠAR¹, Milan HOČEVAR²

Izvleček

Kušar, G., Hočevar, M.: Zanesljivost meritev višin smreke z višinomerom Vertex III. Gozdarski vestnik, 72/2014, št. 4. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 7. Prevod Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

V članku smo analizirali uporabnost višinomera Vertex III za meritve drevesnih višin na primeru 88 smrek na Pokljuki. Kot optimalna metoda merjenja drevesne višine z višinomerom Vertex III se je izkazal način, da za drevo izmerimo šest odčitkov višine, najvišjo in najnižjo vrednost izločimo, iz preostalih štirih pa izračunamo aritmetično sredino. Le-ta je dobra ocena prave višine drevesa in se statistično ne razlikuje od referenčne višine drevesa, izmerjene na podretem drevesu. Ugotovili smo, da višinomer Vertex III ob pravilni uporabi daje zanesljive ($\pm 0,25$ m) meritve drevesnih višin.

Ključne besede:

meritve drevesne višine, ultrazvočni višinomer Vertex III, smreka (*Picea abies*), Pokljuka

Abstract

Kušar, G., Hočevar, M.: Reliability of Height Measurements of Spruce with Vertex III Hypsometer. Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 72/2014, vol. 4. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 7. Translated by Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

In this article we analyzed usefulness of Vertex III hypsometer for measuring tree heights on the sample of 88 spruce trees on Pokljuka plateau. The optimal method for tree height measurements with Vertex III hypsometer proved to be measuring six height readings, eliminating the highest and the lowest value and calculating arithmetic mean from the remaining four. This is a good estimation of the real tree height and doesn't differ statistically from the reference tree height, measured on a felled tree. We found out that Vertex III hypsometer, used correctly, provides reliable (± 0.25 m) measurements of tree heights.

Key words: tree height measurements, ultrasonic Vertex III hypsometer, spruce (*Picea abies*), Pokljuka plateau

1 UVOD/INTRODUCTION

V gozdarstvu so pomembne zanesljive, hitre, cenovno ugodne in enostavne meritve drevesnih višin. Drevesna višina je eden od pomembnejših dendrometrijskih podatkov, ki jih potrebujemo za izračun volumna dreves z dvovhodnimi deblovnicami, za izbor tarifnih nizov in za določanje bonitete rastišča. Meritve višin so zahtevnejše, manj zanesljive in dražje kot meritve premerov dreves, zato v sklopu gozdne inventure navadno izmerimo višine le nekaj vzorčnim drevesom na vsaki stalni vzorčni ploskvi (Kušar, 2007). Iz izmerjenih višin vzorčnih dreves konstruiramo višinske krivulje po drevesnih vrstah, razvojnih fazah, sestojnih tipih in bonitetah rastišč. Nato lahko s pomočjo ustreznih višinskih krivulj izračunamo višine vseh dreves, za katere imamo izmerjen premer. Zato je zelo pomembno, da so višine posameznih dreves natančno izmerjene. V praksi za meritve

višin uporabljamo različne vrste višinomerov, ki delujejo na različnih načinih. Ob pravilni uporabi pa dajo vsi dobre rezultate (Schmid in sod., 1971). Pri meritvah na stalnih vzorčnih ploskvah v okviru kontrolne metode se vedno pojavijo vprašanja glede meritve višin, in sicer zakaj meriti drevesne višine, koliko dreves je treba izmeriti, kako in s katerim inštrumentom naj jih izmerimo?

Ker se za terenske meritve vedno pogosteje uporabljata višinomera Vertex III ali IV (Božič in sod., 2005; Kušar in Hočevar, 2006; Kušar, 2007), švedskega proizvajalca Haglof (<http://www.haglof.se>), je namen tega prispevka predstaviti raziskavo zanesljivosti meritev višin dreves na primeru dre-

¹ Dr. G. K., zasebni raziskovalec, Kavškova ulica 7, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. gal.kusar@guest.arnes.si

² Prof. dr. M. H., Spodnje Pirniče 77 B, SI-1215 Medvode, Slovenija. milan.hocevar@guest.arnes.si

vesne vrste smreke in predstaviti pravilno metodo merjenja višin. Cilji raziskave so bili:

- ugotoviti zanesljivost meritve višin z višinomerom Vertex III,
- določiti optimalno število odčitkov meritve višine enega drevesa,
- preskusiti uporabnost višinomera Vertex III.

Postavili smo si naslednje delovne hipoteze:

- optimalna metoda merjenja višin z višinomerom Vertex III je, da za vsako drevo izmerimo šest odčitkov višine, najvišjo in najnižjo vrednost izločimo, iz preostalih štirih pa izračunamo aritmetično sredino, ki predstavlja dobro oceno prave višine drevesa,
- med višinami dreves, izmerjenimi z višinomerom Vertex III, in pravimi višinami dreves (izmerjenimi dolžinami posekanih drevesih) ni statistično značilnih razlik,
- meritve z višinomerom Vertex III so dovolj zanesljive (odstopanja $\pm 0,25$ m od prave vrednosti) za praktično uporabo v gozdarstvu.

2 METODE DE LA

2 METHODS

2.1 Opis raziskovalnega objekta

2.1 Study area

Meritve smo opravili leta 2004, in sicer v odsekih 39A, 53A, 58C, 61D in 64A GGE Pokljuka (Kušar, 2007). V sestojih, kjer so bila že predhodno odkazana drevesa za posek, smo zakoličili začasne krožne

vzorčne ploskve ($N_{\text{ploskev}} = 6$, $N_{\text{dreves}} = 88$), velikosti 0,28 ha (polmer 30 m). Gre za enodobne, enovrstne smrekove sestoje, v razvojnih fazah drogovnjaka in debeljaka na nadmorski višini od 1.200 do 1.350 m. Sestojni tip ploskev št. 1, 3 in 4 je drogovnjak smreke z normalnim do gostim sklepom, starosti 60–75 let. Boniteta rastišča SI_{50} je od 20 do 25, ocenjena proizvodna sposobnost rastišča je od 10,1 do 10,3 m^3/ha , ocenjen letni prirastek pa je od 9,5 do 10,2 m^3/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 1996). Sestojni tip ploskev št. 5, 6 in 7 pa je debeljak smreke z normalnim do vrzelastim sklepom, starosti 140–155 let. Boniteta rastišča SI_{50} je 20, ocenjena proizvodna sposobnost rastišča od 10,1 do 10,4 m^3/ha , ocenjeni letni prirastek pa je od 8,9 do 9,5 m^3/ha (Gozdnogospodarski načrt ..., 1996), Preglednica 1.

2.2 Meritve na stoječem in podrtem drevesu

2.2 Measurements on standing and felled trees

Višinomer Vertex III izračuna višino drevesa na podlagi trigonometričnega načina merjenja kotov in razdalj (ultrazvočno). Za meritve je treba na drevo na določeni višini (1,3 m od tal) namestiti tarčo (oddajnik) in na poljubni razdalji od drevesa (do 30 m) poiskati ustrezno stojišče, iz katerega sta vidna vrh drevesa in tarča na deblu. Nato viziramo v tarčo in v vrh drevesa ter z več odčitki (do 6) višine izmerimo višino drevesa.

Preglednica 1: Temeljni parametri po ploskvah

Table 1: Basic plots parameters

| pl | Višina/ altitude m | Sestojni tip/ stand type | $N_{\text{dreves}} /$ N_{trees} | Premer/diameter | | | Višina/height | | |
|----|--------------------------|--------------------------------|---|-----------------|-----------|-----------|---------------|----------|----------|
| | | | | MIN cm | MAX cm | AVR cm | MIN m | MAX m | AVR m |
| 1 | 1243 | 311 | 22 | 13 | 36 | 21,4 | 14,1 | 31,4 | 20,9 |
| 3 | 1228 | 312 | 16 | 13 | 32 | 23,2 | 14,4 | 28,9 | 23,8 |
| 4 | 1237 | 312 | 23 | 11 | 31 | 22,8 | 9,4 | 28,8 | 22,9 |
| 5 | 1314 | 614 | 1 | 54 | 54 | 54,0 | 33,2 | 33,2 | 33,2 |
| 6 | 1324 | 614 | 11 | 36 | 66 | 51,5 | 28,3 | 40,0 | 34,2 |
| 7 | 1304 | 512 | 15 | 31 | 53 | 43,7 | 27,1 | 37,3 | 32,7 |

Legenda/ Legend:

- AVR - average, aritmetična sredina,
- MIN - minimum, najmanjši odčitek,
- MAX - maximum, največji odčitek,
- sestojni tip – šifra:
- x __, razvojna faza (1-mladovje, 2-ml. in 3-st. drogov-

njak, 4-ml. in 5-st. debeljak, 6-debeljak v pomlajevanju in 7-raznomenen sestoj).

– _ x _, mešanost (1-iglavci nad 75 %, 2-mešano; iglavci/listavci od 24 do 74 %, 3-listavci nad 75 %).

– __ x, sklep (1-tesen, 2-normalen, 3-rahel, 4-vrzelast do pretrgan).

Zaradi občutljivosti inštrumenta za temperaturne spremembe ga je treba kalibrirati; najbolje na začetku vsakodnevnih meritev oziroma vsakič, ko se temperatura spremeni za ± 3 °C (Users Guide Vertex III and Transponder T3, 2005).

Za potrebe raziskave smo drevesom drevesne vrste smreka izmerili prsni premer (D, na cel cm natančno) z aluminijasto premerko. Višino (H, na dm natančno) smo z istega stojišča merili z višinomerom Vertex III s šestimi odčitki višine (H_{1-6}) na drevo. Izmerili smo tudi razdaljo (LV, na dm natančno) od stojišča izmere višine do sredine drevesa. Posekanemu drevesu smo s sekaškim metrom izmerili njegovo dolžino in ji prišteli višino panja. Tako smo ugotovili pravo oziroma referenčno višino drevesa (H_{ref} , na dm natančno).

2.3 Statistična analiza

2.3 Statistical analysis

S programom *Statgraphics Plus 5.1* smo analizirali povprečja, odstopanja in ugotavljali razlike z metodo parnih primerjav.

3 REZULTATI

3 RESULTS

3.1 Izračun osnovnih statističnih podatkov

3.1 Calculation of statistical data

Iz podatkov meritev smo za vsako drevo izračunali osnovne statistične podatke in za vsa drevesa aritmetične sredine za H_{ref} , H_{pov6} , H_{pov4} , H_{min} , H_{max} , LV in α , Preglednica 2.

Povprečje najmanjših odčitkov je za 0,15 cm manjše od povprečja prave višine. Prav tako je za 0,15 m večje povprečje največjih odčitkov. Iz rezultatov bi zato lahko sklepali, da je dovolj, da pri vsaki meritvi naredimo le en odčitek, saj so odstopanja od prave vrednosti manjša od $\pm 0,25$ m, kar smo izbrali za tolerančni prag meritev. Kljub vsemu pa je bolje narediti več odčitkov, saj bi se pri enem samem lahko zmotili, če pa jih naredimo več, postanemo pozorni na tistega, ki odstopa od preostalih. Povprečna oddaljenost stojišča od drevesa je za 3,85 m (15 %) manjša od povprečne višine, zato je tudi vizirni kot za 4 ° večji od idealnega (45°).

Preglednica 2: Statistični podatki za ($N_{dreves} = 88$)

Table 2: Statistical data ($N_{trees} = 88$)

| | AVR m | MIN m | MAX m | RAZPON m | STD m | KV % |
|--------------|----------|----------|----------|-------------|----------|---------|
| H_{ref} | 25,74 | 9,4 | 39,8 | 30,4 | 6,82 | 26,5 |
| H_{pov6} | 25,75 | 9,4 | 40,0 | 30,6 | 6,82 | 26,5 |
| H_{pov4} | 25,75 | 9,4 | 40,0 | 30,6 | 6,82 | 26,5 |
| H_{max} | 25,89 | 9,4 | 40,1 | 30,7 | 6,85 | 26,5 |
| H_{min} | 25,59 | 9,3 | 39,9 | 30,6 | 6,80 | 26,6 |
| LV | 21,89 | 12,3 | 34,7 | 22,4 | 5,52 | 25,2 |
| α (°) | 49,41 | 24,0 | 59,0 | 35,0 | 5,40 | 10,9 |

Legenda/ Legend:

- AVR - average, aritmetična sredina,
- MIN - minimum, najmanjši odčitek,
- MAX - maximum, največji odčitek,
- RAZPON - range, razpon med MIN in MAX,
- STD - standardni odklon,
- KV - koeficient variacije,
- H_{ref} - prava višina drevesa izmerjena na posekanem drevesu,

- H_{pov6} - izmerjena višina, kjer upoštevamo vseh šest odčitkov,
- H_{pov4} - izmerjena višina, kjer upoštevamo le štiri odčitke saj izpustimo najvišjo in najnižjo vrednost,
- H_{max} - največji od šestih odčitkov višine,
- H_{min} - najmanjši od šestih odčitkov višine,
- LV - razdalj od stojišča izmere višine do drevesa,
- α - vizirni kot meritve ($\tan \alpha = H_{ref}/LV$).

Preglednica 3: Razlike med izbranimi tipi meritev za ($N_{\text{dreves}} = 88$)

Table 3: Differences between selected types of measurements for ($N_{\text{trees}} = 88$)

| | AVR m | MIN m | MAX m | RAZPON m | STD m | KV % |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|-------------|----------|---------|
| $H_{\text{max}} - H_{\text{min}}$ | 0,30 | 0,1 | 0,8 | 0,7 | 0,15 | 50,86 |
| $H_{\text{pov6}} - H_{\text{ref}}$ | 0,01 | -1,5 | 2,7 | 4,2 | 0,46 | 8069,1 |
| $H_{\text{pov4}} - H_{\text{ref}}$ | 0,01 | -1,5 | 2,7 | 4,2 | 0,46 | 4008,2 |
| $H_{\text{pov6}} - H_{\text{pov4}}$ | 0,00 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,01 | 938,1 |

Legenda/ Legend:

- AVR - *average*, aritmetična sredina,
- MIN - *minimum*, najmanjši odčitek,
- MAX - *maximum*, največji odčitek,
- RAZPON - *range*, razpon med MIN in MAX,
- STD - standardni odklon,
- KV - koeficient variacije,
- $H_{\text{max}} - H_{\text{min}}$ - razlika med najvišjim (H_{max}) in najnižjim (H_{min}) odčitkom višine,

- $H_{\text{pov6}} - H_{\text{ref}}$ - razlika med povprečno izmerjeno višino drevesa pri šestih odčitkih (H_{pov6}) in pravo višino drevesa (H_{ref}),
- $H_{\text{pov4}} - H_{\text{ref}}$ - razlika med povprečno izmerjeno višino drevesa pri štirih odčitkih (H_{pov4}) in pravo višino drevesa (H_{ref}),
- $H_{\text{pov6}} - H_{\text{pov4}}$ - razliko med povprečjem šestih in štirih odčitkov.

3.2 Analiza razlik med povprečjem šestih odčitkov (H_{pov6}) in 4-ih odčitkov (H_{pov4}) meritev višin

3.2 Analysis of the differences between the average 6-readings (H_{pov6}) and 4-readings (H_{pov4}) of height measurement

Izračunali smo razlike med izbranimi tipi meritev $H_{\text{max}} - H_{\text{min}}$, $H_{\text{pov6}} - H_{\text{ref}}$, $H_{\text{pov4}} - H_{\text{ref}}$ in $H_{\text{pov6}} - H_{\text{pov4}}$, Preglednica 3.

Povprečna razlika med največjim (H_{max}) in najmanjšim odčitkom (H_{min}) pri meritvi posameznega drevesa je 0,3 m, največja razlika med najvišjo in najnižjo vrednostjo šestih odčitkov pri posameznem drevesu znaša 0,8 m. Povprečna razlika med povprečjem meritev šestih odčitkov (H_{pov6}) in štirih odčitkov (H_{pov4}) je 0,0 m, največje odstopanje pri posameznem drevesu znaša 0,1 m. Ker tudi statistični test parnih primerjav ni zaznal razlik (pri $\alpha = 0,05$), lahko sklenemo, da metoda, pri kateri od šestih odčitkov izločimo najvišjo in najnižjo vrednost, iz preostalih štirih odčitkov pa izračunamo aritmetično sredino, daje zanesljivo meritev prave višine drevesa.

3.3 Analiza razlik med izmerjeno (H_{pov4}) in pravo (H_{ref}) višino drevesa

3.3 Analysis of the differences between the measured (H_{pov4}) and reference (H_{ref}) tree height

Za pravo višino drevesa smo vzeli »dolžino« podrttega drevesa, izmerjenega na tleh (H_{ref}) skupaj z višino panja. Zanimalo nas je, kolikšna je razlika med izmerjeno višino drevesa, izračunano po metodi štirih odčitkov (H_{pov4}) in pravo višino drevesa (H_{ref}). Povprečna razlika med H_{pov4} in H_{ref} je 0,01 m. Odstopanja meritev 83 dreves oziroma 94 % vseh meritev so v razponu ± 2 %. Največje odstopanje pri posameznem drevesu je od -1,5 do 2,7 m oziroma od -5,5 do 10,8 %. Skrajna odstopanja so opazna pri petih drevesih, ki so imela slabo viden oziroma zakrit vrh. Parna primerjava ni zaznala razlik (pri $\alpha = 0,05$), tako da lahko sklenemo, da lahko z višinomerom Vertex III zanesljivo izmerimo pravo višino drevesa.

4 DISKUSIJA IN SKLEPI

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Z raziskavo smo potrdili, da je optimalna metoda merjenja višin z višinomerom Vertex III ta, da za vsako drevo izmerimo šest odčitkov višine, največjo in najmanjšo vrednost izločimo, iz preostalih štirih odčitkov pa izračunamo aritmetično sredino – pravo višino drevesa.

Prav tako smo potrdili, da med višinami dreves, izmerjenimi z višinomerom Vertex III, in pravimi višinami dreves (izmerjenimi na posekanih drevesih) ni razlik in da torej lahko višinomer Vertex III uspešno uporabljamo za meritve višin dreves, če dosledno upoštevamo navodila za merjenje:

- kalibracija inštrumenta na začetku meritev in ob spremembi temperature,
- postavitve tarče na 1,3 m višine,
- primerna oddaljenost mesta meritve,
- dobra vidljivost vrha drevesa.

Bistvena prednost meritev z višinomerom Vertex III pred preostalimi inštrumenti je v tem, da lahko poljubno izberemo stojišče – razdaljo od drevesa tako, da si zagotovimo najboljše možnosti za merjenje:

- primerno razdaljo do drevesa (približno enaka drevesni višini)
- optimalni kot viziranja,
- vidljivost vrha drevesa,
- na strmih terenih merjenje po plastnici.

V naši raziskavi smo sicer analizirali le meritve pri smrekah, zato bi bilo podobno raziskavo koristno napraviti še na primeru listavcev, kjer je zaradi široke krošnje in v času olistanja vrh drevesa slabše viden (določljiv) in je zato tudi meritev višin manj zanesljiva. Vsekakor pa bi pri listavcih morali opraviti meritve višine z vsaj dveh različnih stojišč. Če bi bile razlike prevelike, bi to pomenilo, da merimo dva različna vrha drevesa. Višji »vrh« bi zato morali še enkrat izmeriti s tretjega stojišča.

Božić in sodelavci (2005) so meritve z višinomerom Vertex III ocenili kot najboljše od vseh štirih primerjanih višinomerov (Vertex III, Blume-Leiss, Biterlichov zrcalni relaskop s standardno in CP skalo). Prednosti višinomera Vertex III so kakovost in zanesljivost meritev (natančnost in točnost), hitrost in enostavnost merjenja, slabost pa je relativno visoka cena (1400 EUR). Poleg meritve višin lahko inštrument Vertex III uporabljamo tudi za merjenje razdalj do 30 m na cm natančno ter naklonov terena (v° ali %). Možnost šestih odčitkov meritve z iste razdalje omogoča tudi enostavno merjenje drugih »višin« istega drevesa, kot npr. višino začetka krošnje, dolžino krošnje, dolžino debla do prve žive veje, višino debla brez vej ... Prav tako kot prednost

navajajo tudi uspešno uporabo za merjenje razdalj (horizontalnih ali v padcu), meritev pa ne ovira niti sloj podrasti oziroma grmovja, kot je to v primeru laserskih inštrumentov (Puhek, 1996).

Na podlagi tujih ugotovitev (Božić in sod., 2005) in naše raziskave lahko sklenemo, da so meritve z višinomerom Vertex III dovolj zanesljive in uporabne za gozdarsko operativno prakso in tudi znanstveno-raziskovalno delo. Poudariti pa je treba, da je tako kot pri vseh dendrometrijskih meritvah tudi pri meritvah višin treba opravljati kontrolne meritve. Tako pravočasno zaznamo morebitne sistematične napake, ki jih delajo merilci oziroma opazimo površno merjenje in odstopanja meritev od predpisanih toleranc.

5 ZAHVALA

5 ACKNOWLEDGE

Leta 2004 je meritve na podrtih drevesih omogočilo podjetje GG Bled, d. d., za kar se zahvaljujemo direktorju Zvonetu Šolarju, Janezu Petkošu in Petru Krničarju ter sekačem. Pri terenskih meritvah sta pomagala kolega Filip Nebrigič in Anže Japelj. Zahvaljujemo se tudi doc. dr. Alešu Kaduncu za recenzijo članka.

6 POVZETEK

V članku smo analizirali uporabnost višinomera Vertex III za meritve drevesnih višin na primeru 88 smrek na Pokljuki. Z višinomerom smo izmerili višine stoječega drevja, nato pa smo s sekaškim metrom izmerili še dolžine posekanih dreves, ki smo jih upoštevali kot referenčne višine dreves. Analizirali smo vpliv števila odčitkov na zanesljivost meritve.

Kot optimalna metoda merjenja višin z višinomerom Vertex III se je izkazal način, da za vsako drevo izmerimo šest odčitkov višine, najvišjo in najnižjo vrednost izločimo, iz preostalih štirih pa izračunamo aritmetično sredino, ki predstavlja dobro oceno višine drevesa. Povprečna razlika med povprečjem meritev šestih odčitkov (H_{pov6}) in 4-ih odčitkov (H_{pov4}) namreč znaša 0,00 m, največje odstopanje pri posameznem drevesu pa je le do 0,1 m. Ugotovili smo, da med višinami

dreves, izmerjenimi z višinerom Vertex III, in pravimi višinami dreves, izmerjenimi na posekanih drevesih, ni statistično značilnih razlik. Povprečna razlika med H_{pov4} in H_{ref} je le 0,01 m. Odstopanja meritev 83 dreves oziroma 94 % vseh meritev so v razponu ± 2 %. Na podlagi raziskave smo ugotovili, da višinerom Vertex III, ob pravilni uporabi, omogoča zanesljive meritve višin dreves.

7 SUMMARY

In this article we analyzed usefulness of Vertex III hypsometer for measuring tree heights on the sample of 88 spruce trees on Pokljuka plateau. Using the hypsometer we measured heights of the standing trees and, subsequently, using logger's tape we measured lengths of the felled trees and took them for reference tree heights. We analyzed the influence of number of readings on measurement reliability.

The optimal method for tree height measurements with Vertex III hypsometer proved to be measuring six height readings, eliminating the highest and the lowest value and calculating arithmetic mean from the remaining four. The mean difference between the mean value of six readings (H_{pov6}) and four readings (H_{pov4}) amounts to 0.00 m and the largest deviation at an individual tree only up to 0.1 m. We found out that there are no statistically significant differences between tree heights, measured using hypsometer Vertex III, and true heights, measured on felled trees. Mean difference between H_{pov4} and H_{ref} amounts to only 0.01 m. Measurement deviations at 83 trees or, respectively, at 94% of measurements are in the range of ± 2 %. On the basis of our study we found

out that Vertex III hypsometer, used correctly, provides reliable measurements of tree heights.

8 VIRI

8 REFERENCES

- Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Pokljuka. 1996. Gozdnogospodarski načrt GGE Pokljuka (1996–2005). Bled, Zavod za gozdove Slovenije, OE Bled.
- Božić, M., Čavlović, J., Lukić, N., Teslak, K., Kos, D., 2005. Efficiency of the ultrasonic Vertex III hypsometer compared to the most commonly used hypsometers in Croatian forestry. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26 (2005), 2; 91–99.
- Kušar, G., 2007. Zanesljivost ugotavljanja volumna dreves in lesne zaloge sestojev z enoparametrijskimi funkcijami in stratifikacijo = Reliability of tree volume and stands growing stock estimates using oneparametrical functions and stratification: doktorska disertacija/doctoral dissertation. Ljubljana, samozaložba. 243 s.
- Kušar, G., Hočevar, M., 2006. Zanesljivost ugotavljanja lesne zaloge s tarifami na primeru smreke v mikrorastiščno pestrem gozdu = Reliability of growing stock estimation using tariffs in case of a spruce tree in forest with varied micro site conditions. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 80: 81–96.
- Puhek, V., 1996. Možnosti racionalizacije in povečanja kakovosti izmere višine dreves z uporabo laserskega merilca dolžin = Possibilities of rationalisation and better quality of tree height mensuration using laser for measuring length. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 50: 209–219.
- Schmid, P., Roiko-Jokela, P., Mingard, P., Zobeiry, M., 1971. The Optimal Determination of the Volume of Standing Trees. *Wien, Mitteilung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt*, 91: 33–54.
- Users Guide Vertex III and Transponder T3. 2005. Manual - v1.4.eng. Haglöf, Sweden <http://www.bitlib.net/show.php?id=9983761> (28. 1. 2014) 15 p.