

OPTIMIZACIJA IZRAČUNAVANJA FAKTORA PRIVLAČENJA DRVETA NA PODRUČJU Š.G. "PRIJEDOR" PRIJEDOR

OPTIMIZATION OF WOOD SKIDDING FACTOR CALCULATION IN THE AREA OF FM „PRIJEDOR“ PRIJEDOR

Vladimir Petković¹, Dane Marčeta^{1*}, Darko Ljubojević², Igor Potočnik³

¹Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, Stepe Stepanovića 75A, 78000 Banja Luka, BiH

²JPS "Šume Republike Srpske" a.d. Sokolac, Š.G. "Prijeđor", Vuka Karadžića 4/II, 71101, Prijeđor, BiH

³Univerzitet u Ljubljani, Biotehnički fakultet, Jamnikarjeva 101, 1000, Ljubljana, Slovenija

*e-mail: dane.marceta@sf.unibl.org

Izvod

Transport drveta je jedna od najskupljih faza u proizvodnji drveta. Obično se sastoji iz tri faze: primicanje, privlačenje i transport drveta kamionima. Prva i druga faza su najvažnije sa aspekta troškova transporta. Oni zavise od udaljenosti mjesta sječe stabala u šumi do najbližeg šumskog puta. Ta udaljenost je distanca privlačenja. Određivanje distance privlačenja je veoma važno za operativno planiranje u šumarstvu zbog toga što je to jedan od indikatora otvorenosti šume. Vrijednost distance privlačenja može biti određena na više načina: mjerenjem na terenu po vlakama, računanjem uz pomoć matematičkih modela i uz pomoć geografskih informacionih sistema (GIS). Distance privlačenja mogu biti geometrijske i stvarne. Geometrijska distanca je dobijena uz pomoć GIS programa, a definisana je kao udaljenost između težišta odjela i najbliže tačke na šumskom putu. Stvarna distanca privlačenja je izačunata na bazi dužina vlaka. Faktor privlačenja je izračunat kao odnos između stvarne i geometrijske distance. On je upoređen sa faktorima privlačenja za slične terenske i reljefne uslove, zbog toga što zavisi od nagiba terena i prisustva prepreka na površini terena. Vlaka su snimljene uz pomoć GPS uređaja u 27 odjela na području P.J. „Prosara“ i P.J. „Kozara-Mlječanica“ u šumskoprivrednom području „Kozaračko“, Bosna i Hercegovina.

Gljučne riječi: distanca, DTM, GPS, privlačenje, transport

1. UVOD / INTRODUCTION

U šumarskoj proizvodnji, drvene sortimente koji se dobijaju iz oboreni stabala je potrebno transportovati do tržišta. Transport ovih sortimenata se sastoji iz dvije faze: faza privlačenja i faza prevoza. U odnosu na primjenjeno transportno sredstvo i tehnologiju rada, transportna faza privlačenja se sastoji od podfaze privlačenja vitlom do traktorske vlake po kojoj se kreće taktor i podfaze privlačenja traktorom po vlaci do stovarišta na kamionskom putu. Prevoz podra-

zumijeva prevoz sortimenata kamionima po šumskim i javnim putevima do prerađivačkih kapaciteta ili potrošača. Transport je veoma značajan i najskuplji dio proizvodnje šumskih drvnih sortimenata. Prema Sokolović & Bajrić (2013) troškovi transporta se kreću oko 80% od ukupnih troškova proizvodnje drvnih sortimenata. Troškovi privlačenja drveta traktorima po vlaci na istoj udaljenosti su 20–30 puta veći nego troškovi prevoza kamionima po šumskim

putevima (Jeličić, 1983), dok su prema Rebuli (1986) direktni troškovi u prvom slučaju 24–40 puta veći od troškova prevoza kamionima.

Srednja udaljenost privlačenja predstavlja udaljenost od sječine, odnosno mjesta izrade sortimenta do kamionskog puta ili međustovarišta pored njega. U odnosu na način na koji se određuje, srednja udaljenost privlačenja se dijeli na teoretsku, geometrijsku i stvarnu.

Teoretska udaljenost privlačenja dobija se na osnovu formula iz teoretskog modela kod koga su putevi u pravilnim geometrijskim oblicima. Ovakvi modeli mogu da se primjenjuju u ravničarskim područjima, dok u brdskim i planinskim područjima kod kojih mreža kamionskih puteva u velikoj mjeri odstupa od pravilnih geometrijskih oblika praktično nema nikakav značaj. Međutim, u onim slučajevima u kojima nije moguće utvrđivanje geometrijske ili stvarne udaljenosti privlačenja, ovakav teoretski model uz korišćenje odgovarajućih korekcionih faktora može da se koristi kao orijentaciona vrijednost.

Kako se prilikom analize udaljenosti i troškova privlačenja za privrednu jedinicu, jedan njen dio ili za pojedine odjele često ne raspolaže podacima o dužini traktorskih vlaka i sekundarnoj otvorenosti, za ocjenu srednje udaljenosti privlačenja koristi se pravolinijsko rastojanje od težišta odgovarajuće šumske površine i kamionskog puta. Prilikom određivanja vrijednosti srednje udaljenosti privlačenja polazi se od pretpostavke da je drvna masa ravnomjerno raspoređena po šumskoj površini i da je težište te površine ujedno i težište koncentracije drvene mase. Ovako određena udaljenost privlačenja predstavlja geometrijsku srednju udaljenost privlačenja. Geometrijska srednja udaljenost privlačenja je kraća od stvarne za vrijednost faktora korekcije usljed produženja distance zbog nagiba i zaobilazanja površinskih prepreka. Geometrijska srednja transportna distanca privlačenja određuje se analitičkim metodama ili primjenom savremenih alata koji su zasnovani na geografskom informacionom sistemu (GIS).

U onim slučajevima u kojima raspolaže podacima o položaju i dužini traktorskih vlaka u odjelu, određuje se stvarna srednja udaljenost privlačenja. Stvarna srednja udaljenost privlačenja određuje se

pomoću formula na osnovu stvarnih dužina na kojima se privlačenje obavlja.

Kako navedene varijante srednje udaljenosti privlačenja mogu da zauzimaju različite međusobne odnose, Dietz et al. (1984) definišu tri faktora korekcije: (i) mrežni faktor korekcije za pretvaranje teoretske u geometrijsku srednju udaljenost privlačenja, (ii) faktor korekcije privlačenja za pretvaranje geometrijske u stvarnu srednju udaljenost privlačenja i (iii) sveukupni faktor korekcije teoretske srednje udaljenosti privlačenja kojim se vrši pretvaranje teoretske u stvarnu udaljenost privlačenja.

Različite varijante srednje udaljenosti privlačenja uz primjenu korekcionih faktora dobijamo po sljedećim obrascima (Pentek et al., 2004):

$$Sd_g = Sd_t \cdot k_M \quad (1)$$

$$Sd_s = Sd_g \cdot k_G \quad (2)$$

$$Sd_s = Sd_t \cdot k_s \quad (3)$$

gdje je: Sd_t - teoretska srednja udaljenost privlačenja, Sd_g - geometrijska srednja udaljenost privlačenja, Sd_s - stvarna srednja udaljenost privlačenja, k_M - mrežni faktor korekcije, k_G - faktor korekcije privlačenja, k_s - sveukupni faktor korekcije teoretske srednje udaljenosti privlačenja.

Srednja udaljenost privlačenja zavisi od položaja šumskih puteva u odnosu na sječinu, njihovog međusobnog rastojanja, terenskih i sastojinskih prilika i gustine šumskih puteva.

Klemenčić (1939) je analizirao uticaj oblika mreže šumskih puteva i udaljenosti privlačenja za istu dužinu puta i na istoj površini šume i dobio odnos dužine privlačenja i koeficijenta privlačenja.

Za istu gustinu šumskih puteva bolje su otvorene ravničarske šume, jer se drvna masa može privlačiti sa obe strane puta, najčešće pravolinijski. U brdsko-planinskim područjima distanca privlačenja se produžuje jer se drvo vuče po nagnutom terenu, krivudavim putanjama, a većim dijelom se privlači na gornju stranu šumskog puta (Sokolović & Bajrić, 2013).

Srednja udaljenost privlačenja može se odrediti i kao ponderisana sredina gdje se kao ponderi

koriste površina sječina ili posječena drvena masa koju je potrebno privući do šumskog puta (Nikolić, 1993).

Na osnovu postojeće ili optimalne gustine puteva može se izračunati postojeća i ciljana srednja transportna distanca privlačenja (Pičman, 2007).

Dok se vrijednost teoretske srednje udaljenosti privlačenja i danas određuje na isti način kao u prošlosti, savremeni softveri bazirani na geografskom informacionom sistemu omogućavaju jednostavnije, brže i tačnije određivanje težišta, prije svega nepravilnih površina, a potom i određivanje geometrijske udaljenosti težišta od najbližeg šumskog puta.

Geometrijska srednja transportna distanca privlačenja dobijena analitički ili pomoću GIS-a mora se pomnožiti sa faktorom korekcije distance kako bismo dobili stvarnu srednju transportnu distancu privlačenja. S obzirom da predstavlja uvećanje dužine puta po kojem se traktor pri privlačenju kreće u odnosu na pravu liniju uzrokovano horizontalnim i vertikalnim izvijanjem trase, u odnosu na konfiguraciju terena, razvedenost šumskog područja i prisustvo površinskih prepreka, ovaj faktor može da se kreće u relativno širokim intervalima čak i unutar iste privredne jedinice ili istog reljefnog područja.

Prema Segebaden (1964) u uslovima Švedske korekcionni faktor geometrijske srednje transportne distance privlačenja za nizijsko područje iznosi 1,2, a za planinsko 1,5.

Faktor produženja distance po FAO (1974) se kreće od 1,6 do 2,0 za ravničarske terene i 3,6 za strme, (Lotfalian et al., 2011).

Prema Nikoliću (1993) koeficijent zaobilženja prepreka k se kreće od 1,1 do 1,2, a produženje distance zbog nagiba kao $1/\cos\alpha$, α -ugao nagiba zemljišta.

Po Abegg-u (1978) koeficijent produženja distance kreće od 1,15 za ravnicu do 1,65 za planinu sa prosječnom vrijednošću od 1,44. Sveukupni faktor za nizijsko i brežuljkasto područje iznosi 1,8.

Stankić (2010) prilikom izvoženja drveta forvarderima je utvrdio faktor korekcije distance privlačenja u rasponu od 1,2 do 2,5, a kao srednju vrijednost usvaja 1,3.

Koeficijent razvijanja linija za privlačenja drveta kojim se vrši transformacija geometrijske u stvarnu srednju transportnu distancu privlačenja zavisi od produženja distance zbog nagiba i zbog krivudanja. Nagibi se kreću od 5% do 100%. Ovaj faktor se kreće od 1,101 do 2,687 (Sokolović & Bajrić, 2013).

Petković et al. (2015) su utvrdili da prosječan koeficijent privlačenja za nizijsko-brdske uslove u P.J. „Prosara“, Š.G. „Gradiška“ iznosi 1,5.

Ako imamo u vidu značaj srednje transportne distance kao jednog od četiri pokazatelja otvorenosti šuma, pored apsolutne i relativne otvorenosti i koeficijenta efikasnosti otvaranja, onda se faza privlačenja sortimenata izdvaja kao jedna od najvažnijih faza transporta. Određivanje srednje udaljenosti privlačenja nameće se kao jedan od najvažnijih zadataka naročito u procesu planiranja otvaranja šuma. Gradnja jednog šumskog puta, kako bi se povećala otvorenost šume, može se smatrati ekonomski opravdanom ako je rezultat skraćenje srednje transportne distance (Sokolović & Bajrić, 2013).

Osnovni ciljevi ovog rada su: određivanje geometrijske daljine privlačenja, određivanje stvarne daljine privlačenja po vlakama, određivanje faktora korekcije geometrijske daljine privlačenja na stvarnu i poređenje dobijenih faktora sa već poznatim za dato reljefno područje i nagib terena.

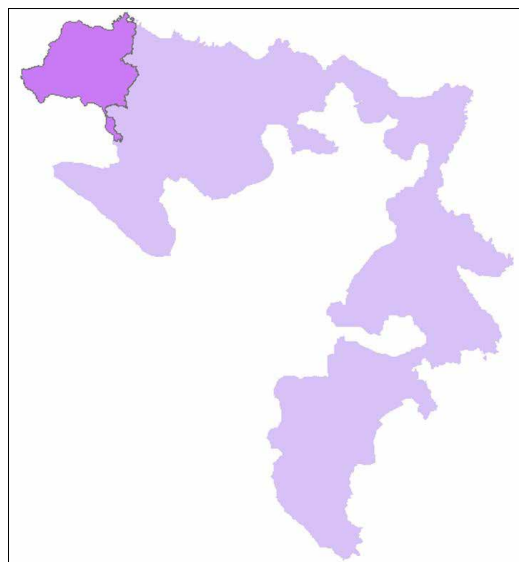
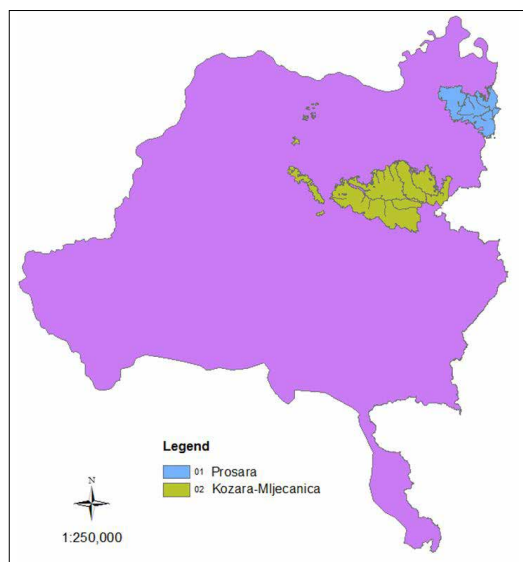
2. MATERIJAL I METODE / MATERIAL AND METHODS

Područje istraživanja obuhvata dvije privredne jedinice i to P.J. „Prosara“ i P.J. „Kozara-Mlječanica“. One su smještene u sjevero-

zapadnom dijelu Republike Srpske u okviru šumskoprivrednog područja kozaračkog kojim gazduje Š. G. „Prijedor“.

P.J. „Prosara“ (Slika 1) nalazi se na planini Prosara, koju karakteriše mala nadmorska visina, sa najvišom kotom od 363 metra spada u područje niskih planina, dok je najveća visina u dijelu koji obuhvata privredna jedinica 233 metra. Površina iznosi 3129,26 ha. Od ukupne površine, visoke šume pokrivaju 1887 ha ili

60,3%, izdanačke šume 970 ha ili 31% dok se na površini od 256 ha ili 8,2% nalaze šumske kulture. Ukupni etat za desetogodišnji planski period iznosi 179 380 m³. U okviru ove privredne jedinice analizirana je mreža sekundarnih komunikacija u odjelima: 4/1, 12/1, 14/1, 15, 17, 18, 67/2, 71 i 73.



Slika 1. Područje istraživanja / Figure 1. Research area

P.J. „Kozara-Mlječanica“ predstavlja tipični planinski reljef Kozare sa izrazito strmim padinama i uskim dolinama kanjionskog tipa. Dok je sa jedne strane po pitanju reljefa možda i najnepovoljnija privredna jedinica u šumskoprivrednom području, sa stanovišta kvaliteta i kvantiteta drvene zalihe predstavlja najvrijedniju. Ukupna površina iznosi 8849,72 ha, a analizom su obuhvaćeni odjeli 3, 11/2, 192, 25, 36, 37, 39/1, 39/2, 41, 42, 49/1, 49/2, 50, 66, 69, 7/2, 72 i 74. Desetogodišnji sječivi etat iznosi 587 568 m³.

U P.J. „Prosara“, analizom je obuhvaćeno 9 odjela, dok je u P.J. „Kozara-Mlječanica“ analizirano 18 odjela. U svim odjelima, mreža traktorskih vlaka snimljena je GPS uređajem u toku izrade Izvedbenih projekata. U cilju analize odnosa između različitih vrsta srednje udaljenosti privlačenja, ali i određivanja faktora korekcije u izabranim odjelima u obje privredne jedinice određene su geometrijska i stvarna srednja udaljenost

privlačenja. Prema utvrđenim dužinama snimljenih vlaka, za svaki odjel određena je sekundarna otvorenost.

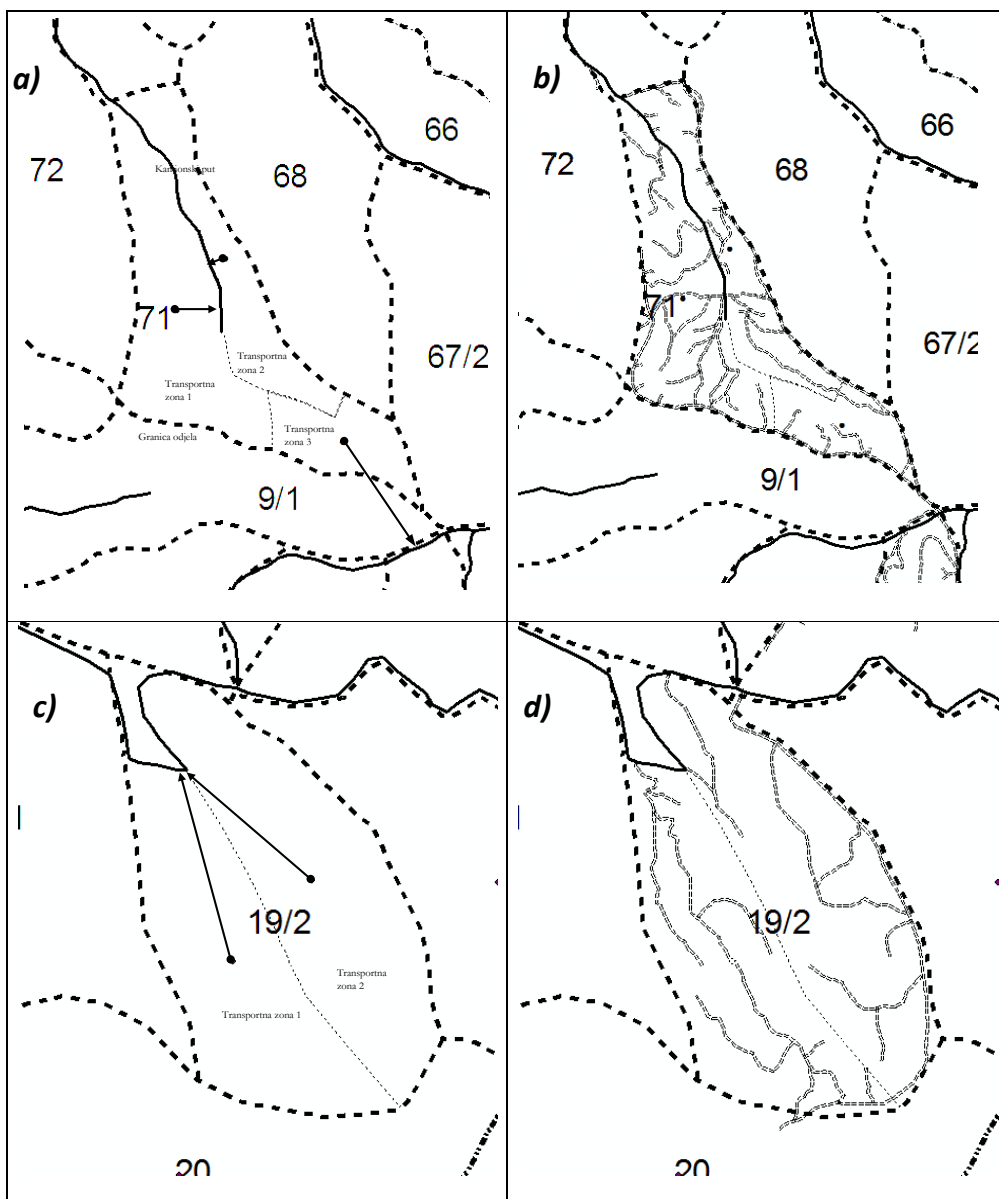
2.1 Određivanje geometrijske daljine privlačenja / Determination of geometric skidding distance

Geometrijska udaljenost privlačenja određena je kao pravolinijsko rastojanje od težišta odjela, odnosno transportne zone do najbližeg kamionskog puta pomoću GIS-a. Kako se na njih vrši privlačenje, kod određivanja otvorenosti i srednje udaljenosti privlačenja, u obzir su uzeti i sezonski kamionski putevi. Na ovaj način je ispunjena njihova funkcija smanjivanja srednje udaljenosti privlačenja.

Geometrijska srednja udaljenost privlačenja određena je po transportnim zonama za koje je određena i stvarna srednja udaljenost privlačenja. Kako je u prostornom pogledu ob-

lik odjela uslovljen reljefom, a položaj puta u odnosu na njega može da budu različiti, gotovo u svakom konkretnom slučaju izdvojeno je nekoliko transportnih zona za koje određivanje jedinstvenog težišta nije moguće. Dakle, u ovom slučaju primjenjena je parcijalna težišna

metoda određivanja geometrijske i stvarne srednje udaljenosti privlačenja (Slika 2). Srednja geometrijska udaljenost privlačenja za cijeli odjel određena je kao ponderisana aritmetička sredina pri čemu su kao ponderi korišćene površine transportnih zona.



Slika 2. Položaj transportnih zona (a) i mreža traktorskih vlaka (b) u odjelu 71, P.J. „Prosara“; položaj transportnih zona (c) i mreža traktorskih vlaka (d) u odjelu 19/2, P.J. „Kozara-Mlječanica“ / **Figure 2.** Position of transport zones (a) and skidding trails network (b) in compartment 71, FMU „Prosara“; position of transport zones (c) and skidding trails network (d) in compartment 19/2, FMU „Kozara-Mlječanica“

Transportna zona predstavlja dio odjela koji se u smislu privlačenja karakteriše jednom od sljedećih karakteristika: (i) privlačenje se obavlja na jedno stovarište, (ii) privlačenje se obavlja na više stovarišta, a dio odjela sa kojeg se privlači u odnosu na konfiguraciju terena i položaj puta predstavlja jedinstvenu transportnu cjelinu, (iii) privlačenje se obavlja na jedan put koji prolazi rubom odjela, (iv) privlačenje se obavlja na jedan put koji prolazi rubom odjela ali je iz razloga karakteristika reljefa moguće izdvajanje dvije ili više transportnih cjelina između kojih se javljaju ekstremne razlike po pitanju stvarne srednje udaljenosti privlačenja, (v) privlačenje se obavlja na jednu stranu puta koji odjel dijeli na jednu ili više transportnih cjelina, (vi) privlačenje se obavlja u različitom smjeru, odnosno uzbrdo ili nizbrdo. Broj transportnih zona, samim tim, zavisi od karakteristika odjela, njegove veličine, položaja puta u odnosu na odjel, dužine puta koja otvara odjel i sl. i u ispitivanim slučajevima kreće se od 1 do 9. Ukupano je formirano 40 transportnih zona u P.J. „Prosara“ i 58 u P.J. „Kozara-Mlječanica“.

2.2 Određivanje stvarne daljine privlačenja / Determination of real skidding distance

Stvarna srednja udaljenost privlačenja po traktorskim vlakama za svako stovarište, transportnu zonu i ukupno za odjel, određena je na osnovu obrasca (4):

$$Sd_s = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \left(\frac{L_i}{2} + a_i \right)}{\sum_{i=1}^n L_i} \quad (4)$$

gdje je: Sd_s – stvarna srednja udaljenost privlačenja; L_i – dužina i-te vlake; a_i – dužina distance do i-te vlake.

Kao što je navedeno, stvarna srednja udaljenost privlačenja određena je za svaku transportnu zonu na osnovu stvarne dužine vlaka koja se u svakoj zoni nalazi. Ukoliko se u pojedinim transportnim zonama nalazi više od jednog stovarišta, stvarna srednja udaljenost privlačenja određena

je prvo za svako stovarište a nakon toga za cijelu transportnu zonu.

Takođe, stvarnu daljinu privlačenja odredićemo kao proizvod geometrijske daljine privlačenja i prosječnog faktora njenog produženja-faktor privlačenja za dato reljefno područje i nagib terena iz prethodnih istraživanja koja su rađena na ovu temu. Pripadnost privredne jedinice određenom reljefnom području određena je prostornom i statističkom analizom digitalnog modela terena (DTM) prema nadmorskoj visini i nagibu pomoću GIS-a. Obuhvaćeno područje, prema nadmorskoj visini, se dijeli na 5 reljefnih područja prema Bertoviću (1999). Teren se dijeli na 5 kategorija i to: 0-15%, 16-30%, 31-45%, 46-60% i preko 60%. Prosječan teorijski faktor korekcije za svako reljefno područje i kategoriju nagiba množi se sa relativnim učešćem u ukupnoj površini privredne jedinice ili odjela, a zbir faktora korekcije po reljefnom području ili kategorijama nagiba daje ukupan faktor projekcije za posmatrano područje.

Ovako određene stvarne daljine privlačenja ćemo porediti u cilju utvrđivanja postojanja statistički značajnih razlika.

2.3 Određivanje faktora privlačenja / Determination of skidding factor

Kod određivanja faktora korekcije privlačenja razlikujemo parcijalne, ukupni i jedinstveni faktor korekcije. Parcijalni faktori korekcije su određeni za svaku transportnu zonu. Ukupni faktor korekcije se odnosi na faktore korekcije za cijeli odjel, dok je na osnovu svih odjela određen jedinstveni faktor korekcije za obje privredne jedinice. Na osnovu određenih vrijednosti srednjih udaljenosti privlačenja, faktor korekcije privlačenja je izračunat prema obrascu (5):

$$k_g = Sd_s / Sd_g \quad (5)$$

Dobijeni faktor projekcije porediće se sa onim koji su dobijeni kao rezultati ranijih istraživanja za svako reljefno područje.

3. REZULTATI I DISKUSIJA / RESULTS AND DISCUSSION

Gustina mreže šumskih puteva u P.J. „Prosara“ iznosi 11,32 m/ha, a u P.J. „Kozara-Mlječanica“

primarna otvorenost iznosi 12,85 m/ha. Za intenzivno gazdovanje šumama neophodna je

gustina šumskih puteva i preko 30 m/h (IUFRO, 1995), a sa postojećom gustinom šumama u ovim privrednim jedinicama može se samo ekstenzivno gazdovati

Terenskim mjerenjima utvrđena je ukupna dužina vlaka koja u 9 odabranih odjela u P.J. „Prosara“ iznosi 82 944 m, a u P.J. „Kozara-Mlječanica“ 96110 m, a ukupna površina odjela se kreće od 700–966 ha. Prema tome, prosječna gustina vlaka u odjelima koji su analizirani u P.J. „Prosara“ iznosi 119,7 m/ha, a u odjelima P.J. „Kozara-Mlječanica“ 96,5 m/ha. Gustina vlaka u šumama BIH trebala bi da se kreće od 100–200 m/ha zavisno od sistema gazdovanja šumama (Jeličić, 1983). Ovakav odnos gustine traktorskih vlaka u ovim privrednim jedinicama je očekivan, s obzirom na znatno nepovoljniji uticaj konfiguracije i nagiba terena u području P.J. „Kozara-Mlječanica“.

Geometrijska daljina privlačenja određena kao najkraća udaljenost od težišta transportnih zona u 9, odnosno 18 odabranih odjela do najbližeg šumskog puta određena pomoću GIS-a, se kreće od 238 m do 307 m, u P.J. „Prosara“ odnosno P.J. „Kozara-Mlječanica“.

Prostornom analizom DTM-a pomoću GIS-a izdvojeni su rasteri nadmorskih visina i nagiba terena. Pri tome je utvrđeno da se u P.J. „Prosara“ nadmorska visina se kreće od 97 do 350 m, a u P.J. „Kozara-Mlječanica“ od 104 do 925. Na osnovu ovih rezultata u prvoj su izdvojena su dva reljefna područja nizijsko do 200 m i brdsko 200–500 m, a u drugoj izdvojena su tri reljefna područja i to nizijsko do 200 m, brdsko 200–500 m i nisko planinsko od 500–1000 m. Prosječan faktor privlačenja za nizijsko područje iznosi 1,2, za brdsko 1,45 i za nisko planinsko 1,55 (Lepoglavec, 2014) Tabela 1.

Tabela 1. Faktor privlačenja po reljefnim područjima / **Table 1.** Skidding factor by relief areas

Reljefno područje / Relief area	Faktor privlačenja / Skidding factor	Relativno učešće reljefnog područja u ukupnoj površini PJ / Relative share of relief area in total area of FMU		Ukupno / Total	
		Prosara	Kozara- Mlječanica	Prosara	Kozara- Mlječanica
Nizijsko / Lowland	1,2	0,09	0,014	0,11	0,02
Brdsko / Hilly	1,45	0,99	0,80	1,44	1.16
Nisko planinsko / Low mountain	1,55		0,19		0,29
Ukupno / Total		1	1	1,55	1,47

Množeći prosječan faktor privlačenja po reljefnim područjima sa njihovim učešćem u površini dobija se ukupan faktor privlačenja 1,47–1,55, prosječno 1,51. Ako bismo posmatrali pojedinačne faktore privlačenja iz prethodnih istraživanja zajedno sa dobijenim po reljefnim područjima možemo vidjeti da je najbliži prosjeku koji je dao Abbeg 1978, što je i razumljivo s obzirom da najveći dio pripada brdskom reljefnom području.

Kada je u pitanju nagib terena, njegova maksimalna vrijednost se kreće od 56% u Prosari do 140% u Kozari-Mlječanici, a njegova prosječna

vrijednost je 14–25%. Raster nagiba je podijeljen u pet kategorija i svakoj kategoriji je dodijeljen prosječan faktor privlačenja prema Sokolović & Bajrić (2013) (Tabela 2).

S obzirom na relativno učešće kategorija nagiba terena u ukupnoj površini i prosječnog faktora privlačenja za svaku kategoriju, ukupni faktor privlačenja se kreće od 1,16–1,27, a prosjek je 1,22. Prema rezultatima koji su dobijeni analizom DTM vidimo da je prosječan faktor privlačenja u P.J. „Prosara“ 1,355, a u P.J. „Kozara-Mlječanica“ 1,37, a za obe privredne jedinice u prosjeku 1,36.

Tabela 2. Faktor privlačenja prema nagibu terena / **Table 2.** Skidding factor by relief slope

Nagib / Slope	Faktor privlačenja / Skidding factor	Relativno učešće nagiba u ukupnoj površini / Relative share of slope in total area		Ukupno / Total	
		Prosara	Kozara-Mlječanica	Prosara	Kozara-Mlječanica
0-15% (7.5%)	1,1035	0,57	0,24	0,63	0,26
16-30% (22.5%)	1,2305	0,41	0,45	0,50	0,55
31-45% (37.5%)	1,3625	0,02	0,22	0,03	0,30
46-60% (52.5%)	1,5815	0,001	0,07	0,002	0,11
61-140% (100%)	2,3265		0,02		0,05
Ukupno / Total				1,16	1,27

Stvarna daljina privlačenja može se dobiti kao proizvod geometrijske daljine i faktora privlačenja i njena prosječna vrjednost u P.J. „Prosara“ iznosi 324 m, a u P.J. „Kozara-Mlječanica“ 417 m.

Srednja stvarna daljina privlačenja dobijena pomoću formule (4) iznosi 348 m u P.J. „Prosara“, a 550 m u P.J. „Kozara-Mlječanica“, tačnije u odabranim odjelima.

Poređenjem srednje stvarne i srednje geometrijske daljine privlačenja po gravitacionim zonama dobijen je faktor privlačenja koji u prosjeku iznosi 1,84 u P.J. „Prosara“, a 1,85 u P.J. „Kozara-Mlječanica“ (Tabela 3). Prema dobijenim rezultatima može se zaključiti da nema razlike među privrednim jedinicama niti reljefnim područjima. Ovi faktori su u odnosu na teorijske faktore privlačenja određene po reljefnim područjima i nagibu veći za 36%.

Tabela 3. Daljine privlačenja / **Table 3.** Skidding distances

	Privredna jedinica / Forest management unit	
	Prosara	Kozara-Mlječanica
Geometrijska srednja udaljenost privlačenja (m) / Geometric average skidding distance (m)	238	307
Stvarna srednja udaljenost privlačenja (m) / Real average skidding distance (m)	324	417
Stvarna srednja udaljenost privlačenja po vlakama (m) / Real average skidding distance by trails (m)	348	550
Faktor privlačenja / Skidding factor	1,84	1,85

Nešto veći faktor korekcije privlačenja javlja se u slučajevima u kojima se privlači nizbrdo u odnosu na varijante kod kojih se privlačenje vrši uzbrdo. Utvrđeni faktor korekcije privlačenja uzbrdo u Prosari iznosi 1,44 a nizbrdo 2,04. Ovaj faktor u Kozari-Mlječanici se nalazi u odnosu 1,79 prema

1,95. Ovakav odnos između ova dva faktora korekcije u najvećoj mjeri uzrokuju neproduktivne dionice na dolinskim kamionskim putevima, što stvara veće razlike između geometrijske i stvarne udaljenosti privlačenja a samim tim i veće faktore korekcije.

4. ZAKLJUČCI / CONCLUSIONS

Postojeće stanje primarne otvorenosti nas upozorava na mogućnost većeg opterećenja u smislu inteziteta zahvata sječa u područjima koja su bliža šumskim putevima i zbog toga je potrebno uraditi studiju otvorenosti i odrediti optimalnu gustinu šumskih puteva na datom području.

Kada je riječ o sekundarnoj otvorenosti odnosno gustoći traktorskih vlaka i tu je neophono izvršiti dodatna planiranja mreže u smislu određivanja odnosa otvorenih i neotvorenih područja po odjelima kako bi se mogla planirati mreža dodatnih vlaka i povećati otvorenost. Sekundarna otvorenost bi trebala biti oko 200 m/ha, s obzirom da se primjenjuje uglavnom skupinastopreborni sistem gazdovanja u visokim šumama.

Kada je riječ o faktoru produženja geometrijske daljine privlačenja u cilju dobijanja stvarne daljine privlačenja, može se zaključiti da dobi-

jeni faktor privlačenja koji je određen na osnovu srednje stvarne daljine privlačenja i geometrijske daljine privlačenja po GIS-u je znatno veći od prosječnog teorijskog i on ukazuje da različiti reljefni uslovi i nagib terena nemaju uticaj na njegovu vrijednost.

Prema tome određivanje srednje stvarne daljine privlačenja, s obzirom da od nje zavise troškovi privlačenja je veoma bitno i tom se poslu mora pristupiti odgovorno što podrazumijeva:

- Formiranje sveobuhvatnog katastra šumskih puteva,
- Formiranje katastra sekundarnih šumskih komunikacija,
- Formiranje GIS-a privrednih jedinica svakog ŠPP
- Optimizacija primarne i sekundarne mreže šumskih komunikacija.

Literatura / References

- Abegg B. (1978). Die Schätzung der optimalen Dichte von Waldstrassen in traktorfähigem Gelände. *Mitt. Der Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen. Winterthur* 54(6): 453–485.
- Bertović S. (1999). Reljef i njegova prostorna raščlamba. *Šumarski list* 123(11–12): 543–563.
- Bojanin S. (1983). Faktori optimalne otvorenosti kod sekundarnog otvaranja. *Mehanizacija šumarstva* 8(11–12): 322–325.
- Dietz P., Knigge W., Löffler H. (1984). *Walderschließung. Eine Lehrbuch für Studium und Praxis unter besonderer Berücksichtigung des Waldwegebaus*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin: 196 str.
- IUFRO (1995). *Forest work study*. Nomenclature. Test Edition valid 1995–2000. International Union of Forestry Research Organisations WP 3.04.02. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency, Garpenberg: 16 str.
- Jeličić V. (1983). *Šumski putevi i ceste, SIZ odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije SRH*, Zagreb: 193 str.
- Klemenčić I. (1939). *Optimalna gustoća šumskih prometala*. ŠIPAD, Sarajevo: 75 str.
- Lepoglavec K. (2014). *Optimizacija primarne i sekundarne šumske prometne infrastrukture nagnutih terena*. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet: 266 str.
- Lotfalian M., Zadeh E. H., Hosseini S. A., (2011). Calculating the correction factor of skidding distance based on forest road network. *Journal of forest science* 57(11): 467–471.
- Pičman D. (2007). *Šumske prometnice*. Šumarski fakultet u Zagrebu: 460 str.
- Pentek T., Pičman D., Nevečerel H. (2004). Srednja udaljenost privlačenja drva. *Šumarski list* 9–10: 545–558.
- Rebula E. (1986). Vuča ili vožnja pri transportu šumskih sortimenata? *Mehanizacija šumarstva* 11(1–2): 3–20.
- Segebaden G. (1964). Studies of cross-country transport distances and road net extension. *Studia Forestalia Suecica* 18: 1–70.
- Sokolović Dž., Bajrić M. (2013). *Otvaranje šuma*. Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet: 250 str.
- Stankić I. (2010). *Višekriterijsko planiranje izvoženja drva forvarderima iz nizinskih šuma Hrvatske*. Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet: 123 str.

Summary

Determination of skidding distance is very important for operational planning in forestry because it is an indicator of forest accessibility. Value of skidding distance can be obtained in several ways: measurement of distance in the field by skid trails, calculating by using the mathematical models and by using of Geographic Information System (GIS) software. Operational planning in forestry is done on the level of compartment. It is not rare that forest practitioners do not have data about skidding trails length or secondary openness for specific compartment and in that case it is used straight direction from compartment gravity center to the belonging forest landing site or forest road, to calculate skidding distance. It is assumed that wood is equally distributed over area. When position and length of the skidding trails are known, then real skidding distance is calculated. Research area in this study was placed in two FMU, "Prosara", where 9 compartments were analyzed, and "Kozara-Mlječanica", where 18 compartments were analyzed. Skidding trails network was recorded using of GPS. Main aims of this study were:

- determination of geometric skidding distance;
- determination of real skidding distance by trails;
- determination of skidding factor for conversion of geometric in to real distance;
- comparison of established skidding factor with other studies results.

Density of road network in FMU "Prosara" is 11.32 m/ha, and in FMU "Kozara-Mlječanica" 12.85 m/ha. In all investigated compartment skidding trails were measured and it was established that secondary openness (by trails) is 119.7 m/ha in FMU "Prosara" and 96.5 m/ha in FMU "Kozara-Mlječanica". Geometric skidding distance is 208 m in FMU "Prosara" and 307 m in FMU "Kozara-Mlječanica". Spatial analysis based on DTM and GIS determined classification of altitudes and slopes in categories, than were used for distinguishing of three relief areas, lowland, hilly and low mountains. Skidding factor is 1.2 for lowland, 1.45 for hilly and 1.55 for low mountains relief area. Multiplying of skidding factor with share of each relief area in total surface gave total skidding factor, 1.51. Slopes are classified in five categories and to each category skidding factor was dedicated according to Jeličić (1978) (Sokolović & Bajrić, 2013). Based on surface share and skidding factor, total skidding factor is calculated, that is 1.22. Based on DTM analysis, skidding factor for FMU "Prosara" is 1.355 and for FMU "Kozara-Mlječanica" 1.37. Real skidding distance was calculate by multiplying of corresponding skidding factor with geometric distance. For FMU "Prosara" was obtained 324 m and for FMU "Kozara-Mlječanica" 417 m. Skidding factors were calculated according to gravity zones and average 1.84 for FMU "Prosara" and 1.85 for FMU "Kozara-Mlječanica" was obtained. Obtained skidding factors are 36% higher than theoretical. Considering skidding direction it was showed that in downhill skidding, factor is slightly higher than in uphill skidding.

Key words: distance, DTM, GPS, skidding, transport