



Izazovi primjene mobilnih aplikacija pri utvrđivanju količine sortimenata tvrdih listača

Branko Ursić, Karlo Kosić, Dinko Vusić

Nacrtač – Abstract

Tijekom proizvodnje drvnih sortimenata izmjera je obujma prijeko potrebna od inicijalne faze planiranja proizvodnje, kada se utvrđuje bruto obujam sječine, pa sve do utvrđivanja neto obujma proizvedenih drvnih sortimenata. Podatak o proizvedenoj količini drvnih sortimenata jedan je od operativno najvažnijih podataka kojim se služimo pri određivanju proizvodnosti primijenjenoga sustava pridobivanja drva, utvrđivanju iskorištenosti doznačenoga bruto obujma i na kraju pri prodaji drvnih sortimenata. Neposredno mjerenje na terenu traži značajan utrošak vremena i radne snage, stoga se u posljednje vrijeme sve više istražuju moderne tehnologije radi racionalizacije postupka izmjere obujma. Cilj je ovoga istraživanja bio da se utvrdi razlika između mobilnih aplikacija i referentne metode pri izmjeri obujma složaja višemetarskoga prostornoga drva i promjera čela tehničkih sortimenata. Izmjereni obujam višemetarskoga prostornoga drva mobilnom aplikacijom iFovea odstupao je od $-26,71\%$ do $+8,69\%$, a mobilnom aplikacijom Wood Watcher od $-39,63\%$ do $+51,15\%$ od referentnoga obujma višemetarskoga prostornoga drva. Mobilnom aplikacijom iFovea izmjeren je $4,69\text{ cm}$, a aplikacijom Wood Watcher $5,35\text{ cm}$ manji prosječni promjer čela sortimenta u odnosu na referentnu metodu. Zatim je mobilnom aplikacijom iFovea utvrđeno kako porastom debljinskoga stupnja raste i korijen srednje kvadratne pogreške, dok pri primjeni mobilne aplikacije Wood Watcher nije uočen pravilan trend. Rezultati istraživanja pokazuju nedovoljnu točnost mobilnih aplikacija u istraživanim uvjetima. S druge strane, istraživanje je otkrilo problematiku primjene mobilnih aplikacija pri utvrđivanju obujma i nužnost daljnjih istraživanja u reprezentativnijim uvjetima.

Ključne riječi: izmjera drva, složaj, promjer sortimenta, beskontaktna izmjera, iFovea, Wood Watcher

1. Uvod – Introduction

Izmjera izrađenoga drvnoga obujma jedan je od najvažnijih elemenata u tržišnom odnosu između šumarstva i drvne industrije (Nižić i Borz 2023), a osim kakvoće drvnih sortimenata obujam je važan čimbenik pri određivanju cijene proizvoda (Pásztor i dr. 2019). Metoda utvrđivanja obujma drva prije stavljanja u transport u Republici Hrvatskoj definirana je Pravilnikom o doznaci stabala, obilježbi šumskih proizvoda, teretnom listu (popratnici) i šumskom redu (NN 71/2019). Oblomu tehničkomu drvu određuje se obujam pojedinačnoga komada, dok se višemetarskomu prostornomu drvu obujam može odrediti izmjerom pojedinačnoga komada, prosječ-

nim obujmom komada i brojem komada u složaju ili izmjerom složaja uz primjenu pretvorbenih faktora (NN 71/2019).

Beskontaktna metode mjerenja u šumarstvu posljednjega desetljeća doživjele su ubrzani razvoj zahvaljujući napretku u senzorici, razvoju umjetne inteligencije i obradi podataka. Najveći doprinos pripisuje se primjeni lidara (LiDAR), fotogrametrijskih metoda te niskobudžetnih mobilnih platformi koje su dostupne širem krugu korisnika. Fotooptičkim metodama značajno se može uvećati učinkovitost izmjere. Tomczak i dr. (2023) izračunali su da je moguće izmjeriti $10,5\text{ m}^3/\text{min}$ pri klasičnoj izmjeri složaja i zaključili da se upotrebom

mobilnih aplikacija učinkovitost izmjere značajno povećala.

Pri odabiru metode izmjere, osim utroška vremena, točnost je izmjere posebno bitan parametar. Iako je Pravilnikom (NN 71/2019) propisana ručna izmjera, ne mora nužno značiti da je ona najtočnija. Istražujući točnost ručne izmjere i mjerenja harvesterkim glavama, Hohmann i dr. (2017) utvrdili su kako je harvesterom izmjereni obujam u prosjeku bio manji za 0,45 % (od –3,60 % do 2,08 %) u odnosu na obujam izmjeren tehnikom uranjanja trupaca u vodu, dok je obujam utvrđen ručnom izmjerom u prosjeku bio manji za 7,53 % (od –3,05 % do –12,73 %). Posljednjih godina dosta je istraživana primjena različitih mobilnih aplikacija radi utvrđivanja njihove točnosti (Jodłowski i dr. 2016, Tomczak i dr. 2023, Niță i Borz 2023, Ucar i dr. 2024, Elias i dr. 2025).

Dosadašnja istraživanja točnosti mobilnih aplikacija bila su provedena na složajevima crnogorice (Purfürst i dr. 2023, Tomczak i dr. 2024) i listača ujednačene duljine (Berendt i dr. 2021, Cremer i dr. 2021). Otkrivena je razlika između referentoga obujma, odnosno obujma utvrđenoga ručnom izmjerom i obujma utvrđenoga mobilnim aplikacijama. Referentni je obujam složaja uglavnom bio iskazan u prostornim metrima ili kao kompaktni obujam korištenjem pretvorbenoga faktora nakon što je složaju određena visina, duljina i širina.

U Republici Hrvatskoj provedeno je jedno istraživanje koje se bavilo ocjenom pogodnosti različitih mobilnih aplikacija u šumarstvu na temelju nabavne cijene, ocjena i recenzija drugih korisnika te na temelju jezika aplikacije i učestalosti preuzimanja (Lepoglavec i dr. 2019), dok istraživanja mobilnih aplikacija za utvrđivanje obujma do sada nisu provedena na terenu. Stoga je cilj ovoga istraživanja bio utvrditi mogućnost primjene dviju mobilnih aplikacija pri utvrđivanju obujma višemetarskoga prostornoga drva i promjera čela tehničkih sortimenata.

2. Materijal i metode – *Material and methods*

S obzirom na to da se u Republici Hrvatskoj sortimenti prikrajaju, a zatim i izrađuju prema kvaliteti (eng. *buck to quality*), sortimenti nisu bili jednake duljine pa je istraživanje provedeno u dva dijela. U prvom je dijelu ispitana točnost mobilnih aplikacija pri mjerenju obujma višemetarskoga prostornoga drva (slika 1a), a u drugom dijelu točnost određivanja promjera čela tehničkim sortimentima (slika 1b).

U istraživanju su upotrijebljene dvije mobilne aplikacije: iFovea (slika 2) koja je razvijena u Njemačkoj (https://www.fovea.eu/ifovea_pro_woodpile_measurement?language=en) i Wood Watcher



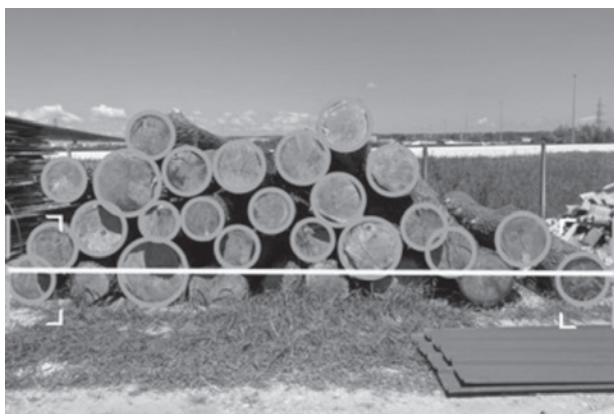
Slika 1. Primjer istraživanih složajeva: a) višemetarskoga prostornoga drva, b) tehničke oblovine

Fig. 1 Example of researched: a) energy wood stacks, b) sawlog stacks

(slika 3) koja je razvijena u Rumunjskoj (<https://woodwatcher.app/>). Obje su instalirane na mobilni uređaj iPhone SE 2022 s ugrađenom kamerom od 12 megapiksela. Mobilne su aplikacije razvijene radi ubrzavanja procesa utvrđivanja obujma na temelju fotografija prikupljenih mobilnim uređajem te pružaju besplatno korištenje tijekom probnoga razdoblja. Sukladno korisničkim uputama tih mobilnih aplikacija, fotografiranje je obavljeno u panoramskom prikazu na udaljenosti 2,0 – 4,0 m od prednje strane složaja, a preklop između fotografija bio je 60 % u slučaju kada se složaj nije mogao obuhvatiti jednom fotografijom. Za svaki pojedini složaj određena je širina složaja mjernom vrpcom koja je potom zajedno s duljinom sortimenata zabilježena u aplikacijama. Na temelju tih dviju vrijednosti aplikacije preračunavaju odnose na fotografiji i izračunavaju promjer obloga drva, a zatim obujam pojedinoga komada i cijeloga složaja.



Slika 2. Primjer izmjerena složaja mobilnom aplikacijom iFovea
Fig. 2 Example of a measured stack by iFovea mobile application



Slika 3. Primjer izmjerena složaja mobilnom aplikacijom Wood Watcher
Fig. 3 Example of a stack measured by Wood Watcher mobile application

2.1 Utvrđivanje obujma višemetarskoga prostornoga drva – *Determination of energy wood volume*

Izmjera višemetarskoga prostornoga drva provedena je na pomoćnom stovarištu sječine koja se nalazila na području UŠP Zagreb, Šumarije Dugo Selo, u gospodarskoj jedinici »Črnoviščak«, na kojoj je provedena sanitarna sječa u sastojini hrasta lužnjaka i običnoga graba. Nakon izvoženja izrađenoga višemetarskoga prostornoga drva na pomoćno stovarište izmjereni su pojedini njegovi komadi klasičnom metodom upotrebom promjerke za utvrđivanje promjera i mjerne vrpce za utvrđivanje duljine izrađenih komada, a potom je formirano sedam složajeva. Kako korištene mobilne aplikacije nemaju mogućnost samostalne izmjere duljine pojedinoga komada, odnosno složaja, promjer je pri klasičnoj izmjeri pojedinačnoga komada višemetarskoga prostornoga drva izmjeran na 2,0 m od čela sortimenta, a zatim je obračun referentnoga obujma i obujma utvrđenoga aplikacijama izračunat na temelju fiksne duljine komada od 4,0 m.

2.2 Utvrđivanje promjera čela tehničkih sortimenata – *Determination of sawlog front end diameter*

Utvrđivanje točnosti aplikacija pri izmjeri promjera kao jedine varijable koju aplikacija mjeri provedeno je na glavnim stovarištima dviju drvnih tvrtki. Tehnički sortimenti bili su razvrstani u pet složajeva, a sastav vrsta drveća bio je kako slijedi: hrast lužnjak (*Quercus robur* L.), hrast kitnjak (*Quercus petraea* /Matt./ Liebl.), obični jasen (*Fraxinus excelsior* L.) i gorski javor (*Acer pseudoplatanus* L.). Svaki pojedinačni složaj bio je izmjeran objema aplikacijama nakon čega je utvrđen promjer čela svakoga pojedinoga sortimenta. S obzirom na to da aplikacije pohranjuju fotografije u internu memoriju mobilnoga uređaja, one su tijekom uredske obrade podataka ponovno učitane preko mobilnih aplikacija kako bi se utvrdilo postoji li odstupanje između izmjere na terenu i izmjere u uredu. Također, aplikacije omogućuju naknadnu korekciju podataka, koja je obavljena tako da se aplikacijom dobivena kružnica (koja predstavlja promjer sortimenta) ručno povećala ili smanjila prema vanjskomu obodu sortimenta, a za one sortimente koje aplikacije nisu same prepoznale, naknadno se dodala kružnica i odredio promjer.

2.3 Obrada podataka – *Data analysis*

Nakon izmjere na terenu te uredske obrade fotografija složaja, kreirane su dvije baze podataka,

jedna za višemetarsko prostorno drvo i druga za tehničku oblovinu u programu MS Excel. U računalnom programu Statistica provedena je statistička analiza kako bi se utvrdilo postoji li statistički značajna razlika između različitih inačica promjera koji je izmjeren pomoću aplikacija i promjera koji je izmjeren klasičnim načinom. U tu je svrhu primijenjena analiza varijance kojoj je prethodilo utvrđivanje normalnosti distribucije izmjerenih podataka. Statistička značajnost postavljena je na $\alpha = 0,05$. Za tehničku oblovinu izračunat je korijen srednje kvadratne pogreške (RMSE) po debljinskim stupnjevima sortimenta i za sve izmjerene sortimente u programu MS Excel.

3. Rezultati s raspravom – Results and discussion

3.1 Točnost izmjere obujma višemetarskoga prostornoga drva – Accuracy in determination of energy wood volume

Obujam pojedinoga složaja s obzirom na metodu izmjere prikazan je u tablici 1 te su prikazana odstupanja u utvrđenom obujmu između korištenih mobilnih aplikacija i obujma koji je izračunat referentnom metodom. Mobilnom aplikacijom iFovea utvrđeno je odstupanje u rasponu od $-26,71\%$ do $+8,69\%$, a mobilnom aplikacijom Wood Watcher značajno veće odstupanje u rasponu od $-39,63\%$ do $+51,15\%$ u odnosu na obujam složaja utvrđen izmjerom pojedinačnoga komada u složaju. Razloge u značajnom odstupanju utvrđenoga obujma istraživanim mobilnim aplikacijama od referentnoga obujma treba potražiti u prvom redu u nepravilnom izgledu čela višemetarskoga prostornoga drva na temelju kojega aplikacije određuju promjer pojedinačnoga komada, a zatim i obujam složaja. Naime, u pojedinim složajevima višemetarskoga prostornoga drva bile su prisutne značajne međuprostorne praznine koje su prepoznate kao čelo višemetarskoga prostornoga drva. Nadalje, s obzirom na to da je višemetarsko prostorno drvo proizvedeno od tvrdih listača, koje se uglavnom proizvodi iz krošnje stabla, pojedinačni su komadi također često bili nepravilna oblika, što je otežalo formiranje pravilnih složajeva kakvi se mogu primjerice očekivati pri formiranju složajeva tehničke oblovine ili višemetarskoga prostornoga drva crnogoričnih vrsta drveća. Zatim, relativno mali obujam pojedinoga složaja bio je uvjetovan vrstom sijeka, odnosno malim obujmom sanitarne sječe.

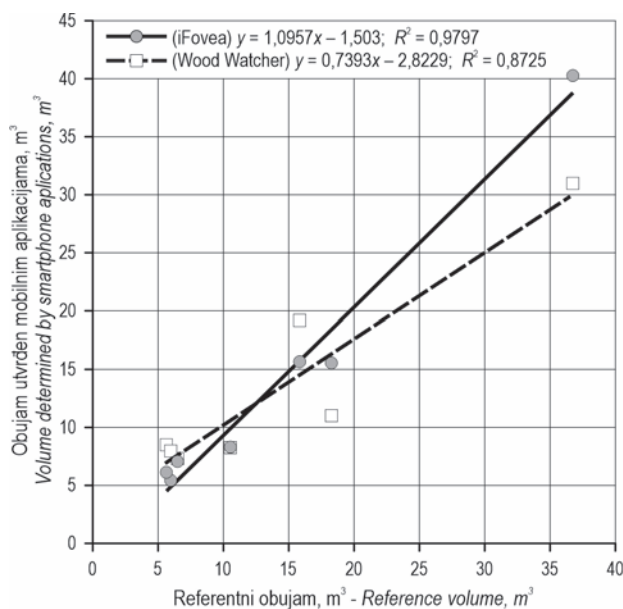
Tablica 1. Podaci o izmjerenom obujmu složajeva višemetarskoga prostornoga drva

Table 1 Data of measured energy wood stack volume

Redni broj složaja Number of stack	Referentni obujam Reference volume	iFovea	Wood Watcher	Odstupanje iFovea Deviation of iFovea	Odstupanje Wood Watcher Deviation of Wood Watcher
		m ³		%	
1	15,85	15,67	19,22	-1,15	21,26
2	36,77	40,27	30,99	8,69	-15,72
3	18,27	15,57	11,03	-17,34	-39,63
4	10,53	8,31	8,28	-26,71	-21,37
5	5,97	5,45	7,98	-9,54	33,67
6	5,63	6,15	8,51	8,46	51,15
7	6,49	7,09	7,32	8,46	12,79

Dosadašnja istraživanja primjene mobilne aplikacije iFovea pokazala su odstupanje pri izmjeri složaja od $1,01\%$ u odnosu na klasičnu izmjeru složaja i primjenu pretvorbenih faktora u Poljskoj (Jodłowski i dr. 2016). Nadalje, odstupanje je zabilježeno u rasponu od $0,46\%$ do $0,89\%$ za tehničko drvo, dok je pri izmjeri celuloznoga drva odstupanje bilo u rasponu od $1,89\%$ do $1,97\%$ (Cremer i Blasko 2017). Pri izmjeri složajeva tvrdih listača utvrđeno je odstupanje od $-5,21\%$ do $0,53\%$ (Berendt i dr. 2021). Nadalje, Tomczak i dr. (2024) pri izmjeri obujma složaja mobilnom aplikacijom iFovea utvrdili su odstupanje od $8,07\%$ u odnosu na referentni obujam. Osim načina upotrebe mobilne aplikacije, vrste drva te veličine pojedinoga istraživanoga složaja, na izračun odstupanja može utjecati i različitost utvrđivanja referentnoga obujma s obzirom na to da se u navedenim državama primjenjuju drugačiji propisi.

Koeficijent determinacije (slika 4) pri izjednačenju ovisnosti aplikacijom izmjerena obujma o referentnom obujmu kod obje je aplikacije bio vrlo visok: $0,98$ za mobilnu aplikaciju iFovea i $0,87$ za mobilnu aplikaciju Wood Watcher. Iako taj podatak ne govori mnogo o točnosti same izmjere, tj. o odstupanju mobilnom aplikacijom izmjerena obujma od referentnoga obujma, može se zaključiti kako mobilna aplikacija iFovea pokazuje bolju povezanost s referentnim obujmom u odnosu na mobilnu aplikaciju Wood Watcher, odnosno, podjednako griješi neovisno o samom obujmu složaja. Slične rezultate dobili su Ucar i dr. (2024) koji su pri primjeni mobilne aplikacije iFovea dobili koeficijent determinacije $0,97$ u odnosu na aplikaciju Timbeter, gdje je koeficijent determinacije bio nešto niži, odnosno $0,92$.



Slika 4. Odnos u utvrđenom obujmu između ručne izmjere i korištenih aplikacija

Fig. 4 Relation between volumes determined by manual measurement and smartphone applications

3.2 Točnost izmjere promjera čela obloga drva – Accuracy of front end diameter measurement

Istraživanje točnosti mobilnih aplikacija pri izmjeri promjera čela tehničkih sortimenata provedeno je na ukupno 143 komada obloga drva. Referentnom metodom utvrđen je prosječni promjer čela sortimenta od $51,68 \pm 9,94$ cm, dok je mobilnom aplikacijom iFovea prosječni promjer sortimenta iznosio $46,99 \pm 15,87$ cm, a mobilnom aplikacijom Wood Watcher $46,33 \pm 11,65$ cm (tablica 2). Osim toga, obje su aplikacije prepoznale manji broj sortimenata u složaju, što je izravno utjecalo na manji prosječni promjer s većom standardnom devijacijom. S druge strane, daljnjom obradom snimljenih fotografija, odnosno njihovim ponovnim učitavanjem u aplikaciju povećala se točnost. Najveća je točnost postignuta nakon provedene ručne korekcije svakoga pojedinačnog promjera sortimenta, što je zahtijevalo značajan utrošak vremena te samim time smanjilo prihvatljivost upotrebe mobilnih aplikacija.

Tablica 2. Deskriptivna statistika izmjerenih promjera čela tehničkih sortimenata

Table 2 Descriptive statistics of measured sawlogs front end diameter

Metoda Method	Broj izmjerenih sortimenata Number of measured logs	Prosjeak Average	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Standardna devijacija Standard deviation	Odstupanje od ručne izmjere Deviation from manual measurement
						cm
Ručna izmjera Manual measurement	143	51,68	27,00	75,00	9,94	–
iFovea ^T	132	46,99	0,00	73,00	15,87	–9,08
iFovea ^U	138	48,36	0,00	74,00	13,52	–6,42
iFovea ^K	143	51,01	26,00	73,00	9,64	–1,30
Wood Watcher ^T	140	46,33	0,00	69,00	11,65	–10,35
Wood Watcher ^U	137	47,56	0,00	70,00	13,61	–7,97
Wood Watcher ^K	143	50,87	26,00	74,00	9,70	–1,57

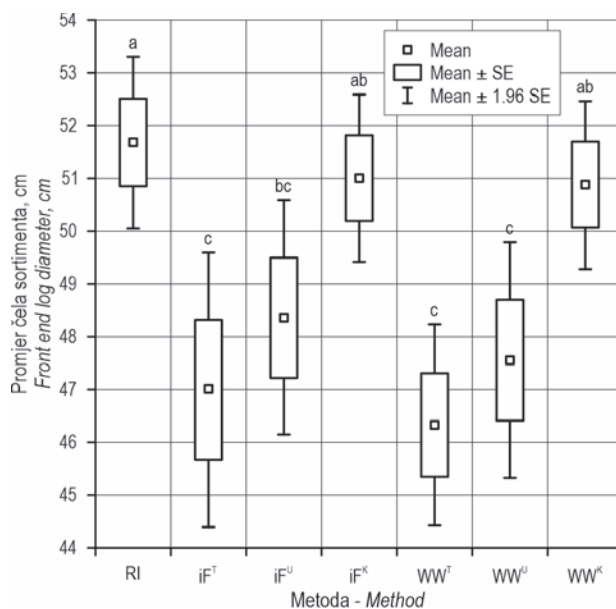
^T – Podatak prikupljen aplikacijom na terenu – Data of field measurement

^U – Podatak prikupljen ponovnim učitavanjem fotografije u ured – Data of measurement after reloading photos in the office

^K – Podatak nakon provedene ručne korekcije automatski prikupljenih podataka – Data after manual correction of automatically collected data

Analizom varijance utvrđeno je kako postoji statistički značajna razlika između istraživanih metoda izmjere promjera obloga drva ($F = 4,54; p < 0,01$). Obje su aplikacije imale statistički značajno različiti prosječni promjer čela sortimenta u odnosu na referentnu metodu izmjere, dok se prosječni promjer čela sortimenta nakon provedene uredske korekcije promjera čela sortimenta nije statistički značajno razlikovao od referentne izmjere (slika 5).

Na kraju je izračunat korijen srednje kvadratne pogreške (RMSE) u onim debljinskim stupnjevima u kojima je bilo više od 10 sortimenata i za cjelokupan raspon debljinskih stupnjeva (tablica 3). Općenito je do debljinskoga stupnja 62,5 cm rasla i standardna pogreška neovisno o metodi izmjere, dok je s druge strane RMSE unutar istoga debljinskoga stupnja u mobilnoj aplikaciji iFovea padao s povećanjem stupnja dorade prikupljenih podataka, tj. pogreška je bila najveća u slučaju podatka koji je prikupljen na terenu, a najmanja nakon korekcije promjera u uredu.



Slika 5. Prikaz statistički značajnih razlika između istraživanih metoda izmjere (RI – ručna izmjera; iF – iFovea; WW – Wood Watcher; ^T – podatak prikupljen aplikacijom na terenu; ^U – podatak prikupljen ponovnim učitavanjem fotografije u uredu; ^K – podatak nakon provedene ručne korekcije automatski prikupljenih podataka)

Fig. 5 Presence of statistically significant differences between the researched measurement methods (RI – manual measurement; iF – iFovea; WW – Wood Watcher; ^T – data of field measurement; ^U – data of measurement after reloading photos in the office; ^K – data after manual correction of automatically collected data)

Tablica 3. Korijen srednje kvadratne pogreške po metodama i debljinskim stupnjevima

Table 3 Data of root mean squared error along measurement methods and diameter classes

Debljinski stupanj, cm Diameter class, cm	Broj trupaca Number of logs	iFovea ^T	iFovea ^U	iFovea ^K	Wood Watcher ^T	Wood Watcher ^U	Wood Watcher ^K
		RMSE, cm					
37,5	10	5,6	4,2	1,7	4,4	12,1	1,5
42,5	22	9,2	9,8	1,7	4,9	9,3	1,2
47,5	27	9,8	13,4	1,9	10,4	3,8	1,5
52,5	25	20,9	15,1	2,3	6,4	11,8	1,8
57,5	22	21,8	5,8	2,7	18,8	13,2	2
62,5	17	3,8	7,5	2,7	8,6	5,9	2,6
27,5–77,5	143	14,4	10,4	2,4	10,4	9,9	1,9

^T – Podatak prikupljen aplikacijom na terenu – Data of field measurement

^U – Podatak prikupljen ponovnim učitavanjem fotografije u uredu – Data of measurement after reloading photos in the office

^K – Podatak nakon provedene ručne korekcije automatski prikupljenih podataka – Data after manual correction of automatically collected data

4. Zaključak – Conclusions

Laka dostupnost, a opet s druge strane nedovoljna istraženost mobilnih aplikacija za izmjeru obujma drvnih sortimenata u Republici Hrvatskoj bila je glavni razlog provođenja ovoga istraživanja. U istraživanim uvjetima mobilne aplikacije nisu postigle zadovoljavajuće rezultate pri utvrđivanju obujma i promjera, ali su otvorile problematiku njihove primjene. Naime, upotreba aplikacije traži pravilne složajeve jednake duljine, što se nije moglo postići jer je sječa i izrada provedena ručno-strojno sortimentnom metodom u sječini tvrdih listača. Osim toga, stvarna duljina pojedinih komada višemetarskoga prostornoga drva bila je neujednačena, što je također utjecalo na nepravilan izgled složajeva. Uz to broj, ali i veličina složaja uglavnom je bila značajno manja nego što je to do sada bilo uobičajeno u sličnim istraživanjima. Nužnost daljnjih istraživanja mobilnih aplikacija za izračun obujma drvnih sortimenata podržana je činjenicom da je naknadnom korekcijom promjera čela tehničkih sortimenata utvrđenih aplikacijom značajno povećana točnost izmjere. Također, daljnja istraživanja trebalo bi usmjeriti na reprezentativnije složajeve, kao što su složajevi nakon provedene sječe i izrade harvesterom i/ili u sječinama crnogorice gdje su sortimenti uglavnom ujednačene duljine.

5. Literatura – References

- Berendt, F., F. Wolfgramm, T. Cremer, 2021: Reliability of photo-optical measurements of log stack gross volume. *Silva Fennica*, 55(3): 10555. <https://doi.org/10.14214/sf.10555>
- Cremer, T., L. Blasko, 2017: Analyse der fotooptischen Vermessung von Kiefernstammund – industrieholz im Vergleich zum Sektionsraumaß. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung*, 188(7/8): 127–139. <https://doi.org/10.23765/afz0002002>
- Elias, M., G. O. Forkuo, G. Picchi, C. Nati, S. A. Borz, 2025: Accuracy of a novel smartphone-based log measurement app in the prototyping phase. *Sensors*, 25 (18): 5847. <https://doi.org/10.3390/s25185847>
- Hohmann F., A. Ligocki, L. Frerichs, 2017: Harvester measuring system for trunk volume determination: comparison with real trunk volume and applicability in the forest industry. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov*, 10(59): 27–33.
- Jodłowski, K., T. Moskalik, R. Tomusiak, W. Sarzyński, 2016: The use of photo-optical systems for measurement of stacked wood. *Proceedings of the 49th FORMEC Symposium*, Warsaw, Poland: 306.
- Lepoglavec, K., M. Landekić, M. Kanižaj, H. Nevečerel, M. Šporčić, 2019: Mobilne aplikacije – korisna inovacija u šumarstvu? *Nova mehanizacija šumarstva*, 40: 79–89. <https://doi.org/10.5552/nms.2019.8>
- Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i ribarstva, 2019: Pravlinik o doznaci stabala, obilježbi šumskih proizvođača, teretnom listu (popratnici) i šumskom redu. *Narodne novine* 71/2019, p. 35.
- Niță M. D., S. A. Borz, 2023: Accuracy of a smartphone-based freeware solution and two shape reconstruction algorithms in log volume measurements. *Computers and Electronics in Agriculture*, 205: 107653. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107653>
- Pásztor, Z., B. Heinzmann, M. C. Barbu, 2019: Comparison of different stack measuring methods. *Siberian Journal of Forest Science*, 3: 5–13. <https://doi.org/10.15372/SJFS20190301>
- Purfürst, T., F. De Miguel-Díez, F. Berendt, B. Engler, T. Cremer, 2023: Comparison of wood stack volume determination between manual, photo-optical, iPad-LiDAR and handheld-LiDAR based measurement methods. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 16(4): 243–252. <https://doi.org/10.3832/ifer4153-016>
- Tomczak, K., M. Piotrowski, P. Hochmańska-Kaniewska, R. Gasiowski, P. S. Mederski, A. Tomczak, 2023: Accuracy, repeatability and time-consumption of selected wood measurement methods. *Proceedings of the 55th International Symposium on Forest Mechanization (FORMEC) and the 7th Forest Engineering Conference*, Florence, Italy, p. 88.
- Tomczak, K., P. S. Mederski, B. Naskrent, A. Tomczak, 2024: Accuracy of photo-optical timber measurement using stereo camera technology. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 45(1): 157–167. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2024.2268>
- Ucar, Z., R. Eker, E. Bilici, A. E. Akay, 2024: Evaluating the use of smartphone applications for log stacks volume measurement in Turkish forestry practices. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 45(2): 263–276. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2024.2398>

Abstract

Challenges in Broadleaf Roundwood Volume Determination by Using Smartphone Applications

Accurate volume determination is critical throughout the assortment production process, from the initial estimation of gross volume at the felling site to the final calculation of net volume for produced assortments. Quantitative data on produced assortments is essential for assessing the production rate of harvesting systems, evaluating volume recovery rates, and facilitating timber trade. Recent research has increasingly focused on modern measurement technologies, as direct field measurement is time-consuming and labor-intensive. This study investigated differences in energy wood stack volume determination and saw log front end diameter measurement between a reference method and two smartphone applications. Deviations in energy wood stack volume determination ranged from -26.71% to +8.69% for iFovea and from -39.63% to +51.15% for Wood Watcher. The average measured front end saw log diameter was 4.69 cm lower for iFovea and 5.35 cm lower for Wood Watcher compared to the reference method. Furthermore, the iFovea application exhibited an increase in root mean square error with larger diameter classes, whereas Wood Watcher did not display a consistent trend. The findings indicate that the evaluated mobile applications lack sufficient accuracy for volume determination in research conditions, highlighting the need for further research under more representative conditions.

Keywords: timber measurement, wood stack, log diameter, contactless measurement, iFovea, Wood Watcher

Adrese autorâ – Authors' addresses:

Branko Ursić, mag. ing. silv.*
e-pošta: bursic@sumfak.unizg.hr
Izv. prof. dr. sc. Dinko Vusić
e-pošta: dvusic@sumfak.unizg.hr
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet šumarstva i drvne tehnologije
Svetošimunska cesta 23
10000 Zagreb
HRVATSKA

Karlo Kosić, mag. ing. silv.
e-pošta: karlo.kosic123@gmail.com
Ulica Željka Sabola 12
10360 Sesvete
HRVATSKA

Primljeno (*Received*): 10. 10. 2025.

Prihvaćeno (*Accepted*): 29. 10. 2025.

Izvorni znanstveni rad – *Original scientific paper*

*Glavni autor – *Corresponding author*