



SKIDERI U ŠUMARSTVU REPUBLIKE SRPSKE

DANE MARČETA

UNIVERZITET U BANJOJ LUCI
ŠUMARSKI FAKULTET

SKIDERI U ŠUMARSTVU REPUBLIKE SRPSKE

Autor:

dr Dane Marčeta, vanredni profesor
Univerzitet u Banjoj Luci; Šumarski fakultet

Recenzenti:

prof. dr Vladimir Petković - Univerzitet u Banjoj Luci; Šumarski fakultet
doc. dr Jelena Knežević - Univerzitet u Sarajevu; Šumarski fakultet

Izdavač:

Univerzitet u Banjoj Luci
Šumarski fakultet

Tehnička priprema: prof. dr Dane Marčeta

Lektor: prof. dr Duško Pevulja

Elektronsko izdanje

ISBN: 978-99938-56-59-7

© copyright 2025 - Sva prava su zadržana. Nijedan dio ove publikacije ne može biti reprodukovan, niti smješten u sistem za pretraživanje ili prenošenje u bilo kom obliku, elektronski, mehanički, fotokopiranjem, snimanjem ili na neki drugi način, bez pismene dozvole autora.

Odlukom Naučno-nastavnog vijeća Šumarskog fakulteta broj: 17/3.470-6/24 od 15. 05. 2025. godine odobreno je da se rukopis pod nazivom „Skideri u šumarstvu Republike Srpske“ objavi i štampa kao naučna monografija.

SADRŽAJ

PREDGOVOR

1.	UVOD.....	1
2.	PROBLEMATKA ISTRAŽIVANJA	2
2.1.	Uopšteno o unutrašnjem transportu drveta	8
2.1.1.	Transportna distanca.....	12
2.1.2.	Podjela privlačenja drveta	14
2.1.3.	Privlačenje drveta skiderom	19
2.1.4.	Uticaj skidera na sastojinu.....	32
2.1.5.	Stanje u Republici Srpskoj.....	40
2.2.	Cilj, hipoteze i metod rada.....	43
3.	ISTORIJSKI RAZVOJ SKIDERA.....	46
4.	PREGLED TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA	50
4.1.	Morfološka analiza skidera	54
4.1.1.	Skideri s hidrauličnom dizalicom i vitlom	56
4.1.2.	Klam bank skideri.....	58
4.2.	Transmisija skidera	60
4.3.	Dodatna oprema skidera	62
4.4.	Emisiona ograničenja za motore skidera.....	64
5.	VODEĆI PROIZVOĐAČI SKIDERA	67
6.	TEHNIKE RADA.....	69
6.1.	Šumska infrastruktura za skidere	74
6.2.	Tehnike privlačenja drveta skiderom s vitlom.....	76
6.3.	Tehnike privlačenje drveta bez čokera	82
6.4.	Skideri vs forvarderi.....	84
7.	PROUČAVANJE RADA SKIDERA.....	90
8.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA	93
8.1.	Studij slučaja 1	93

8.2.	Studij slučaja 2	100
8.3.	Studij slučaja 3	105
8.4.	Studij slučaja 4	113
8.5.	Studij slučaja 5	123
9.	SKIDERI U JPŠ „ŠUME REPUBLIKE SRPSKE“ A.D. SOKOLAC	133
9.1.	Stanje brojnosti skidera u vlasništvu JPŠ „Šume Republike Srpske“ a.d. Sokolac	134
9.2.	Učinak skidera u vlasništvu JPŠ za period 2019-2024	141
9.2.1.	Učinak po šumskim gazdinstvima	144
9.2.2.	Učinak po mjesecima	149
9.3.	Ostvareni utrošak goriva	152
10.	ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	157
	LITERATURA	165

PREDGOVOR

Ova monografija ima za cilj da pruži sveobuhvatan uvid u primjenu skidera u šumarstvu Republike Srpske, s posebnim osvrtom na tehničko-tehnološke, ekološke i djelimično ekonomske aspekte njihovog korišćenja. Skideri, kao specijalizovane šumske mašine za privlačenje drveta, imaju ključnu ulogu u šumarstvu Republike Srpske, a i cijele Bosne i Hercegovine, naročito u brdsko-planinskim predjelima gdje zbog konfiguracije terena druge mašine često nisu u mogućnosti da obavljaju efikasnu eksploataciju. Namjera ove monografije je da pruži naučno zasnovane informacije koje će koristiti različitim ciljnim grupama. Prije svega, namijenjena je naučnim radnicima i istraživačima kao smjernica za dalja istraživanja u oblasti primjene skidera i njihove integracije sa modernijim mašinama za transport drveta iz šume, poput forvardera. Istovremeno, monografija može poslužiti praktičarima u šumarstvu, menadžerima i donosiocima odluka kao alat za unapređenje planiranja tehnologija rada, donošenje investicionih odluka i modernizaciju voznog parka u skladu sa specifičnostima šumskih područja Republike Srpske. S obzirom na složenost problema koji se odnose na izbor, primjenu i održavanje skidera, posebno u kontekstu modernizacije i održivosti šumarstva, ovo djelo pruža pregled aktuelnih, s naglaskom na lokalna, naučna istraživanja, kao i empirijskih podataka prikupljenih iz lokalne prakse. Pored toga, predložene su preporuke za budući razvoj i unapređenje primjene skidera, kroz uvođenje novih tehnologija, tehničku obuku kadra i efikasnije planiranje eksploatacionih radova. Ova monografija stoga ima cilj da ponudi doprinos naučnoj i stručnoj zajednici, nudeći sveobuhvatan okvir za razumijevanje uloge i potencijala skidera u šumarstvu Republike Srpske, kao i smjernice za njihovo optimalno korišćenje u skladu sa savremenim tehničkim i ekološkim zahtjevima.

1. UVOD

Šumarstvo kao privredna grana od posebnog značaja za Republiku Srpsku, suočava se sa nizom izazova u vezi sa održivim korišćenjem šumskih resursa, očuvanjem biodiverziteta i efikasnim korišćenjem drvne mase. Primarni transport drveta predstavlja ključnu fazu u cjelokupnom procesu eksploatacije šuma, pri čemu su skideri jedan od najvažnijih alata za privlačenje drveta na brdskim i brdsko-planinskim terenima, karakterističnim za područje Republike Srpske. Uvođenje specijalizovanih mašina za privlačenje drveta, poput skidera, značajno je unaprijedilo produktivnost i efikasnost korišćenja šuma, istovremeno smanjujući fizičko opterećenje radnika. Međutim, primjena skidera zahtijeva pažljivo planiranje radova, prilagođavanje terenskim uslovima i provođenje mjera za smanjenje negativnih uticaja na šumsko zemljište i ekosistem u cjelini.

Monografija koja slijedi analizira trenutno stanje i perspektive primjene skidera u šumarstvu Republike Srpske, s posebnim fokusom na tehničke karakteristike ovih mašina, produktivnost, ekonomske aspekte i ekološke izazove koji prate njihovu upotrebu. Na osnovu raspoložive literature, terenskih istraživanja i empirijskih podataka prikazana je trenutna situacija u pogledu primjene skidera, identifikuju se postojeći problemi i predlažu se moguća rješenja za unapređenje sistema primarnog transporta drveta u Republici Srpskoj.

Uspješna primjena skidera zavisi od kombinacije tehničkih, organizacionih i ekoloških faktora, kao i od prilagođavanja specifičnim terenskim uslovima koji karakterišu šumske ekosisteme ovog područja. S obzirom na to da skideri predstavljaju nezaobilazan alat u procesu eksploatacije šuma, detaljna analiza njihove primjene može značajno doprinijeti unapređenju postojećih metoda i tehnika, kao i razvoju održivih pristupa upravljanju šumskim resursima.

2. PROBLEMATKA ISTRAŽIVANJA

Eksploatacija šuma, odnosno proces proizvodnje šumskih drvnih sortimenata, sastoji se od dvije osnovne faze: sječe i izrade stabala te transporta izrađenih drvnih sortimenata. Sječa i izrada se najčešće obavljaju motornim testerama, dok se privlačenje drveta uglavnom vrši raznim mašinama (Zečić, 2015).

Kroz historiju šume su igrale ključnu ulogu kao izvor resursa, prvenstveno drveta za ogrev, građevinski materijal i ishranu. Danas, gazdovanje šumama zahtijeva održiv pristup kako bi se osigurala njihova zaštita i dugoročna održivost. Korišćenje šuma je značajan aspekt šumarstva kao privredne grane i obuhvata različite faze proizvodnje. Prva faza uključuje pripremne aktivnosti, poput obilježavanja stabala za sječicu (doznake), izgradnje šumske infrastrukture i planiranje operativnih radova, dok druga faza obuhvata samo korišćenje, uključujući sječicu, izradu i transport šumskih drvnih sortimenata.

Jedno od osnovnih obilježja proizvodnje drveta je da se drvo iz šume, gdje se vrši sječa, transportuje (izvozi ili izvlači). U prošlosti su ove operacije izvođene uz upotrebu ljudske i životinjske snage (animala), dok se danas taj posao uglavnom obavlja specijalizovanim mašinama, prilagođenim za rad u šumi i pri često osjetljivom šumskom zemljištu, ali i cijelom ekosistemu.

Proces korišćenja šuma zahtijeva posebne vještine, opremu i sigurnosne mjere, s obzirom na to da se radovi izvode uglavnom na zahtjevnim terenima, u nepovoljnim vremenskim uslovima i uz ograničen pristup adekvatnoj infrastrukturi. Razvoj civilizacije povećao je potražnju za drvetom, što je dovelo do unapređenja tehnika transporta drveta od mjesta sječe do stovarišta ili prerade. Tradicionalno, transport je obuhvatao ljudsku i životinjsku snagu, gravitaciju ili vodotoke, dok je modernizacija u 20. vijeku uvela specijalizovane mašine za privlačenje (Krpan, 2000).

Privlačenje je najsloženija faza proizvodnje drveta i odlikuje se visokim troškovima, zbog čega je od velike važnosti optimizacija i usklađivanje sa ostalim fazama proizvodnog procesa (Tomašić, 2012). S naglim razvojem tehnike i tehnologije u 20. vijeku, razvijene su i savremene mašine koje su se počele koristiti za prvu fazu transporta drveta. Prvi takvi uređaji bili su adaptirani poljoprivredni traktori (APT), a potom su se pojavili i specijalni zglobni traktori sa vitlom (eng. cable skidder), zglobni traktori sa hvataljkom okrenutom prema dolje (eng. grapple skidder), kao i zglobni traktori sa hvataljkom okrenutom prema gore (eng. clam-bunk skidder) koji su i često opremljeni dizalicom za prihvat drveta.

Transport drveta se generalno može podijeliti na primarni, koji se odnosi na premiještanje sortimenata od mjesta sječe do privremenog stovarišta ili skladišta, i sekundarni, koji podrazumijeva transport do krajnje lokacije za preradu drveta, odnosno do krajnjeg potrošača. Optimizacija transporta ključno je pitanje planiranja izvođenja radova zbog visokih troškova i potencijalnih šteta na šumskom zemljištu i sastojinama (Kulušić, 1990). Različiti terenski i radni uslovi, uključujući karakteristike zemljišta, klimatske faktore i tehničke specifikacije opreme, utiču na efikasnost ovog procesa u cjelini.

Razvoj traktora specijalizovanih za šumarstvo bio je značajan napredak u optimizaciji transporta drveta. Uvođenje mehanizovane sječe i transporta počelo je sredinom 20. vijeka, sa značajnim doprinosom uvođenja specijalizovanih traktora i vitla za vuču drveta (Horvat, 1993). Iako je primjena ovih sistema značajno povećala produktivnost i smanjila fizičko opterećenje radnika, i dalje su postojali izazovi u njihovom korišćenju i adaptaciji na različite uslove rada (Zečić, 2015). Mehanizovana sredstva za privlačenje drveta mogu se klasifikovati prema primjeni u skladu sa metodama izrade drveta (sortimentna, poludeblovna, deblovna ili stablovna metoda), prema vrsti sječe (proredne, oplodne i prebirne sječe), i zavisno od terenskih uslova (ravničarski ili brdski tereni). Razlike u sastojinskim i terenskim karakteristikama imaju direktan uticaj na upotrebu različitih pristupa izradi drveta, a time i na vrste vozila za transport.

Dobro razumijevanje tehničko-proizvodnih karakteristika radnih sredstava omogućava odgovorno upravljanje poslovanjem, kao i uticajem na životnu sredinu (Zečić, 2015).

Skideri sa vitlom su među najčešće korišćenim sredstvima za prvu fazu transporta drveta u Bosni i Hercegovini, zahvaljujući njihovoj prilagodljivosti složenim, brdskim i brdsko-planinskim terenima. Dnevni učinak skidera zavisi od uslova rada, udaljenosti transportne distance i zapremine tereta, a sama produktivnost se može procijeniti na osnovu terenskih mjerenja ili teorijskih modela (Sokolović & Musić, 2009).

Specijalni šumski traktori su prvenstveno dizajnirani kao zglobni traktori za vuču šumskih drvnih sortimenata po tlu. Njihova ključna karakteristika je sposobnost kretanja po neravnom terenu zahvaljujući ugrađenom zglobu između prednjih i zadnjih točkova. Za transport drveta, ovi traktori koriste različite priključke, uključujući razne vrste prikolica, žično-sajlene sisteme i hidrauličke kranove (Jeličić, 1988).

Vuča (eng. skidding) predstavlja ključni segment eksploatacije šuma, koji omogućava privlačenje drveta (Uusitalo & Pearson, 2010). Skider (eng. skidder) je velika šumska mašina konstruisana za direktno privlačenje drveta, s osnovnom funkcijom odizanja i vuče trupaca ili cijelih stabala. U zahtjevnim uslovima terena ili pri otežanom prikupljanju drveta, skider se često oprema snažnim vitlom i sajlom.

Prema nekim autorima transport obuhvata tri faze: privlačenje ili prikupljanje drveta, primarni i sekundarni transport. Privlačenje ili prikupljanje predstavlja fazu transporta u kojoj se drveni sortimenti pomjeraju od panja do sekundarne šumske mreže (šumske vlake, šumski putevi ili linije žičara). Privlačenje se obavlja koristeći sekundarnu šumsku transportnu mrežu (šumske vlake, šumski putevi ili žičare). Eksploatacija drveta (privlačenje, izvoženje, itd.) definiše se kao transport drveta putem sekundarne transportne mreže do šumskog stovarišta ili šumskog puta (Petković et al., 2017a).

Skider nalazi primjenu u različitim vrstama šumskih operacija, poput prorednih i čistih sječa, ali i kod radova na otvaranju šuma gdje mogu učestvovati u pripremi terena i probijanju trasa za vlake. Sve aktivnosti koje uključuju upotrebu skidera trebaju biti u skladu sa specifikacijama proizvođača, zahtjevima izvođača radova, pravilima vlasnika šuma, kao i sa procedurama za planiranje radilišta. Rukovanje skiderom na raznolikim šumskim terenima, posebno u promjenjivim vremenskim uslovima, ključno je za efikasnost u proizvodnji drveta.

Razvoj tehnologije i mašina za eksploataciju šuma u našim krajevima značajno je oblikovan specifičnostima upravljanja šumskim resursima, kako navodi Tomašić (2012). U većini slučajeva, i kod nas i u zemljama regiona, drvo se eksploatiše korišćenjem djelimično mehanizovanih sistema. Iako je sječa i obrada drveta donedavno bila manje mehanizovana, uz primjenu motornih testera kao osnovnih alata, primarni transport drveta danas je u najvećoj mjeri mehanizovan. Izbor odgovarajućih mašina i metoda transporta zavisi od specifičnosti sistema gazdovanja šumama, vrste sječe, nagiba terena, orografskih karakteristika, pa i klimatskih uslova.

Za primarni transport u šumarstvu koriste se različite vrste mašina, uključujući adaptirane poljoprivredne traktore (APT-e), skidere, forvardere i traktorske ekipaže. Skideri se, prema Pandur et al., (2018), najčešće koriste na terenima sa većim nagibima, dok su forvarderi i traktorske ekipaže pogodniji za rad u ravničarskim i blagim brdovitim predjelima. Glavna prednost forvardera i traktorskih ekipaža je prevoz drvnih sortimenata na točkovima, što eliminiše privlačenje po zemlji. Međutim, ovaj pristup zahtjeva položaj šumskih drvnih sortimenata unutar dometa hidraulične dizalice za utovar, odnosno pristup mašina u sve dijelove sastojine, što može povećati uticaj na zemljište, posebno ako se ne provedu odgovarajuće mjere za kontrolu kretanja mašina. Forvarderi su posebno pogodni za transport drveta u oplodnim sječama i proredama zrelih sastojina, dok se traktorske ekipaže uglavnom koriste u proredama, a rijetko u oplodnim sječama (Pandur et al., 2018).

Uopšteno, prema Spinelli et al., (2021) posječena drvena masa se iz šuma izvlači u obliku cijelih stabala ili debala pomoću skidera, ili se izvozi u obliku sortimentata pomoću forvardera. Kada se kombinuju sa harvesterima, forvarderi čine sastavni dio sistema sječe na kraće sortimente - CTL (eng. cut-to-length), odnosno mehanizovanog sortimentnog metoda, koji se često smatra modernijim u odnosu na sisteme sječe cijelog stabla (eng. full-tree) i sječe u dužini debla ili dijelova debla (eng. tree length ili half-tree length), koji se zasnivaju na primjeni feler bančera (eng. feller-buncher) i skidera. Posljedica te percepcije je intenzivnije istraživanje CTL mehanizacije u Evropi, dok su podaci o mehanizaciji koja privlači cijelo deblo ili stablo, a naročito o skiderima, značajno oskudniji (Spinelli et al., 2021).

Istraživanja ukazuju na to da su metodi sječe cijelog stabla - stablovni metod i sječe u dužini debla - deblovni metod dominantni u Sjevernoj Americi, gdje predstavljaju preko 70% ukupne sječe drvene mase, dok u sjevernoj Evropi prevladava sistem sječe na sortimente, odnosno mehanizovani sortimentni metod - CTL, koji čini čak 95% ukupne sječe drveta (Lundbäck et al., 2018). Ipak, ova generalizacija zahtijeva dodatna pojašnjenja kada je riječ o ostatku Evrope. Sistem CTL (mehanizovani sortimentni) privlači najviše pažnje i najzastupljeniji je u tehničkoj literaturi, promotivnim materijalima i na sajmovima šumarske mehanizacije u centralnoj Evropi. Iako se može stvoriti utisak o dominaciji CTL sistema, to može biti pogrešno shvaćeno. Prema Lundbäcku et al. (2018), CTL metoda obuhvata otprilike 60% ukupne sječe u centralnoj i južnoj Evropi, pri čemu postoje značajne varijacije među različitim državama. Ipak, u okviru Evropske unije, skideri – bilo da su specijalizovani ili improvizovani – i dalje učestvuju u privlačenju najmanje 40% godišnje sječe, što u apsolutnim vrijednostima predstavlja više od 100 miliona m³ drvene mase godišnje (Lundbäck et al., 2018). Ovaj udio je posebno izražen u istočnim dijelovima Evrope. Navedeni podaci ukazuju na potrebu za daljim istraživanjima stablovnog i deblovnog metoda sječe, sa posebnim akcentom na primjenu skidera (Spinelli et al., 2021).

U posljednjim decenijama, pažnja istraživača uglavnom je bila usmjerena na proučavanje harvesterâ i forvardera, koji se smatraju savremenijim sredstvima za eksploataciju šuma. Ovaj trend rezultirao je manjim brojem istraživanja posvećenih skiderima, koji su u znatno manjoj mjeri zastupljeni u naučnim radovima u poređenju sa CTL tehnologijom. Iako su skideri konstrukcijski jednostavniji od harvesterâ i forvardera, oni se takođe razvijaju u skladu sa tehnološkim napretkom, što potvrđuje redovno unapređenje novih modela i verzija iz godine u godinu.

Uprkos tome što manji broj istraživača u Evropi proučava skidere, nameće se pitanje da li je takav pristup opravdan i da li ove mašine zaista gube na značaju u centralnoj i južnoj Evropi. Ipak, ne postoje jasni dokazi koji bi to potvrdili, što je uglavnom rezultat nedostatka sveobuhvatnih istraživanja i inventarizacije evropske flote skidera. Dostupni podaci su često kontradiktorni – u šumama se i dalje mogu pronaći brojni skideri, a značajan je i broj poljoprivrednih traktora koji su prilagođeni za izvoženje drvne mase (Spinelli et al., 2021).

Privlačenje drveta skiderima preovladava u većem dijelu istočne Evrope i na Balkanu, gdje obuhvata preko 50% ukupnog obima sječe. Ovaj sistem eksploatacije drveta posebno dominira u Rumuniji (90% ukupne sječe), Bugarskoj (80%), Hrvatskoj i Češkoj Republici (70%). Skideri su također primarni način izvlačenja drveta i u Švajcarskoj, što predstavlja izuzetak u centralnoj Evropi. Ova pojava se može objasniti ograničenom primjenom mehanizovane CTL tehnologije u ovim zemljama, usljed ekonomskih i/ili tehničkih faktora, kao što je rasprostranjenost šuma na strmim i nepristupačnim terenima (Spinelli et al, 2021).

Čak i u područjima gdje preovladava privlačenje drveta skiderima, forvarderi postepeno osvajaju sve veći dio tržišta. Ova tendencija mogla bi promijeniti odnos snaga u zemljama poput Austrije i Poljske, gdje je privlačenje skiderima i dalje značajno, ali njegov tržišni udio postepeno opada zbog sve rasprostranjenije primjene CTL tehnologije (Kocel, 2010).

Slično tome, dominacija sistema sječe cijelog stabla i pratećeg izvlačenja drvne mase skiderima u Češkoj Republici promijenila se tokom posljednjih deset godina, pri čemu je udio CTL tehnologije porastao na oko 35% ukupne sječe, sa početnih približno 20%. S druge strane, prisustvo forvardera u zemljama poput Hrvatske i Rumunije i dalje je vrlo ograničeno, te nije jasno da li bi to moglo dovesti do značajnijih promjena u odnosu među različitim tehnologijama sječe i privlačenja drveta (Spinelli et al., 2021).

Adaptirani poljoprivredni traktori (APT) se često koriste za privlačenje drveta u zemljama poput Austrije, Italije, Bugarske, Češke, Poljske i Njemačke (Spinelli & Magagnotti, 2012; Sowa & Szewczyk, 2013). U Austriji, količina drvne mase izvučene forvarderima izjednačila se s onom realizovanom skiderima, ali se prodaje 2 do 3 puta više forvardera nego skidera, jer se značajan dio drveta i dalje privlači adaptiranim poljoprivrednim traktorima. U Njemačkoj postoji oko 3200 APTa i 2800 specijalizovanih skidera, dok se godišnje proda oko 600 šumskih vitla, u poređenju sa 50 skidera i 100 forvardera. Šumsko vitlo, pogonjeno priključnim vratilom traktora (PTO), omogućava korišćenje osnovnih poljoprivrednih traktora za privlačenje stabala, debala ili sortimenata. Godine 2019. adaptirani traktori činili su 60% traktorsko-skiderske flote u Bugarskoj, dok su u sjevernoj Italiji APT i dalje dominantni, s učešćem većim od 90% (Spinelli et al., 2021).

Veoma malo je dostupnih istraživanja koja sadrže karakteristike skidera, poput tipa, marke, modela ili veličine.

2.1. Uopšteno o unutrašnjem transportu drveta

Transport robe je ključna potreba savremenog društva. U kontekstu proizvodnje, transport se razlikuje u zavisnosti od toga da li se radi o kretanju proizvoda unutar proizvodnog procesa ili o isporuci gotovih proizvoda ka potrošačima. Kretanje robe unutar proizvodnog procesa naziva se unutrašnji transport i smatra se specifičnim proizvodnim

procesom ili njegovim dijelom. Priroda transporta u velikoj mjeri zavisi od vrste robe koja se prevozi.

Transport drveta predstavlja ključnu fazu u procesu korišćenja šuma i jedan je od najskupljih aspekata cjelokupnog proizvodnog procesa, kako ističu Ljubojević et. al (2018). Transport drveta predstavlja najskuplju fazu u procesu iskorišćavanja šuma, a njegovi troškovi direktno zavise od distance privlačenja tvrdi Mitchell (2000). Što je veća udaljenost između mjesta sječe i stovarišta ili šumske ceste, to su veći troškovi i trajanje transportnog ciklusa. Ovaj segment rada u šumarstvu se obično odvija u dvije odvojene faze, od kojih je prva poznata kao primarni transport. Ova faza obuhvata sve aktivnosti premještanja drveta ili trupaca neposredno nakon sječe, ili nakon sječe i obrade, od mjesta obaranja stabla (panja) do privremenog stovarišta unutar šume koja se nalaze obično uz kamionski put.

Primarni transport se može izvoditi različitim metodama, u zavisnosti od specifičnih terenskih i sastojinskih karakteristika. Najčešće korišćeni načini uključuju upotrebu radnih životinja (animala), traktora, specijalizovanih šumskih mašina poput skidera, forvardera i harvardera, kao i složenijih sistema poput žičara. U određenim ekstremnim uslovima ili kod veoma nepristupačnih terena, primarni transport se može realizovati i upotrebom letjelica, uključujući helikoptere, mada se zbog velikih troškova ovi načini u Evropi koriste samo u specifičnim slučajevima. Na izbor metode transporta značajno utiču karakteristike terena, kao što su nagib, kamenitost, stabilnost podloge, prisustvo prepreka poput stijena ili jaruga, kao i stanje šumske sastojine, uključujući vrstu i strukturu drveća, prostornu raspodjelu, gustoća i tip sječe. Pored tehničkih i ekoloških faktora, troškovi i efikasnost pojedinih metoda transporta takođe igraju ključnu ulogu pri donošenju odluka. Pravilnim odabirom sistema primarnog transporta moguće je značajno optimizovati troškove, smanjiti oštećenja tla i podmlatka te poboljšati ukupnu produktivnost šumskih radova.

Transport drveta iz šume je težak i riskantan posao koji zahtjeva mnogo vremena i novca, naročito u planinskim predjelima. Važan problem kod transporta drveta je težnja da on bude obavljen bez gubitaka u kvalitetu i kvantitetu. Naročito je ta potreba izražena kod vrijednijih sortimenata kao što su furnirski trupci i trupci za rezanje (Marčeta, 2019).

Tek kada drveni sortimenti stignu do krajnjih potrošača, proces transporta se smatra završenim. Zbog toga se transport često posmatra kao sastavni dio tehnološkog procesa ili jedna od njegovih faza.

Transport drveta u Republici Srpskoj najčešće se odvija u dvije faze:

- Prva faza obuhvata transport od mjesta sječe, odnosno panja, do kamionskog puta.
- Druga faza uključuje prevoz kamionskim putevima do odredišta, kao što su mjesta potrošnje, željezničke stanice ili preduzeća za preradu drveta.

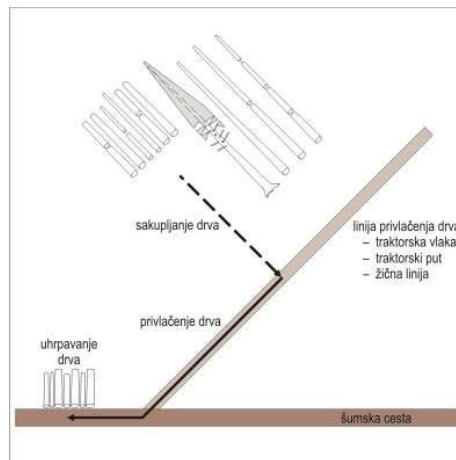
Ostali načini transporta, poput žičara, šumskih željeznica ili plovnih puteva, rijetko se primjenjuju.

Prva faza transporta drveta znatno se razlikuje od druge, kako po vrstama puteva, tako i po načinu obavljanja. Organizuje se uglavnom unutar granica šume gdje započinje na mjestu sječe, odmah nakon izrade šumskih drvnih sortimenata, i završava se na privremenom stovarištu pored kamionskog puta. Tokom ove faze sortimenti se sakupljaju na jedno mjesto, odakle se dalje transportuju ili istim prevoznim sredstvom, što je rjeđi slučaj, ili se prebacuju na drugo sredstvo prevoza (Slika 1).

Prva faza transporta (primarni transport) u šumarstvu Republike Srpske se obično naziva privlačenje drveta ili izvoz drveta. Ovi termini imaju šire značenje, jer mogu obuhvatati više vrsta transporta unutar iste faze i stoga se koriste kao uslovni termini. Najčešće se privlačenje

obavlja po posebnim sekundarnim putevima, u nekim slučajima po bespuću, a nekad i po specijalno izrađenim trasama.

Druga faza transporta drveta (sekundarni transport), obuhvata prevoz od šumskih stovarišta do glavnih/centralnih stovarišta, željezničkih stanica, kao i industrijskih pogona za preradu drveta. Ova faza se najčešće naziva "prevoz drveta", s obzirom na to da se uglavnom realizuje kamionima.



Slika 1. Faze transporta drveta (Poršinsky et al., 2014)

Obe faze transporta drveta u cjelokupnom procesu proizvodnje šumskih sortimenata zauzimaju značajno mjesto. Svaka od njih može dostići i preko 25% ukupnih troškova (Nikolić, 1993). Prva faza transporta može se sastojati od dvije, a ponekad i od tri podfaze. Često se koristi termin primicanje, koje se vrši vitlom do traktorskog puta (vlake), nakon čega slijedi vuča APT-om ili skiderom po vlaci (Nikolić, 1993).

Osnovna karakteristika svih sredstava za privlačenje drveta jeste da povećanjem distance privlačenja dolazi do smanjenja produktivnosti, uz istovremeni rast jediničnih troškova. Pojam efikasnosti obuhvata produktivnost i jedinične troškove određenog sredstva rada, te predstavlja ključni pokazatelj u procesu privlačenja drveta.

2.1.1. Transportna distanca

Transportna distanca označava rastojanje između mjesta odakle se roba transportuje i odredišta na koje se transportuje. Drugim riječima, to je udaljenost između tačke utovara (npr. zakačinjanja ili vezivanja tereta) i tačke istovara (npr. otkačinjanja ili odvezivanja tereta na stovarištu).

Trajanje transportnog ciklusa zavisi, između ostalog, upravo od transportne distance, jer ona utiče na dužinu i trajanje kretanja transportnog sredstva tokom jednog ciklusa. Ova udaljenost često se naziva i prosječna ili srednja distanca transporta, zbog tog što se u praksi operiše s prosječnom vrijednosti više pojedinačnih distanci. Udaljenost privlačenja drveta zavisi od primarne otvorenosti šumskim vlakama i putevima, kao i od konfiguracije terena. Najčešće se kreće do nekoliko stotina metara, dok u ekstremnim slučajevima može premašiti i jedan kilometar, pa i više.

Izračunavanje prosječne transportne distance zavisi od faze transporta i različitih faktora, zbog čega može biti prilično složeno. Posebno je kompleksno u okviru prve faze transporta, gdje se mogu razlikovati dva osnovna slučaja:

- Sortimenti su ravnomjerno raspoređeni po sječni,
- Sortimenti su skoncentrisani na dva ili više mjesta.

U prvom slučaju moguće su dvije varijante:

- a) Sortimente je potrebno privući na jedno mjesto, odnosno stovarište,
- b) Sortimente je potrebno privući ka kamionskom putu ili nekoj drugoj liniji glavnog pada terena, tj. pravcem koji je približno upravan na put.

Posebni slučajevi izračunavanja prosječne transportne distance javljaju se u vezi sa privlačenjem po vlakama, gdje distanca zavisi od transportne šeme, broja podfaza i drugih faktora.

Ustanovljavanje prosječne transportne distance privlačenja po vlakama zavisi od konfiguracije terena i oblika mreže vlaka. Kada se drvo privlači skiderima, uslov za njihovu primjenu u Republici Srpskoj su prethodno trasirane vlake ili traktorski putevi. Rastojanja između vlaka mogu biti međusobno jednaka ili različita, zavisno od konfiguracije terena i sastojinskih prilika. U prvom slučaju, prosječna distanca se računa kao ponderisana sredina, pri čemu se ponderi određuju prema površini sječine koja gravitira prema određenoj vlaci, uz pretpostavku ravnomjernog rasporeda sortimenata.

Prosječna distanca privlačenja može se odrediti kao ponderisana sredina, pri čemu su ponderi površine sječne plohe ili zapremina drveta koje treba privući do šumskog puta (Nikolić, 1993).

Ako su rastojanja između vlaka nejednaka ili količina drveta koja gravitira prema vlaci nije proporcionalna njenoj dužini, prosječna distanca se računa kao ponderisana sredina, pri čemu se ponderi određuju prema površinama sječine koje gravitiraju određenoj vlaci. Ovaj pojam se u izvođačkim projektima naziva transportnim poljima. Umjesto površine transportnog polja, u praksi se ponekad koristi zapremina sortimenata koji gravitiraju prema toj vlaci, a ta vrijednost se utvrđuje na osnovu podataka o doznaci stabala (Nikolić, 1993).

$$S = (S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_n^2) / (2(S_1 + S_2 + \dots + S_n))$$

Gdje su:

- S – prosječna transportna distanca,
- S₁, S₂, ..., S_n – dužine pojedinačnih vlaka.

Prethodna formula se koristi za izračunavanje prosječne transportne distance kada su rastojanja između vlaka nejednaka ili kada količina drveta koja gravitira prema vlaci nije proporcionalna njenoj dužini.

Prema Petković et al., (2017a) srednja transportna ili srednja distanca privlačenja predstavlja prosječnu udaljenost između mjesta sječe i

šumskog puta ili stovarišta. Prilikom određivanja srednje transportne distance, obično se pretpostavlja da je drvo jednako raspoređeno po površini sječine i da je centar površine sječe ujedno i centar koncentracije drveta. To znači da je srednja transportna distanca udaljenost između centra površine sječine i šumskog puta. Na ovaj način utvrđena distanca naziva se geometrijska srednja transportna distanca. Geometrijska srednja distanca privlačenja zapravo je kraća od stvarne distance privlačenja zbog nagiba terena i terenskih prepreka, te je treba pomnožiti korekcionim faktorom (faktorom privlačenja). Za određivanje geometrijske srednje transportne distance koriste se analitičke metode ili moderni alati zasnovani na GIS tehnologiji. Na srednju transportnu distancu utiču faktori poput položaja, međusobne udaljenosti i gustine šumskih puteva, kao i uslova terena i sastojine (Petković, et al., 2017a).

Prema Jeličiću (1983), pri istoj gustini šumskih puteva, nizinske šume su bolje otvorene od planinskih, jer se sortimenti obično mogu privlačiti s obje strane puta u pravoj liniji. U brdsko-planinskim uslovima, distanca privlačenja se povećava zbog nagiba terena, vijugavosti traktorskih vlaka i činjenice da se privlačenje uglavnom vrši ka gornjoj strani puta (Sokolović & Bajrić, 2013).

Sekundarna otvorenost šuma u Republici Srpskoj bi trebala iznositi približno 200 m/ha, imajući u vidu da se u visokim šumama uglavnom primjenjuje skupinasto-preborni sistem gazdovanja (Petković, et al., 2017b).

2.1.2. Podjela privlačenja drveta

Privlačenje drveta podrazumijeva različite metode transporta oborenih stabala, debala ili sortimenata od mjesta sječe do stovarišta, pri čemu svaka metoda ima specifičan nivo produktivnosti, bezbjednosti, i ergonomije rada (Slika 2). Klasifikacija metoda privlačenja drveta zasniva se na stepenu primjene manuelnog i animalnog rada, kao i na tehničkim sredstvima koja se koriste u

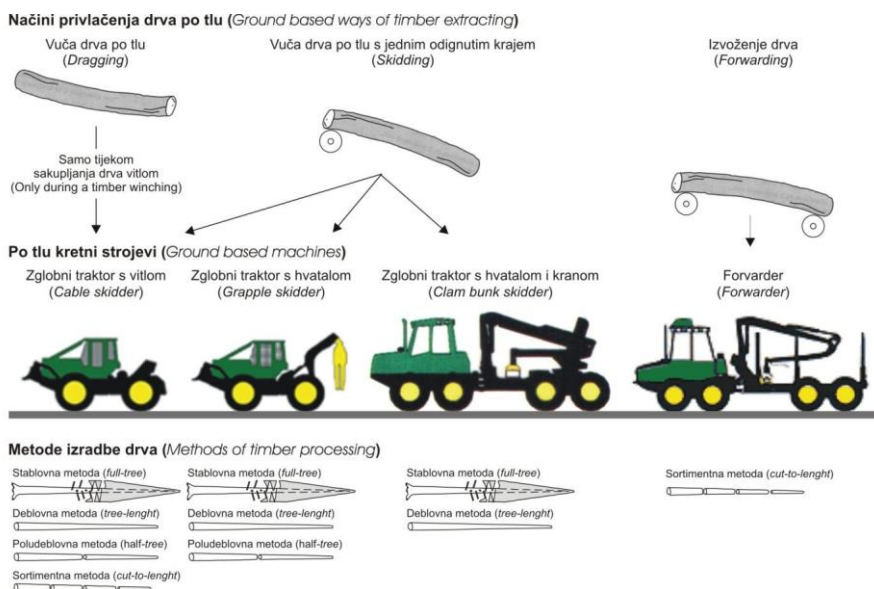
procesu. Prema stepenu primjene manuelnog i mehanizovanog rada, metode privlačenja se dijele na:

- Manuelno privlačenje drveta - Privlačenje drveta isključivo uz primjenu ljudske snage, bez pomoći mehanizacije ili životinja.
- Gravitaciono privlačenje drveta - Korišćenje nagiba terena gdje se drvo pod uticajem gravitacije kreće niz padinu, uz minimalnu asistenciju ljudi ili animala.
- Animalno privlačenje drveta - Upotreba radnih životinja, najčešće konja, ali i volova, za privlačenje oborenih stabala ili sortimenata do linije privlačenja ili stovarišta.
- Mehanizovano privlačenje drveta - Korišćenje specijalizovanih mašina poput skidera, traktora s vitlom, žičara i drugih mehanizovanih sredstava za privlačenje drveta.
- Djelimično mehanizovano (žično) privlačenje drveta - Kombinacija manuelnog rada i mehanizacije, pri čemu radnik ručno izvlači sajlu vitla u sastojinu, vezuje sajle (čokere) oko debla, a potom skider ili traktor izvlači teret.
- Integrisano mehanizovano (bežično) privlačenje (ekstrakcija) drveta - Izvodi se bez direktnog kontakta ljudskih ruku sa drvetom. Teret se formira pomoću hidraulične dizalice sa hvataljkom (forvarderi) ili traktora sa hvataljkama (grapl ili klam bank), gdje se drvo podiže i transportuje bez potrebe za ručnim zakačivanjem.

Privlačenje drveta po zemlji (eng. ground-based timber skidding) obuhvata različite metode transporta drvene mase iz sječine do stovarišta, pri čemu se stablo ili sortimenti kreću po zemlji ili su djelimično podignuti. Ova metoda se može podijeliti na sljedeće podkategorije:

- Ručno premještanje stabala i grana - Ova metoda podrazumijeva ručno premještanje oborenih stabala, grana i vrhova stabala sa mjesta sječe do linije privlačenja. Takođe uključuje ručno slaganje grana i vrhova stabala (ovršaka) na složajevu unutar sječine.

- Vuča po zemlji - Ova metoda uključuje privlačenje stabala ili sortimenata direktno po površini zemlje. Može se izvoditi u poluodugnutom stanju, gdje je dio tereta podignut od zemlje, dok se drugi dio vuče po zemlji. Ovo može uključivati i djelimično podignut teret na poluprikolicama ili skiderima sa hvataljkama (eng. clam bunk).
- Transport potpuno odignutog drveta - voženje (eng. forwarding) - Ova metoda podrazumijeva potpuno podizanje drveta i postavljanje na transportno sredstvo.



Slika2. Tehnologije privlačenja drveta (Krpan et al., 2003)

Svaka od ovih metoda ima specifične prednosti i ograničenja u zavisnosti od uslova terena, sastojinskih karakteristika i ciljeva eksploatacije. Voženje (forwarding) kao metoda se često koristi u ekološki osjetljivim područjima zbog smanjenog oštećenja zemljišta, dok se privlačenje po zemlji često primjenjuje u teško pristupačnim terenima gdje potpuno voženje nije moguće.

Pri oplodnim i prebirnim sječama, a izuzetno i u nekim slučajevima kod kasnih proreda, kada to dozvoljavaju ostali uslovi, u sastojinama

na nagnutim i strmijim terenima koristi se poludeblovna ili deblovna metoda sječe i izrade šumskih drvnih sortimenata, pri čemu se proizvodi tzv. dugo drvo. Ova metoda primjenjuje se kako bi se, prvenstveno tamo gdje geometrijski raspored i razmak preostalih stabala u sastojini to omogućavaju (kao kod oplodnih sječa i kasnih proreda) ili u situacijama kada se sijeku sva preostala stabla (završni sijekovi), omogućilo korišćenje efikasnijeg načina privlačenja drveta. Ovo se zasniva na principu veće produktivnosti usljed „zakona zapremine komada“, uz istovremeno očuvanje biološko-ekoloških uslova gazdovanja, zdravstvenog stanja i estetskog izgleda sastojine.

U ovakvim radnim uslovima, dužina privlačenog drveta/sortimenta ne predstavlja značajnu prijetnju za oštećenje preostalih stabala i sastojine. Međutim, ukoliko je ukupna masa tereta i sredstva za privlačenje prevelika, može doći do ozbiljnih oštećenja šumskog zemljišta i/ili šumske infrastrukture poput puteva. Stoga je od izuzetne važnosti odabrati odgovarajući način privlačenja i optimalno sredstvo za tu svrhu.

U praksi se u oplodnim sječama i kasnim proredama na strmim terenima najčešće koriste teški specijalizovani zglobni šumski traktori, poznati kao skideri. Termin skider će se koristiti u daljem tekstu, a terminološka primjena će biti objašnjena u zaključnim razmatranjima.

U slučajevima, kada to dozvoljavaju ostali radni uslovi (blaža nagnutost terena, primjena sortimentne metode sječe i izrade drvnih sortimenata i sl.), za privlačenje drveta se mogu koristiti i druga raspoloživa mehanizovana sredstva, poput forvardera, lakših skidera za prorede, adaptiranih poljoprivrednih traktora, kao i različiti sistemi žičanog transporta koje obično vežemo uz nagnute terene. Pri planiranju kapaciteta i radnih normi ovih mašina (obračun učinaka i plata) neophodno je uzeti u obzir njihove realne tehničke mogućnosti i ograničenja koja mogu nastati usljed neprikladne primjene u određenim uslovima.

Privlačenje drveta u ranim i srednjim proredama, koje obuhvataju tanja stabla, odvija se u posebno osjetljivim prirodnim i sastojinskim

uslovima. Razmak između stabala često je mali i nedovoljan za nesmetan prolaz mehanizacije, naročito prilikom vuče dužih sortimenata. Takvi uslovi nose povećan rizik od fizičkih oštećenja preostalih stabala, što može rezultovati smanjenjem njihove tehničke vrijednosti, podložnosti bolestima i propadanju. Štaviše, u ekstremnim slučajevima oštećenja mogu ugroziti i opstanak sastojine.

Zbog složenih i osjetljivih radnih uslova u ranim i srednjim proredama, prilikom sječe i izrade uglavnom se primjenjuje metod izrade kratkog drveta (sortimentni metod). Privlačenje ovako pripremljenog drveta zahtjeva mehanizaciju sa specifičnim tehničkim karakteristikama koja je prilagođena delikatnim uslovima rada. Mašine koje se koriste u ovim prilikama moraju imati malu masu i kompaktne dimenzije, kako bi mogle prolaziti kroz sastojinu i uske šumske puteve (vlake) sa što manjim rizikom za oštećenje sastojine i šumskog ekosistema u cjelini.

Poznato je da obim oštećenja sastojine tokom privlačenja drveta raste sa povećanjem snage mašina, nivoa mehanizovanosti procesa rada i dužinom privlačenih drvnih sortimenata (Tomašić, 2012).

Tehnička konstrukcija sredstava za privlačenje drveta manjih dimenzija uslovljena je karakteristikama mreže traktorskih puteva i šumskih vlaka, koje su projektovane u skladu s određenim šumarskim i privrednim zahtjevima. Njihova širina obično se kreće između 2,5 i 3 m. S druge strane, poznato je da tehnička sredstva ovih dimenzija imaju i manji radni kapacitet, što ograničava njihovu ekonomsku efikasnost. Pri primjeni sortimentne metode, drvo se presijeca na više manjih sortimenata, što znatno povećava utrošak vremena tokom privlačenja zbog potrebe za sakupljanjem, vezivanjem, odvezivanjem, uhrpavanjem i sortiranjem. Osim toga tereti su manji, što smanjuje ukupnu produktivnost rada, u skladu sa zakonitostima zapremine komada – manji komadi drveta imaju za rezultat nižu produktivnost rada.

Dodatni ekonomski izazov u ovim uslovima rada jeste činjenica da je komercijalna vrijednost proizvedenih drvnih sortimenata i proreda značajno niža u poređenju s onim iz oplodnih i prebirnih sječa. U

uslovima proreda tanjih šumskih sastojina na nagnutim terenima, treba da se koriste lakši (manje mase) skideri namijenjeni proredama i adaptirani poljoprivredni traktori opremljeni vitlom.

2.1.3. Privlačenje drveta skiderom

Skideri su specijalne mašine koje se koriste u šumarstvu, a koje su konstruisane za privlačenje drveta iz sječine do stovarišta ili šumskih puteva. Karakteristični su po robusnoj konstrukciji i prilagodljivosti za rad u teškim terenskim uslovima, poput brdskih i planinskih područja. Skideri su primarno namijenjeni za primarni transport drveta, tj. za privlačenje oborenih stabala ili dijelova stabala s mjesta sječe do glavne transportne mreže.

Ove mašine imaju dvije ili više osovina, s točkovima iste veličine kada posjeduju dvije osovine. U slučajevima s više osovina, moguća je varijacija u veličini točkova radi bolje stabilnosti i vuče. Hidraulički kontrolisano zglobno upravljanje omogućava fleksibilno manevrisanje skidera, pri čemu se prednji i zadnji dio rama povezuju centralnim zglobom. Ovakav sistem omogućava bolje savladavanje prepreka na terenu, manevrisanje na manjem prostoru i smanjuje oštećenje zemljišta prilikom rada.

Skideri se najčešće koriste u selektivnim i prebirnim sječama, gdje se stabla sijeku pojedinačno, a njihov transport do stovarišta zahtijeva precizno kretanje. Opremu skidera u takvim uslovima najčešće čini vitlo s užetom (eng. cable winch), koje omogućava primicanje drveta na kraćim udaljenostima prije privlačenja, ili hvataljke (eng. grapple) koje se koriste za direktno prihvatanje oborenih stabala ili debala.

Moderni skideri opremljeni su i naprednim hidrauličnim sistemima i ergonomskim kabinama koje povećavaju udobnost operatera i sigurnost prilikom rada. Iako su izuzetno efikasni, njihova primjena zahtijeva pažljivo planiranje terenskih uslova i mreže vlaka kako bi se minimizirala oštećenja zemljišta i vegetacije.

Prema Severu (1980) šumski zglobni traktori ili skideri su specijalizovane mašine koje se koriste za privlačenje stabala od panja do pomoćnog skladišnog prostora, kao i za transport trupaca sa teško dostupnih šumskih terena do lokacija pogodnih za dalji prevoz. Prva zabilježena upotreba skidera u šumarstvu datira iz Kanade i Norveške (Sever, 1980). Od tada tehnologija izrade ovih mašina se kontinuirano unapređuje s ciljem povećanja njihove produktivnosti.

Na produktivnost skidera utiču različiti faktori, uključujući gustinu mreže sekundarnih šumskih puteva, udaljenost privlačenja, nagib terena, prisustvo površinskih prepreka, nosivost tla, intenzitet sječe, dimenzije i vrstu sortimenata, tehničke karakteristike vozila, kao i potrebu za sortiranjem sortimenata na pomoćnom stovarištu.

Transport je veoma važna i najskuplja faza u proizvodnji drvnih sortimenata. Prema Sokolović i Bajriću (2013), troškovi transporta učestvuju sa do 80% u ukupnim troškovima proizvodnje šumskih drvnih sortimenata.

Odnos između troškova drumskog transporta, privlačenja i primicanja iznosi približno 1:10:100 (Ljubojević, 2010). Prema Jeličiću (1983), troškovi privlačenja su 20-30 puta veći u poređenju sa drumskim transportom na šumskom putu.

Izgradnja šumskih puteva ili traktorskih vlaka do svakog pojedinačnog stabla bila bi nemoguća, kako sa ekonomskog, tako i sa tehnološkog stanovišta. Umjesto toga, ovi putevi se grade do tačke od koje se svaki komad drveta može dohvatiti i prikupiti mašinama na tehnološki i ekološki prihvatljiv način.

Ograničavajući faktori u šumskim radovima u brdovitim područjima Bosne i Hercegovine uključuju nagib terena, mikroreljef s izraženim preprekama, nosivost dubokih zemljišta tokom perioda povećane vlažnosti, snijeg i led zimi, kao i prebirno gazdovanje sastojinama. Šume su uglavnom prirodne, mješovite i raznodobne, s prebirnom sječom, pojedinačnom ili skupinastom, u turnusima od po 10 godina. Jela, smrča, bukva i hrast kitnjak predstavljaju najvažnije komercijalne

vrste drveća. Traktorske vlake i putevi čine osnovnu mrežu sekundarne otvorenosti šuma, omogućavajući najbrži i najkraći pristup oborenim i obrađenim stablima (Marčeta et al., 2014).

Generalno za planiranje privlačenja drveta ključno je znati karakteristike terena. U svijetu postoje mnogobrojne klasifikacije terena prema zahtjevnosti za izvođenje šumskih radova. Prema Kantoli i Harsteli (1988), teren je podijeljen u pet klasa na osnovu nagiba: ravan (0-15%), blago nagnut (15-30%), umjereno nagnut (30-50%), nagnut (50-70%) i veoma nagnut (>70%). Ova klasifikacija omogućava procjenu pogodnosti terena za određene radove u šumarstvu, poput transporta drveta ili izgradnje šumske infrastrukture.

U Bosni i Hercegovini, specifične lokalne prilike utiču na pogodnost terena za izgradnju traktorskih vlaka i puteva. Maksimalan nagib terena koji se smatra pogodnim za ovu namjenu varira u rasponu od 45% do 60%, a ta vrijednost zavisi od dostupnih tehnologija i opreme. Ova ograničenja naglašavaju važnost prilagođavanja tehnologije specifičnostima terena kako bi se omogućila efikasna i sigurna eksploatacija šuma (Marčeta, 2019).

Sistemi iskorišćavanja šuma moraju biti prilagođeni specifičnostima određene zemlje, topografiji, vrstama drveća koje se nalaze na tom području, vrstama šumskih drvnih sortimenata koji se preferiraju i koje tržište očekuje, kao i tehnološkim, socijalnim i ekonomskim uslovima (Kulak et al., 2023).

Mnogi istraživači su se bavili proučavanjem karakteristika rada skiderom, naročito pronalaženjem uticajnih faktora za proces rada i produktivnost.

Kluender i Stokes (1996) su zaključili da grapl skideri ostvaruju veću brzinu i produktivnost u odnosu na skidere opremljene vitlom. Međutim, intenzitet sječe ima značajniji uticaj na produktivnost grapl skidera nego na skidere sa vitlom. Ovo se objašnjava činjenicom da grapl skideri moraju fizički prići svakom komadu drveta radi

privlačenja, dok skideri sa vitlom omogućavaju privlačenje većeg broja komada drveta iz jedne pozicije, što može značajno smanjiti ukupno vrijeme utrošeno na transport drveta.

Egan i Baumgras (2003) su proveli istraživanje odnosa između različitih sistema privlačenja u različitim sastojinskim uslovima, pri čemu su analizirali više faktora koji utiču na trajanje transportnog ciklusa. Rezultati su pokazali da postoji direktna proporcionalna zavisnost između distance privlačenja i trajanja transportnog ciklusa – što je distanca veća, to je potrebno više vremena za izvršenje jednog ciklusa. Nasuprot tome, ustanovljena je obrnuta zavisnost između udjela oborenih stabala u sastojini i trajanja transportnog ciklusa, gdje veći udio oborenih stabala dovodi do smanjenja trajanja ciklusa zbog veće koncentracije materijala (drveta) za privlačenje. Broj preostalih stabala po hektaru, kao i ukupan broj stabala prije sječe, nisu se pokazali kao faktori koji značajno utiču na trajanje transportnog ciklusa, što ukazuje na to da gustina sastojine prije i nakon sječe ne igra ključnu ulogu u efikasnosti privlačenja. Osim toga, istraživači su identifikovali ograničenja privlačenja koja su povezana sa maksimalnim brojem komada i zapreminom tovara koji skider može privući u jednom ciklusu.

Wang et al., (2004) su proveli studiju vremena i rada privlačenja drveta skiderom Timberjack 460, pri čemu su utvrdili da zapremina tereta i distanca privlačenja imaju najveći uticaj na ukupno trajanje transportnog ciklusa. Njihova analiza je obuhvatila i ispitivanje međusobne interakcije različitih varijabli u svakoj fazi procesa privlačenja drveta. Rezultati su pokazali da promjene u zapremini tereta i distanci značajno mijenjaju efikasnost privlačenja, dok dodatni faktori kao što su gustoća sastojine, nagib terena, prisustvo podrasta, zemljišna podloga i zapremina drveta koje se siječe takođe utiču na radni proces. Prenja njima gustoća sastojine direktno utiče na koncentraciju drveta koje je dostupno za privlačenje, dok nagib terena i karakteristike zemljišta određuju fizičku pristupačnost i ograničenja kretanja skidera. Prisustvo gustog podrasta često povećava vrijeme potrebno za kretanje i rukovanje drvetom, dok veća

zapremina pojedinačnih stabala smanjuje broj potrebnih ciklusa privlačenja, ali povećava trajanje svakog ciklusa.

Pravilno planiranje i postavljanje mreže šumskih vlaka ima značajan uticaj na efikasnost i održivost transporta drveta. Studije pokazuju da pravilna konfiguracija i raspored vlaka mogu smanjiti troškove privlačenja za čak 38%, dok istovremeno smanjuju oštećenja zemljišta za 50% (FAO, 2002).

Privlačenje drveta može se obavljati uz nagib ili niz nagib, pri čemu se, kada god uslovi to dozvoljavaju, preferira privlačenje niz nagib. Ovaj način rada donosi brojne prednosti, uključujući povećanu produktivnost, smanjenje operativnih troškova, minimiziranje oštećenja šumskog zemljišta i smanjeno habanje mehanizacije. Privlačenje niz nagib omogućava optimalno korišćenje gravitacije, čime se značajno smanjuje napor potreban za kretanje mehanizacije i transport drveta. Osim toga, smanjenje oštećenja zemljišta i vegetacije doprinosi očuvanju šumskih ekosistema, dok niži troškovi i manja potrošnja resursa povećavaju ekonomsku isplativost i dugoročnu održivost (Marčeta, 2019)

Prema preporukama istraživača, ogrevno drvo bi trebalo privlačiti zajedno sa oblim drvetom, jer ovaj pristup omogućava smanjenje ukupnih troškova transporta (Košir et al., 2009).

Mousavi (2009) je analizirao razlike u produktivnosti, ekonomičnosti i oštećenjima koja nastaju pri primjeni metoda kratkog i dugog drveta u iskorišćavanju šuma. Njegovi rezultati pokazuju da je metoda dugog drveta efikasnija i ekonomičnija, jer ostvaruje niže jedinične troškove u poređenju sa metodom kratkog drveta. Međutim, naglašeno je da uspješna primjena ovog metoda zavisi od posebne edukacije projekatana i izvođača radova. Njihova obuka je ključna za postizanje visoke efikasnosti, uz održavanje prihvatljivog nivoa oštećenja na terenu i u sastojinama.

Zečić i Marenče (2005) su analizirali karakteristike rada i efikasnost radne grupe tokom primicanja i privlačenja drveta uz pomoć dva

skidera. Njihovi rezultati pokazuju da norma rada (produktivnost) varira zavisno od distance: od 25,05 min/m³ za distancu od 150 metara, do 33,20 min/m³ za distancu od 650 metara. Ključni element analize bilo je dodatno radno vrijeme, koje uključuje zastoje u radu neizbježne tokom izvođenja radnog procesa. Kako bi se precizno izračunale norme rada, potrebno je kombinovati efektivno i dodatno radno vrijeme. Dodatno vrijeme se pridodaje efektivnom vremenu korišćenjem koeficijenta dodatnog vremena ili apsolutnih vrijednosti. U ovom istraživanju, koeficijenti dodatnog vremena za dva ispitivana skidera iznosili su 1,29 i 1,24, što jasno ukazuje na potrebu za uključivanjem ovih faktora u analizu produktivnosti.

Zečić i Krpan (2004) su analizirali grupni rad u sječi, izradi, privlačenju i utvrđivanju kvaliteta u prorednim radovima u planinskim sastojinama lišćara, starosti 55 i 70 godina, u sličnim uslovima. Istražene su dvije radne grupe. Grupa A sastojala se od pet radnika, dva skidera i tri motorne testere, dok je grupa B imala četiri radnika, dva skidera, dvije motorne testere i dodatnu opremu. Efektivno vrijeme rada sjekača u sječi variralo je od 36 % do 42,9 %, dok je u obradi i mjerenju iznosilo 21 %. Efektivno vrijeme skidera bilo je značajno veće, krećući se između 42,4 % i 59 %. Po stablu, efektivno vrijeme iznosilo je 3,62 do 3,77 min/stablo, dok je po kubnom metru variralo od 8,46 do 12,91 min/m³. Postignuti dnevni učinci skidera na distanci od 300 m za grupu A iznosili su 20,77 m³/dan, dok je optimizacijom taj učinak povećan na 67,02 m³/dan. U grupi B, dnevni učinak skidera bio je 17,25 m³/dan, a optimizovani učinak dostigao je 30,72 m³/dan. Prosječni učinci sjekača u grupi A iznosili su 4,15 m³/dan, dok je optimizacijom povećan na 8,38 m³/dan. U grupi B, sjekači su ostvarivali 4,31 m³/dan, a optimizacijom 7,68 m³/dan. Optimizacija radnih grupa dovela je do značajnog smanjenja jediničnih troškova. U grupi A, troškovi su sniženi sa 21,36 EUR/m³ na 6,62 EUR/m³, dok su u grupi B smanjeni sa 22,09 EUR/m³ na 12,41 EUR/m³.

Prema većini istraživanja posvećenih privlačenju drveta skiderima, ključni faktori koji značajno utiču na produktivnost su distanca

privlačenja, distanca primicanja, prosječna zapremina pojedinačnog sortimenta, zapremina cijelog tovara i nagib terena. Ovi faktori direktno utiču na efikasnost rada i trajanje transportnog ciklusa. Na primjer, veće distance privlačenja i primicanja zahtijevaju više vremena i resursa, dok veće zapremine drveta i tovara mogu povećati produktivnost, ali uz veće zahtjeve za snagom mašina i boljom organizacijom rada. Takođe, strmiji tereni povećavaju složenost i otežavaju efikasno privlačenje, što sve zajedno ukazuje na kompleksnu interakciju ovih parametara (Ghaffariyan et al., 2013; Sabo i Poršinsky, 2005).

Ghaffariyan et al. (2013) su pokazali da se vrijeme privlačenja po ciklusu može izraziti kao regresiona funkcija koja zavisi od nekoliko ključnih faktora, uključujući distancu privlačenja, distancu primicanja, zapreminu komada i nagib terena. Ovo ukazuje na značajan uticaj ovih varijabli na efikasnost privlačenja drveta. U svom istraživanju, autori su utvrdili prosječnu neto produktivnost od 18,51 m³/h, dok je prosječna bruto produktivnost bila nešto niža i iznosila je 14,51 m³/h. Skider Timberjack 450C se pokazao efikasnim u privlačenju drveta, a upravo privlačenje bilo najskuplja faza rada, sa troškom od 8,10 €/m³. Ukupni trošak sistema iznosio je 19,70 €/m³, pri čemu su sječa i obrada trupaca bile najmanje skupe faze.

Horvat et al. (2007) su analizirali tehničke karakteristike i proizvodne mogućnosti skidera ECOTRAC 120V u različitim uslovima rada. Primijenjena je morfološka analiza kako bi se utvrdile osnovne dimenzije i tehničke karakteristike skidera te njegova pripadnost odgovarajućoj grupi šumskih mašina. Skider ECOTRAC 120V karakteriše mala širina u odnosu na dužinu, prilagođena kretanju po vlakama širine do 2,5 m, kao i visoka specifična snaga motora u odnosu na masu vozila. Takve osobine mu omogućavaju efikasno privlačenje drveta uz manja oštećenja zemljišta i veću mobilnost na zahtjevnim terenima. Produktivnost je istraživana na dva radilišta: na brdovitom terenu nakon pripremnog sijeka i na planinskom terenu nakon prebirnog sijeka. Rezultati pokazuju da produktivnost primarno zavisi od gustoće sječe i brzine privlačenja, dok zapremina tovara nije

ključni faktor. Prosječne dnevne učinkovitosti iznosile su 46,38 m³/dan za brdski teren i 39,92 m³/dan za planinski teren, uz razlike u utrošku vremena zbog specifičnih terenskih uslova i metoda rada. Izračunate brzine kretanja opterećenog i neopterećenog skidera bile su značajno niže na planinskom radilištu zbog složenijih uslova i većih tovara. Troškovi privlačenja po jedinici proizvoda kretali su se od 3,74 do 6,05 EUR/m³, zavisno od udaljenosti privlačenja i uslova radilišta. Morfološka analiza ukazuje na rastući trend povećanja snage motora u odnosu na masu, što doprinosi boljoj vučnoj snazi i efikasnijem radu na strmim terenima.

Analiza utroška vremena za skider ECOTRAC 120V pokazala je značajne razlike u strukturi efektivnog i dodatnog vremena između radilišta na kojim se vršeno istraživanje, što direktno utiče na produktivnost. Na brdskom radilištu nakon pripremnog sijeka, efektivno vrijeme činilo je 47,06 % ukupnog radnog vremena, dok je na planinskom radilištu nakon prebirnog sijeka taj udio bio znatno veći, 80,20 %. Na planinskom radilištu, veća prosječna udaljenost privitlavanja (primicanja), 21,8 m naspram 10,5 m na brdovitom radilištu i duže vrijeme utrošeno na pozicioniranje i formiranje tovara doprinijeli su većem udjelu efektivnog vremena, ali i povećanom dodatnom vremenu. Dnevni učinak na brdovitom radilištu iznosio je 20,88 m³/dan, dok je na planinskom bio 31,88 m³/dan, zahvaljujući većoj prosječnoj veličini tovara i boljoj organizaciji rada. Dodatno vrijeme, koje uključuje kašnjenja, pauze i pripreme aktivnosti, iznosilo je 34,25% efektivnog vremena na brdovitom radilištu i 17,95% na planinskom, s faktorima dodatnog vremena od 1,34 i 1,18. Ovi podaci ukazuju na važnost optimizacije rada kako bi se smanjilo dodatno vrijeme i povećala ukupna produktivnost, naročito u zahtjevnim terenskim uslovima. Ovaj rad potvrđuje važnost morfoloških analiza za razvoj i optimizaciju konstrukcijskih rješenja skidera, osiguravajući efikasnost i smanjeni utjecaj na okolinu, što je ključno za održivo šumarstvo (Horvat et al., 2007).

U istraživanju Bembeneka et al. (2011), analizirane su performanse grapl skidera HSM 904Z 6WD u smislu produktivnosti, uticaja na

zemljište i prirodno podmlađivanje u 140-godišnjoj bukovoj sastojini u Poljskoj. Glavni ciljevi istraživanja uključivali su procjenu operativne efikasnosti mašine, mjerenje promjena zbijenosti i zbijanja zemljišta (korišćenjem cilindričnih uzoraka i penetrometrijskih testova) te utvrđivanje nivoa oštećenja prirodnog podmlađivanja tokom sječe i privlačnja drveta. Prosječna zapremina drveta po stablu je bila 1,8 m³. Rezultati su pokazali prosječnu operativnu produktivnost od 21,0 m³/h tokom privlačenja trupaca prečnika preko 7 cm s korom, pri čemu je 38 % prirodno podmlađenih stabala pretrpjelo oštećenja, uglavnom od obaranja (28 %), dok je oštećenje od privlačenja iznosilo 18 %. Visoka produktivnost proizlazi iz tehničkih karakteristika mašine, kao što su snažan Iveco motor od 176 kW, pogon na šest točkova sa širokim gumama, i hidraulični kran podiznog kapaciteta od 5 tona. Privlačenje trupaca vršeno je u dvije faze: prvo pojedinačno privlačenje trupaca do šumskih puteva, a zatim formiranje tereta od tri trupca prije konačnog transporta do stovarišta. Ove tehničke i operativne prednosti omogućile su značajnu uštedu vremena, posebno na ravnim i lako pristupačnim terenima, dok je prosječna zapremina tereta od oko 6 m³ po ciklusu dodatno povećavala efikasnost.

Promjene u zbijenosti zemljišta u kolotrazima skidera bile su statistički značajne, pri čemu se gustina zemljišta povećala za 0,15–0,30 g/cm³, dok je zbijenost (mjereno penetrometrom) dostigla maksimalnu vrijednost od 2,77 MPa na dubini do 40 cm. Autori su istakli da je visoka produktivnost skidera rezultat optimizacije radnog procesa i tehničkih karakteristika mašine, uključujući pogon na šest točkova i visoku vučnu snagu. Međutim, negativan uticaj na prirodno podmlađivanje i zemljište ukazuje na potrebu za daljim unapređenjem mašina i planiranja šumskih puteva kako bi se smanjila degradacija zemljišta i vegetacije.

Sabo i Poršinsky (2005) su istraživali produktivnost skidera Timberjack 240C, opremljenog dvobubanjnim vitlom Konrad Adler HY 16, prilikom privlačenja jelove oblovine iz prebirnih šuma Gorskog Kotara. Timberjack 240C je opremljen je četverocilindarskim dizel motorom

Cummins 4BTA s turbo punjačem, koji razvija snagu od 75 kW pri 2.200 min^{-1} i obrtni moment od 423 Nm pri 1.500 min^{-1} . Ima masu 8409 kg i pogon na sva četiri točka.

Istraživanja su provedena na području Uprave šuma Delnice, u odsjecima 31b i 74b, koji su se razlikovali po stepenu stjenovitosti. Odsjek 31b imao je ravniji teren bez stjenovitosti, dok je odsjek 74b bio karakterističan po stjenovitosti koja je obuhvatala do 50% površine. Oba radilišta imala su mrežu traktorskih puteva gustine oko 100 m/ha . Metodologija istraživanja uključivala je detaljno provođenje studije vremena i rada. Rezultati su pokazali da je prosječna brzina kretanja neopterećenog skidera po traktorskom putu iznosila $5,33 \text{ km/h}$, dok je brzina opterećenog skideta bila za 25,1% niža i iznosila $3,99 \text{ km/h}$. Na stovarištu, brzine su bile značajno više: $8,77 \text{ km/h}$ za neopterećeni traktor i $4,69 \text{ km/h}$ za opterećeni traktor, što je smanjenje od 46,5% u odnosu na brzinu neopterećenog vozila. Vrijeme utrošeno na poslovima u sječni iznosilo je u prosjeku 6,95 minuta po ciklusu, dok je vrijeme utrošeno na radovima na stovarištu bilo 3,71 minuta po ciklusu. Prosječna ostvarena zapremina tovara iznosila je $4,4 \text{ m}^3$ po ciklusu, a sastojao se od šest komada oblovine, pri čemu je prosječna zapremina jednog komada bila $0,6 \text{ m}^3$, a prosječna dužina 8 m (Sabo & Poršinsky, 2005).

Što se tiče potrošnje goriva, prosjek je iznosio 6,9 l po satu rada, što odgovara potrošnji od 0,52 l po m^3 privučenog drveta. Produktivnost skidera zavisila je od udaljenosti privlačenja i kretala se od $16,9 \text{ m}^3/\text{h}$ za udaljenost od 50 metara do $9,9 \text{ m}^3/\text{h}$ za udaljenost od 400 m. Jedinični troškovi privlačenja varirali su između 1,6 EUR/ m^3 za kraće udaljenosti i 2,7 EUR/ m^3 za veće udaljenosti. Razlika u stjenovitosti između radilišta nije značajno uticala na performanse, uključujući produktivnost i troškove rada. Uočeno je nekoliko tehničkih nedostataka na skideru Timberjack 240C, poput neadekvatne vidljivosti prednjeg noža iz kabine, potrebe za poboljšanjem hidrauličnih valjaka za pravilno namotavanje kabla na vitlo, kao i mogućnosti korištenja tanjeg kabla radi olakšavanja rada (Sabo & Poršinsky, 2005).

Porter i Strawa (2006) su se bavili proučavanjem strukture radnog dana i produktivnosti tehnoloških operacija prilikom privlačenja drveta skiderom s vitlom LKT 81T u jelovim sastojinama smještenim na planinskom terenu. Rad je vršen u teškim planinskim uslovima, gdje topografija i dostupnost komunikacione infrastrukture značajno utiču na radni proces. Rezultati istraživanja pokazuju da je prosječno trajanje smjene za tehnološko vrijeme bilo 5 časova (h), dok su operacije privlačenja trajale nešto duže, u prosjeku 7,5 h. Prosječna produktivnost tehnoloških operacija iznosila je 5,46 m³/h, dok je dnevna produktivnost privlačenja bila 53,63 m³/RD, odnosno 7,15 m³/h. Prosječna distance se kretala od 1400 do 2000 m, a prosječna zapremina tereta prelazila je 9 m³, sa 3–6 komada u jednom ciklusu. Privlačenje je prouzrokovalo oštećenja na stablima uz šumske puteve i trase formiranja tereta, uglavnom zbog slabe infrastrukture.

Zečić (2006) u svom istraživanju ističe da su skideri LKT imali zadovoljavajuće morfološke karakteristike, ali su tehnička rješenja bila zastarjela, posebno u kontekstu ekoloških standarda. S druge strane, skider Timberjack 240C, uprkos visokoj produktivnosti, ocijenjen je kao prevelik za lokalne šumske uslove, sa neadekvatno usklađenim ergonomskim rješenjima. Krpan i Zečić (2001) proveli su istraživanje produktivnosti privlačenja drveta metodom poludeblovnog rada koristeći Timberjack 240C skider. U glavnoj sječi, gdje je intenzitet sječe iznosio 95,93 m³/ha, a prosječna zapremina stabla 4,16 m³, prosječna zapremina tereta iznosila je 4,24 m³, dok je u pripreмној sječi, sa gustoćom sječe od 54,04 m³/ha i zapreminom stabla od 1,94 m³, prosječna postignuta zapremina tereta bila 6,31 m³.

Istraživanja sprovedena u selektivnim sastojinama s različitim intenzitetima sječe (54,2 m³/ha i 70,0 m³/ha) i prosječnim zapreminama stabala (3,2 m³ i 3,9 m³) pokazala su slične rezultate u pogledu zapremine tereta, dok je učešće produktivnog radnog vremena u ukupnom vremenu rada ostalo ujednačeno. Zečić (2006) je u pripreмној sječi tvrdih lišćara sa gustom od 128,11 m³/ha i prosječnom zapreminom stabla od 0,52 m³, te prosječnom distancom primicanja od 10,5 m, zabilježio prosječnu zapreminu tereta od 2,78

m³. U prebirnoj sječi, pri gustoći od 46,05 m³/ha i prosječnoj zapremini stabla od 1,59 m³, postignuta je zapremina tereta od 5,34 m³ pri radu skiderom Ecotrac 120V (Zečić, 2006).

Faktori poput intenziteta sječe utiču na trajanje radnih operacija, ali se kao ključni faktor za produktivnost ističe prosječna zapremina stabla. Veće zapremine stabala, odnosno sortimenta, omogućavaju formiranje optimalnog tereta uz kraće distance primicanja, često uz korišćenjem samo jednog doboša vitla. Zaključeno je da se najveća produktivnost može postići kada postoji optimalan balans između veličine tereta i vremena potrebnog za njegovo formiranje (Zečić et al., 2019). Dodatno radno vrijeme, prema istim autorima, u većoj mjeri zavisi od organizacije i nadzora rada nego od sastojinskih faktora.

Zečić et al. (2019) su utvrdili da skider Ecotrac 120V postiže produktivnost od 34,6 m³/dan do 43,3 m³/dan pri distanci privlačenja od 500 m i prosječnoj zapremini tereta od 3,05 do 3,72 m³ u bukovim sastojinama. Iako su skideri, prema mnogim literarnim izvorima, namijenjeni za distance do 400 m (Pentek et al., 2008; Zečić et al., 2010; Lotfalian et al., 2011; Borz et al., 2014; Borz et al., 2015), u ovom istraživanju zabilježene su distance privlačenja veće od 800 m, što u BiH nije neuobičajeno. Knežević et al. (2018) su u svom istraživanju evidentirali distancu pune vožnje skidera Ecotrac 120V do čak 1526 m.

Rad Behjou et al. (2008) istražuje produktivnost i troškove rada skidera Timberjack 450C u Kaspijskim šumama, gdje se primjenjuje metoda selektivne sječe. Studija je sprovedena u odjelu 231 u šumi Chafroud, u provinciji Guilan na sjeveru Irana. Ukupna površina područja istraživanja iznosila je 66 ha, sa prosječnim nagibom terena od 30% (u rasponu od 20% do 60%). Nadmorska visina lokaliteta varirala je između 1350 i 1550 m. Radilo se o bukovoj sastojini sa prosječnom zalihom drvne mase od 320 m³/ha. Debla su bila privlačena niz padinu do stovarišta pomoću skidera Timberjack 450C.

Rezultati istraživanja ukazuju na prosječno vrijeme privlačenja od 9,37 min/ciklus, ne uključujući zastoje. Glavni faktori koji su uticali na ukupno vrijeme bili su udaljenost privlačenja, udaljenost primicanja i interakcija između udaljenosti privlačenja i nagiba terena.

Produktivnost skidera Timberjack 450C je bila od 20,51 m³/h bruto i 22,93 m³/h neto. Troškovi rada izračunati su na osnovu bruto i neto produktivnosti, pri čemu je bruto trošak iznosio 6,31 USD/m³, dok je neto trošak iznosio 6,22 USD/m³. Ovi troškovi su direktno povezani sa prosječnom udaljenošću privlačenja od 290 m. U analizi zastoja zabilježena su prosječna kašnjenja (zastoji) od 0,99 min/ciklus. Najčešći su bili operativni zastoji (52%), tehnički zastoji (28%) i personalni zastoji (19%). Zaključak studije ističe da su udaljenost privlačenja i primicanja vitlom, zajedno s nagibom terena, ključni faktori koji utiču na produktivnost i troškove. Da bi se postigla optimalna produktivnost, preporučuje se bolja organizacija rada, smanjenje operativnih zastoja i primjena usmjerenog obaranja stabala. Takođe, redovno tehničko održavanje i pravovremena nabavka rezervnih dijelova ključni su za smanjenje tehničkih zastoja (Behjou et al., 2008).

Kada je u pitanju potrošnja goriva Mioč (2022) je analizirao potrošnju goriva skidera na području šumarije Kupres, s fokusom na uticaj udaljenosti privlačenja, terenskih uslova i tehničkih karakteristika mašina. Istraživanje sprovedeno na osam skidera (pretežno modeli Timberjack 240B i 240C) u 19 odjela pokazalo je da prosječna potrošnja goriva iznosi 1,1 l/m³, nešto više od opšteprihvaćene norme od 1 l/m³. Glavni faktori koji su uticali na potrošnju su udaljenost privlačenja, tehničke karakteristike skidera i vještina rukovatelja, dok tip terena nije pokazao značajnu statističku razliku u potrošnji. Zaključeno je da se potrošnja goriva može optimizirati kroz bolju organizaciju rada i obuku rukovatelja, pri čemu rezultati rada nude osnovu za ekonomičnije planiranje privlačenja drveta u sličnim uslovima.

2.1.4. Uticaj skidera na sastojinu

Iako procesi sječe i izrade takođe uzrokuju oštećenja, istraživanja pokazuju da privlačenje drveta ima još izraženiji negativan uticaj, pri čemu se bilježi veći stepen oštećenja na preostaloj vegetaciji (Vasiliauskas, 1993). Oštećenja preostale sastojine mogu imati dugoročne negativne posljedice na prihode šumarstva i drvne industrije, uključujući pojavu truleži, gubitak zapremine i smanjenje vrijednosti drveta (Han & Kellogg, 2000). Prema istim autorima oštećenja rezidualnih stabala tokom komercijalnih proreda značajno zavise od korišćenog sistema za privlačenje i transport drveta. Ova oštećenja su primarno rezultat fizičkog kontakta stabala sa skiderima i sortimentima duž vlaka. Glavna oštećenja uključuju ožiljke na donjim dijelovima stabala, uklanjanje kore i sloja kambijuma, kao i teška oštećenja korijenovog sistema usljed čestih prolaza skidera i nivelacije terena. Ožiljci uzrokovani skiderima su ozbiljniji u poređenju s ožiljcima izazvanim drugim tehnologijama jer su koncentrisani u neposrednoj blizini vlaka ili trasa kojim se drvo privlači. Prema (Han i Kellogg, 2000) više od 80% oštećenih stabala se nalazi unutar 4,5 m od centra vlake, pri čemu su ožiljci često locirani na nižim dijelovima debla, što povećava rizik od truleži i smanjenje buduću vrijednost stabla. Duboko ukopavanje točkova ili gusjenica, kao i vuča trupaca, dodatno pogoršavaju oštećenja korijenovog sistema, što može uticati na stabilnost i rast stabala.

Značajan problem kod skidera je nepravilno projektovanje vlaka. U slučaju preuskih trasa ili oštih krivina, skider često dodiruje stabla koja se nalaze uz stazu, uzrokujući oštećenja debla. Visoki panjevi dodatno otežavaju kretanje skidera i povećavaju vjerovatnoću kontakta s dubećim stablima. Primjena zaštitnih sredstava, poput drvenih ili gumiranih ploča na stablima uz vlake, može značajno umanjiti štetu. Takođe, korišćenje starih vlaka za privlačenje, koje su već stabilne i očišćene od visokih panjeva, smanjuje potrebu za dodatnom pripremom terena i time smanjuje rizik od šteta. Sezonski aspekt je takođe ključan – zimski radovi na zamrznutom zemljištu

moгу značajno umanjiti oštećenja u odnosu na radove tokom ljetnih mjeseci.

Iako procesi sječe i izrade takođe uzrokuju oštećenja, istraživanja pokazuju da privlačenje drveta ima izraženiji negativan uticaj, pri čemu se bilježi veći stepen oštećenja na preostaloj vegetaciji (Vasiliauskas, 1993).

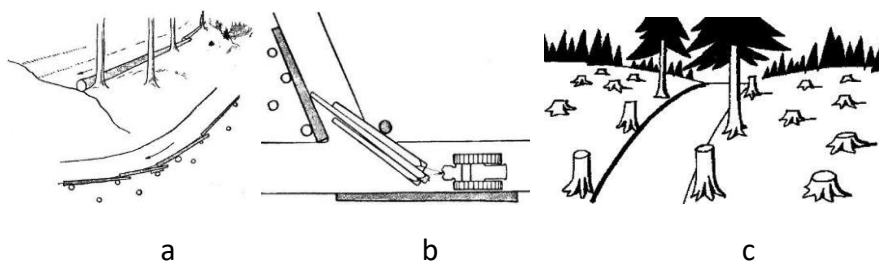
Oštećenja na dubećim stablima nisu važna samo u pogledu njihove rasprostranjenosti već i u pogledu posljedica koje izazivaju. Kada dođe do povrede površine stabla (oljuštene kore ili ogoljenog drveta), trulež koja obično nastane se širi od površine stabla prema sredini, značajno ugrožavajući vitalnost. Ukoliko je korijen oštećen na udaljenosti većoj od 50 cm od debla, postoji šansa da se trulež proširi samo do visine panja. Međutim, ukoliko je korijen oštećen bliže od 50 cm od debla, trulež se može proširiti kroz centralni dio debla, što dovodi do smanjenja kvaliteta drveta, dok se, ako su takve pojave učestale, postepeno pogoršava i vitalnost cijele sastojine.

S obzirom na to da brzina širenja truleži opada sa starošću stabla, suviše uske vlake i nepravilan rad najteže posljedice uzrokuju u mlađim sastojinama. Širina vlake trebala bi se modelovati prema sljedećim parametrima: širina mašine, npr. 250 cm, uz dodatak 50 cm sa svake strane mašine kako bi se smanjila mogućnost oštećenja stabala – dakle, ukupno 100 cm. Kod forvardera, dodatno je potrebno 50 cm sa svake strane za rad hvataljke, jer drvo treba da se opruži unutar profila vlake kako bi se izbjeglo oštećenje vegetacije na rubovima. Prema tome, minimalna širina vlake za traktore s vitlom širine 250 cm iznosi 350 cm, dok za forvardere iznosi 450 cm.

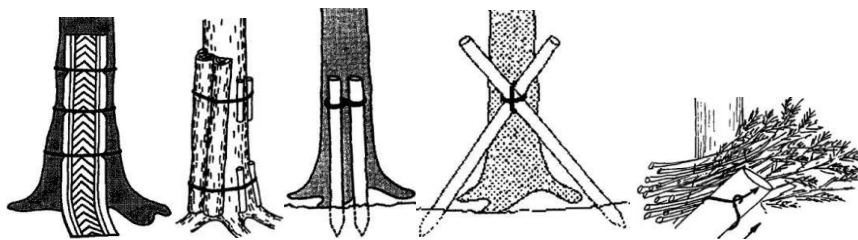
Odgovarajuće proširivanje vlaka na krajevima je neophodno, posebno u krivinama i na izlazima iz vlaka prema stovarištima pored puta. Kod prorednih sječa na ravnim terenima, pri privlačenju cijelih stabala, potrebno je proširiti vlaku na 10 m kada se vlaka otvara prema stovarištu pod uglom od 60°, odnosno na 12 m za ugao od 90°. Ako se proširenje planira na obje strane trase (što je praktično), potrebno je

jednako proširenje sa obje strane. Postepeno proširenje vlake treba početi najmanje 7 m prije skretanja na trasi.

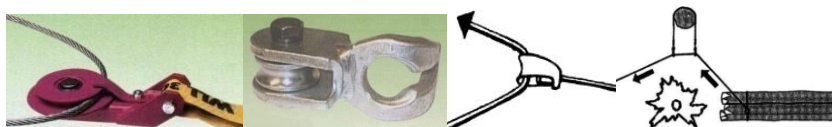
Kontakt drveta pri privlačenju s rubnim stablima u sastojini se ne može u potpunosti izbjeći, čak ni pri optimalnoj širini vlake, posebno u krivinama i na terenima sa poprečnim nagibima gdje privučeni trupci mogu skliznuti u stranu. Zbog toga je neophodno zaštititi rubna stabla od oštećenja primjenom jednostavnih i jeftinih metoda (Slike 3, 4 i 5).



Slika 3. Metode zaštite dubećih stabala i podmlatka pri privlačenju skiderom (*a*-ograđivanje trase privlačenja privremeno odloženim trupcima; *b* – zaštita stabala u blizini krivina; *c* - zaštita podmlatka pomoću viših panjeva)



Slika 4. Zaštita rubnih stabala na vlakama jednostavnim metodama



Slika 5. Pomagala kod primicanja/privlačenja drveta skiderom

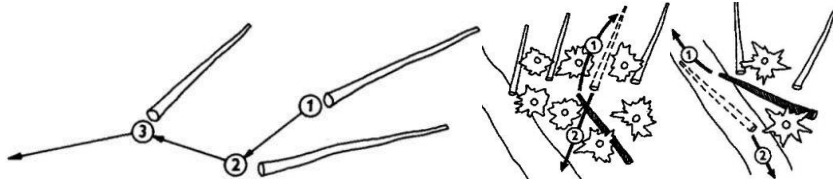
Zaštita stabala u blizini stovarišta pri privlačenju drveta skiderima ključna je za očuvanje preostalih stabala i smanjenje šteta koje nastaju

usljed kontakta trupaca sa stablima tokom manipulacije drvetom. Stabla koja se nalaze u blizini stovarišta posebno su ugrožena jer se trupci često kotrljaju prema njima bez ikakve zaštite. Kako bi se smanjila oštećenja, preporučuje se zaštita stabala do visine složenog drveta, što se može postići vezivanjem šipki i postavljanjem privremenih barijera. Posebnu pažnju treba posvetiti i stablima na koja se postavljaju usmjeravajući koturovi, koje uvijek treba vezivati u pravcu rezultantne sile. Ukoliko se koturovi zbog zatezanja užeta okrenu u pravcu sile, može doći do oštećenja kore, naročito u periodima intenzivnog kretanja sokova. Pravilnim mjerama zaštite smanjuje se rizik od trajnog oštećenja stabala i čuva ekološka stabilnost sastojine.

Prvo se privlače stabla (trupci) koja leže direktno na vlaci ili u neposrednoj blizini vlake, a zatim se prelazi na udaljenije dijelove sastojine. Neophodno je provoditi usmjerenu sječu kako bi se trupci oborili u pravcu vlake, a na samim vlakama treba primjenjivati odsijecanje panjeva što bliže zemlji. Nikada se ne smije vršiti privlačenje preko već oborenih stabala, a trupci koji nisu položeni u idealnom pravcu privlačenja moraju se prethodno usmjeriti u taj pravac kako bi se umanjila vjerovatnoća oštećenja i povećala efikasnost rada.

Formiranje tereta kod drveća manjih prečnika, odnosno tanjih debala, zahtijeva posebnu pažnju kako bi se osigurala stabilnost i efikasnost privlačenja. Prilikom formiranja tereta, tanji trupci treba da se postavljaju u složajevе, s većim brojem komada po turi kako bi se optimalno iskoristio kapacitet skidera (Slika 6). Trupci se slažu paralelno i što bliže jedan drugom kako bi se smanjio rizik od ispadanja prilikom privlačenja. Ključna tehnika podrazumijeva formiranje ravnornjernih složajeva pri čemu se najduži i najteži komadi postavljaju na dno tereta, dok se kraći i lakši trupci slažu na vrh. Važno je obratiti pažnju na pravilno vezivanje tereta sajlama ili lancima, naročito kod sortimentnog metoda, kako bi se spriječilo rasipanje prilikom transporta. Osim toga, prilikom formiranja tereta treba voditi računa o tome da teret ne prelazi kapacitet nosivosti vitla

ili skidera, te da se distribucija mase tereta ravnomjerno rasporedi radi održavanja stabilnosti tokom privlačenja. Efikasno formiranje tereta kod drveća malih dimenzija smanjuje broj radnih ciklusa i povećava produktivnost, istovremeno minimizirajući oštećenja na preostalim stablima i šumskom zemljištu.



Slika 6. Formiranje složaja kod manjih sortimenata i usmjeravanje debla u pravcu privlačenja

U sastojini se često nalaze stalni ili privremeni vodotoci koji se moraju prelaziti mostovima, privremeno postavljenim čeličnim cijevima ili jednostavnim prelazima napravljenim od privremeno položenih trupaca u vodotok, koji omogućavaju protok vode. Prelazak skidera direktno kroz vodotok treba izbjegavati jer može značajno narušiti ekosistem vodotoka. Vodni režim u sastojini može biti poremećen i uvođenjem nagibnih puteva i vlaka koji formiraju mrežu za prikupljanje padavinske vode. Kako bi se spriječio uticaj vode na privlačenje, vlake se u pravilnim razmacima prekidaju poprečnim odvodnim kanalima, iskopanim pomoću traktorskog pluga, koji preusmjeravaju vodu u prirodne udolice.

Sabijanje zemljišta ima negativne posljedice kako na upravljanje vodama, tako i na gazdovanje šumama. Budući da je manje vidljivo od erozije, često mu se pridaje manja pažnja. Stepenn sabijanja pod točkovima mašina proporcionalan je pritisku u gumama i zavisi od pritiska na zemljište, sadržaja vlage, teksture podloge (procenta skeleta), stepena plastičnosti zemljišta, udjela početne poroznosti, veličine kontaktne površine gume s podlogom, kao i debljine humusnog sloja ili sloja drugog organskog materijala (npr. grane).

Sabijanje zemljišta u tragovima guma stvara kolotrage koji odvede površinsku vodu, što može inicirati pojavu erozionih jaruga. Negativni efekti su izraženiji kod dubljih, užih i glatkih tragova, posebno ako su rezultat proklizavanja točkova i ako odvede veću površinsku vodu. Najmanje štetni su široki, plitki kolotrazi s jasno definisanim otiskom gume, koji su usmjereni pod pravim uglom u odnosu na konture terena, kako bi se smanjio protok površinske vode.

Dubina kolotraga proporcionalna je stepenu sabijanja zemljišta i često se koristi kao indikator ekološki prihvatljivog privlačenja drveta u nekim zemljama. Skandinavija, na primjer, ne dozvoljava dubinu kolotraga veću od 10 cm, dok Njemačka ograničava tu dubinu na 15 cm. Sabijanje uzrokuje povećanje zasićenja zemljišta vlagom, što može biti korisno u šumskim rasadnicima, ali pri privlačenju drveta dovodi do stvaranja lokvi i natapanja na vlakama bez mogućnosti drenaže vode.

Stepen sabijanja je intenzivniji i dublji na vlažnom zemljištu u poređenju sa suvim, zbog čega sezona izvođenja radova značajno utiče na posljedice primjene mehanizacije s točkovima. Negativan uticaj sabijanja na produkcionu kapacitet šumskog zemljišta dokazan je i u poljoprivredi i u šumarstvu. Ipak, mogućnosti za regeneraciju su znatno veće u poljoprivredi, gdje se zemljište može obraditi, dok je u šumarstvu regeneracija moguća samo prirodnim procesima, poput smrzavanja i odmrzavanja zemljišta, rasta korijena drveća i drugih biljaka, mikrobne aktivnosti i aktivnosti životinja. Povratak zemljišta u prvobitno stanje može trajati i do 50 godina, što ekološki problem čini i ekonomskim, jer dolazi do gubitaka u proizvodnji.

Najveći porast gustoće zemljišta dešava se nakon prvog prolaska vozila, nakon čega se nastavlja do petog prolaza, da bi nakon opao opao intenzitet promjena. Zbog toga se pet prolaza smatra kritičnim brojem, iz čega proizlaze sljedeće preporuke:

- Privlačenje drveta treba izvoditi u periodima zamrzavanja tla ili tokom sušnih perioda.

- Na lokalitetima s niskom koncentracijom drveta za sječu, gdje se očekuje da će svaka vlaka biti korištena manje od pet puta, treba koristiti veće tovore uz manji broj prolazaka.
- Na lokalitetima s visokom koncentracijom drveta za sječu, gdje se očekuje više od pet prolazaka po vlaci, treba koristiti manje tovore uz veći broj prolazaka.

Za praktične potrebe važno je poznavati granicu specifičnog pritiska na podlogu iznad koje dolazi do neizbježnog narušavanja zemljišta. Za šumska zemljišta, koja su najčešće vlažna, prihvaćena je granica od 100 kPa, što znači da je vrijednost od 50 kPa, koja se koristi u nekim klasifikacijama nosivosti terena, ograničenog značaja za određivanje nosivosti vozila. Uobičajeni pritisak koji stvaraju šumske mašine kreće se od 100 kPa kod traktora sa širokim gumama, pa do 200 kPa kod šumskih zglobnih skidera. Zbog toga je jasno da se ovakve mašine mogu koristiti u suvim ili zamrznutim uslovima, dok se u vlažnim uslovima mogu očekivati problemi s formiranjem kolotruga.

Izračunavanje pritiska gazne površine terenskih vozila obično se zasniva na površini otiska gume na mekoj podlozi, gdje guma tone do 15% svoje statičke visine. Upoređujući različita vozila, bolja procjena pritiska postiže se mjerenjem na tvrdoj podlozi zbog manjeg odstupanja u rezultatima. Gusjenične šumske mašine, kod kojih gazna površina iznosi 70-80% površine podvozja, obično stvaraju pritisak od 40-70 kPa, dok specijalizovana vozila za održavanje snijega na skijalištima imaju pritisak manji od 20 kPa.

Primjenjivost skidera u privlačenju drveta zavisi od nosivosti tla. Prema Nikoliću (1993) specifični pritisak skidera točkaša iznosi približno 1,4 daN/cm², dok je kod gusjeničara oko 0,3 daN/cm². Suvo zemljište ima nosivost od 2 do 5 daN/cm², što znači da točkaš u takvim uslovima odgovara zahtjevima terena. S druge strane, mokro zemljište u nizinskim predjelima ima nosivost od 0,2 do 1,0 daN/cm², pa se u takvim uslovima preporučuje upotreba skidera gusjeničara zbog manjeg specifičnog pritiska na podlogu (Nikolić, 1993).

Tokom vožnje po kosinama, opterećenje na jednoj strani gusjeničnog podvozja može se povećati i do 3,2 puta. Oštećenja zemljišta prilikom okretanja vozila su uglavnom površinska, dok sabijanje u dubini ostaje minimalno. Kod vozila sa niskim pritiskom u gumama (80-100 kPa, a ponekad i ispod 60 kPa) smanjuje se sabijanje, posebno u površinskom sloju, sprječava se formiranje uskih i dubokih kolotruga, a vučna sila se efikasnije prenosi. Dodatne prednosti uključuju smanjenje oštećenja korijena, bolju stabilnost mašine i udobnost za operatera. Nedostaci su znatno viša cijena i veća vjerovatnoća oštećenja/probijanja gume. Gazna površina guma niskog pritiska obično iznosi 25-37 % ukupne projektovane površine oslonca, a na plastičnom zemljištu može dostići i do 50 %. Prilikom vožnje po nagibima, najopterećeniji točak može nositi i do 65 % ukupnog opterećenja mašine.

Točkovi skidera mogu savladati ugaone neravnine mikroreljefa do jedne trećine svog prečnika i udubljenja do polovine prečnika. Prema konstrukciji osovine, okrugle prepreke i udubljenja se obično mogu savladati do jedne četvrtine međuosovinskog rastojanja. Gume niskog pritiska pokazuju navedene karakteristike samo ako su naduvane na propisani pritisak. Međutim, u praksi se većina ovih guma prenaduvava, jer se time smanjuje rizik od bušenja. Dodatni razlog za prenaduvavanje je potreba za stabilnošću prilikom transporta mašina na prikolicama s više točkova, gdje nedovoljno naduvane gume mogu izazvati nestabilnost i zanošenje vozila u krivinama. U šumarskoj praksi gume niskog pritiska još uvijek nisu u potpunosti prihvaćene, jer čak i one mogu izazvati sabijanje zemljišta ako je vlažno. S druge strane, ako je zemljište suvo ili zamrznuto, ni standardne gume ne izazivaju kritično sabijanje. Stoga je u praksi ekonomičnije i pouzdanije poštovati optimalne sezonske uslove za privlačenje drveta, nego se oslanjati na skupa tehnička rješenja koja zavise od pouzdanosti ljudskog faktora.

2.1.5. Stanje u Republici Srpskoj

U Republici Srpskoj, proces sječe i izrade drveta se tradicionalno oslanja na upotrebu motornih testera i primjenu sortimentnog metoda iskorišćavanja šuma. Ovaj metod podrazumijeva sječü stabala i izradu sortimenata kao što su trupci, ogrevno drvo ili drugi proizvodi u standardizovane dimenzije kod panja, prije transporta do stovarišta ili krajnjeg odredišta.

Primjena poludeblovnog i deblovnog metoda je rijetka, iako se u izvedbenim projektima često planira (projektuje) poludeblovni metod. Poludeblovni metod podrazumijeva transport dijelova debla do mjesta daljnje obrade, dok deblovni metod podrazumijeva transport cijelog debla bez grana. Ovi metodi zahtijevaju specijalizovanu mehanizaciju i infrastrukturu, što je jedan od razloga njihove ograničene upotrebe u regionu.

Metod cijelog stabla, koji obuhvata transport kompletnog stabla sa svim granama i lišćem, kao i metod iveranja, gdje se drvo odmah prerađuje u iver ili slične proizvode na mjestu sječe, trenutno se ne primjenjuju u Republici Srpskoj.

Kod dosljedno provedenog sortimentnog metoda iskorišćavanja šuma, kako je to bila praksa u BiH, prostorno drvo se podrazumijevano iznosi uz pomoć animala. Međutim, zbog sve izraženijeg nedostatka kvalifikovane radne snage, a posebno animalne radne snage, značajne količine prostornog drveta ostaju neiskorišćene u šumi, što predstavlja direktan ekonomski gubitak i neodrživu praksu. Pored ekonomskih gubitaka, ostavljanje prostornog drveta u šumi ima i negativne ekološke posljedice, poput povećanog rizika od šumskih požara i narušavanja biodiverziteta.

U Bosni i Hecegovini, pa i u Republici Srpskoj se uglavnom koriste skideri sa vitlom, i to na način da se skideri smiju kretati isključivo po vlakama, a sa površina između vlaka drvo se primiče uz pomoć vitla do vlaka. Obično je udaljenost primicanja do 50 m (Marčeta, 2019).

Na području bivše Socijalističke Republike Bosne i Hercegovine provedena je nekolicina značajnih istraživanja koja su se fokusirala na deblovn i poludeblovni metod iskorišćavanja šuma. Radovi autora poput Kulušića (1981) i Ljubojevića (1990) ukazivali su na prednosti ovih metoda, ali su istovremeno naglašavali potrebu za unapređenjem organizacije proizvodnog procesa kako bi se postigli optimalni rezultati. Posebno je istaknuto da bi pravilna implementacija deblovnog i poludeblovnog metoda mogla unaprijediti efikasnost i smanjiti troškove u eksploataciji šuma, pod uslovom da se provede uz odgovarajuću logističku i tehnološku podršku.

Međutim, neka istraživanja, uključujući ona Doležala (1984) i Marčete (2019), pokazala su da je sprovođenje deblovnog metoda sječe često izazovnije u poređenju sa sortimentnim metodom. Ovo je posebno izraženo u aspektima koji se tiču očuvanja sastojine, jer deblovni metod može uzrokovati veća oštećenja na preostalim stablima, podmlatku i zemljištu. Prema rezultatima istraživanja razlozi za ove negativne efekte leže dominantno u težim tehničkim zahtjevima prilikom transporta većih komada drveta. Uprkos izazovima, deblovni i poludeblovni metod i dalje se preporučuju u specifičnim uslovima, naročito u starijim šumskim sastojinama gdje je cilj uklanjanje prezrelih stabala ili onih lošijih fenotipskih karakteristika. Njihova primjena bi, uz adekvatnu obuku radne snage i prilagođavanje šumske infrastrukture, mogla doprinijeti smanjenju troškova i povećanju produktivnosti. Takođe, savremeni pristupi, poput uvođenja naprednih tehnologija za transport drveta i preciznog planiranja radova, mogu značajno smanjiti negativne efekte ovih metoda na šumski ekosistem.

Danas se smatra da je ključno uzeti u obzir sve ekološke, tehničke i ekonomske faktore prije odabira odgovarajućeg metoda sječe i izrade, jer svaki ima svoje prednosti i mane koje se moraju pažljivo procijeniti u skladu sa specifičnostima šumskog područja.

Može se pretpostaviti da je upravo rizik od značajnih šteta u sastojinama glavni razlog zbog kojeg deblovnog metoda nije široko prihvaćen u praksi lokalnih šumarstava. Prema dominantnom razmišljanju praktičara ovaj metod, iako potencijalno efikasniji u nekim aspektima, nosi sa sobom povećan rizik.

Dodatni izazov u primjeni deblovnog metoda predstavlja konfiguracija terena. Na području Republike Srpske i Bosne i Hercegovine pretežno dominiraju brdska i brdsko-planinska područja s visokim nagibima i nepovoljnim mikroreljefom, što otežava rad s krupnijim komadima drveta i povećava rizik od erozije zemljišta i oštećenja terena. Još jedan značajan faktor je dominantna primjena prebirnog sistema gazdovanja, što je već višedecenijska tradicija, gdje se sječa vrši selektivno, uklanjanjem pojedinačnih stabala na velikim površinama. Takav pristup gazdovanju ne odgovara u potpunosti deblovnog metodu, jer zahtijeva preciznost i pažljivo planiranje kako bi se omogućilo da mehanizacija ima pristup svim dijelovima sastojine.

U šumarstvu Republike Srpske, kao i cijele Bosne i Hercegovine, primicanje i privlačenje šumskih drvnih sortimenata najčešće se obavlja skiderima opremljenim vitlom. Ovi skideri su najprikladniji jer se mogu koristiti na brdskom, planinskom i teško pristupačnom terenu, koji je najzastupljeniji u lokalnim šumskim kompleksima. Pored toga, u visokim šumama Republike Srpske i Bosne i Hercegovine dominantan je grupno-prebirni sistem gazdovanja, gdje je kretanje bilo koje vrste mehanizacije strogo ograničeno na traktorske vlake i šumske puteve, što je regulisano zakonskim i podzakonskim propisima, kao i ekološkim standardima. U većini slučajeva, skideri s vitlom su jedina primjenjiva tehnologija za prvu fazu transporta drveta.

Različiti modeli proizvođača Timberjack, John Deer i LKT najzastupljeniji su među skiderima koji se koriste u Federaciji Bosne i Hercegovine (Knežević et al., 2018), a slična situacija prisutna je u Republici Srpskoj, odnosno u cijeloj Bosni i Hercegovini.

Sve faze rada u šumarstvu izuzetno su ekonomski izazovne za izvođenje, pa je svaka propuštena prilika za optimizaciju štetna. Opšta karakteristika operativnog sektora u šumarstvu Republike Srpske je da se, zbog nedostatka investicionih sredstava, u upotrebi nalazi veliki broj zastarjele mehanizacije, koja prema amortizacionim standardima više ne bi trebala biti u upotrebi, ali se i dalje aktivno koristi iz različitih razloga. Poznato je da mehanizacija koja je amortizovana ima veću sklonost prema kvarovima, što uzrokuje zastoje u radu i velike troškove. Međutim, izvođači radova su često prinuđeni koristiti takvu mehanizaciju ili pak pronalaze opravdanje u činjenici da su im dostupne jeftine lokalne usluge održavanja od strane „neovlašćenih“ radionica i neoriginalni rezervni dijelovi, kojih ima mnogo na tržištu i potiču uglavnom iz Kine (tzv. no name robne marke dijelova). Takođe, mnoge lokalne radionice specijalizovale su se za složenije popravke, poput konstruisanja i dorade cijelih sklopova, kao što su vitla, dozerske daske i drugi elementi.

Kombinacija ovih faktora čini, prema mišljenju lokalnih planera, deblovnim metodama manje atraktivnim i logistički zahtjevnijim u poređenju sa sortimentnim metodom, koji je bolje prilagođen lokalnim uslovima rada i terenskim ograničenjima.

2.2. Cilj, hipoteze i metod rada

Cilj ove monografije je da se istraži i analizira primjena skidera u šumarstvu Republike Srpske sa aspekta tehničkih, ekoloških i djelimično ekonomskih karakteristika, u skladu s raspoloživim podacima. Takođe, rad ima za cilj identifikaciju problema i prednosti primjene skidera, kao i predlaganje mjera za unapređenje produktivnosti, održivosti i efikasnosti u eksploataciji šuma. U tom kontekstu, specifični ciljevi rada obuhvataju analizu trenutne primjene skidera u šumarstvu Republike Srpske, sa fokusom na utvrđivanje stanja flote skidera, prije svega u vlasništvu JPŠ „Šume Republike Srpske“, metoda privlačenja i tehničkih karakteristika mašina. Pored toga, poseban akcenat je stavljen na generalnu

procjenu učinka skidera u različitim uslovima rada, uključujući različite tipove terena, tipove sječe, godišnja doba i druge relevantne faktore. Rad se takođe bavi ispitivanjem uticaja skidera na sastojinu i šumsko zemljište, naročito u smislu oštećenja preostalih stabala, zbijenosti zemljišta i uticaja na prirodno podmlađivanje. Uz to, analiza ekonomskih aspekata primjene skidera uključuje procjenu troškova rada dobijenih u raznim prethodnim istraživanjima, produktivnosti i potrošnje goriva. Na osnovu ovih analiza, predložene su optimalne metode i smjernice za primjenu skidera u specifičnim uslovima Republike Srpske, uzimajući u obzir tehničke, ekološke i ekonomske pokazatelje.

Na osnovu ciljeva rada mogu se formulisati sljedeće specifične hipoteze:

H1: Produktivnost i efikasnost skidera u šumarstvu Republike Srpske značajno variraju usljed rada u različitim terenskim i sastojinskim uslovima, koji često prelaze optimalne parametre za rad ovih mašina.

H2: Relativno jednolična i tehnološki zastarjela flota skidera u vlasništvu Javnog preduzeća JPŠ „Šume Republike Srpske“ negativno utiče na ukupnu produktivnost u procesu primarnog transporta drveta, naročito u poređenju sa savremenijim mašinama koje se koriste u šumarstvu drugih zemalja.

H4: Zbog prilagođenosti lokalnim uslovima i nižih troškova eksploatacije, skideri u šumarstvu Republike Srpske će nastaviti da igraju ključnu ulogu u primarnom transportu drveta, čak i u kontekstu sve većeg uvođenja savremenijih mašina i metoda rada poput forvardera u drugim zemljama.

H5: Optimalan učinak skidera u šumarstvu Republike Srpske moguće je postići kroz prilagođavanje tehnologije specifičnostima lokalnih terena i sastojina, uz istovremenu modernizaciju flote skidera u vlasništvu JPŠ „Šume Republike Srpske“ i unapređenje organizacije rada.

Metode rada korišćene u ovoj monografiji uključuju prikupljanje, analizu i sintezu podataka iz različitih izvora, uz primjenu kvalitativnih i kvantitativnih metoda istraživanja. Jedan dio podataka prikupljen je iz literarnih izvora međunarodnih istraživanja koja se bave primjenom skidera u šumarstvu, njihovim tehničkim karakteristikama, produktivnošću, uticajem na zemljište i vegetaciju, kao i ekonomskim aspektima njihove primjene. Pored toga, predstavljena su novija istraživanja u kojima je autor monografije bio direktno uključen, što uključuje empirijska istraživanja sprovedena na terenu, kao i analizu relevantnih podataka iz šumarske prakse. Takođe, prikupljeni su detaljni podaci o skiderima koji se koriste u Javnom preduzeću JPŠ „Šume Republike Srpske“ a.d. Sokolac, uključujući informacije o tehničkim karakteristikama flote, načinu primjene, produktivnosti i troškovima rada u različitim uslovima. Na osnovu svih prikupljenih podataka izvršena je analiza i sinteza zaključaka, čime su identificirani ključni problemi i prednosti primjene skidera u šumarstvu Republike Srpske, kao i predložene mjere za unapređenje njihove primjene.

3. ISTORIJSKI RAZVOJ SKIDERA

Istorijski razvoj skidera započeo je još 1881. godine, kada je konstruisan prvi skider s parnim pogonom. Kompanija "Dolber i Carson Lumber Co." iz Kalifornije patentirala je tada model nazvan „Gypsy“. Ovaj skider bio je opremljen vertikalnim cilindričnim kotlom za proizvodnju pare, koji se zagrijavao sagorijevanjem drveta. Para proizvedena u kotlu pokretala je cilindre za pogon točkova, dok su drveni sortimenti privlačeni pomoću užeta (Gregov, 2012).

S pojavom motora s unutrašnjim sagorijevanjem, započela je njihova primjena i u skiderima. Godine 1924. razvijen je prvi skider s pogonom na sva četiri točka, nazvan „Duplex“, koji je na zadnjem dijelu imao dodatno uže kako bi olakšao kretanje po klizavim terenima. Kasnije, 1943. godine, kompanija „Hyster“ predstavila je model „Caterpillar D7“ opremljen vitlom za privlačenje drvne mase (Gregov, 2012). Prvi značajan uspjeh u praktičnoj upotrebi skidera pri privlačenju drveta iz šume do saobraćajnica postigla je firma „Harrison Pulpwood“ 1950. godine. Godine 1952. kanadska kompanija „KVP“ proizvela je prvi skider s prednjim pogonom pod nazivom „Blue Ox“, koji je bio opremljen vitlom i konstrukcijom u obliku slova A (Gregov, 2012).

Skider pod imenom „Timberskidder“, koji je 1956. godine proizvela firma „Timberland Machines“, stekao je globalnu popularnost. Pokretao ga je V8 benzinski motor snage 200 KS, proizveden od strane kompanije „Chrysler“, a isticao se efikasnošću prilikom privlačenja na veće udaljenosti. Kompanije „Osa“ i „Volvo“ 1960. godine lansirale su model skidera nazvan „Little Bear“, koji je bio opremljen kabinom i hidrauličkim amortizerima za povećanu udobnost i sigurnost operatera. Dalji razvoj je nastavljen 1968. godine s modelom „Log All Feller“, koji je uz funkciju privlačenja drveta bio opremljen i ugrađenom testerom za sječu stabala (Gregov, 2012).

Model „Timberjack 480“, proizveden 1990. godine, bio je prvi skider s hvataljkom (klijestima), koji je omogućavao sigurno hvatanje drveta i

savladavanje zahtjevnih terena s velikim nagibima. Do 1990. godine, svi skideri koristili su mehanički prenos snage, nakon čega se započelo s razvojem hidrostatskih transmisija. Primjeri takvih savremenih modela su skideri „Tigercat“ i „Morgan Silva“ (Gregov, 2012). Danas, među vodećim svjetskim proizvođačima skidera ističu se kompanije kao što su: „John Deere“, „Tigercat Forestry“, „Caterpillar“, „Franklin Equipment“, „Allied Systems“, „KMC“, „Komatsu Forest“, „Silvatech (Morgan Skidder)“, „Prentice“ i drugi (Gregov, 2012).

Šezdesetih godina prošlog vijeka, u cilju unapređenja eksploatacije drveta, uvedeni su adaptirani poljoprivredni traktori u proces privlačenja drveta. Ugradnjom vitla s jednim ili dva doboša omogućeno je prikupljanje i privlačenje drveta i sortimenata iz teško pristupačnih dijelova šume, naročito s terena nepovoljnih za rad. Ove inovacije značajno su unaprijedile eksploataciju drveta. Tradicionalna metoda izrade sortimenata u šumi postepeno je zamijenjena obradom na pomoćnim, glavnim i međustovarištima. Ovakav pristup rezultovao je boljim iskorišćenjem kapaciteta šumskih mašina, većom produktivnošću, ekonomičnijim radom i humanizacijom radnih procesa (Zečić et al., 2019a).

U šumarstvu Jugoslavije, prvi specijalizovani zglobni šumski traktori, poznati kao skideri, uvedeni su u upotrebu 1968. godine, za vuču drveta po tlu. Ovaj događaj označio je početak intenzivnog uvođenja mehanizacije u šumarskom sektoru.

Proizvodnja traktora namijenjenih za šumske radove u Evropi započela je još davne 1925. godine, a prvi specijalizovani traktor za šumarstvo na evropskom kontinentu izrađen je u Švedskoj. Na području bivše Jugoslavije, period koji se smatra početkom primjene namjenskih šumskih traktora datira iz 1968/69. godine. U to vrijeme, Industrija Mašina i Traktora (IMT) iz Beograda, kao najveći proizvođač traktora u nekadašnjoj SFRJ, započela je proizvodnju šumskih traktora i forvardera. Već sredinom 20. vijeka, u šumarstvu su se koristile adaptirane verzije poljoprivrednog traktora IMT 560.

Prvi šumski traktor domaće proizvodnje bio je IMT 561, namijenjen za rad u prebornim, oplodnim i prorednim sječama, kao i za izvlačenje trupaca s mjesta sječe (Konciner, 1988). Nakon ovog uspješnog projekta, beogradska kompanija IMT se intenzivnije fokusirala na proizvodnju specijalizovanih šumskih traktora. Iz te fabrike proizvedene su i druge linije, uključujući modele: IMT 547, IMT 559, IMT 561, IMT 579, IMT 5100, IMT 5106, IMT 3130 i IMT 5136 (Konciner, 1988).

U Jugoslaviji je 1978. godine bilo u upotrebi 776 šumskih traktora. Od tog broja, 590 su bili traktori s točkovima, 22 traktori s gusjenicama, 129 šumski zglobni traktori (skideri) i 26 forvardera (Bura, 1978).

U šumarstvu su, pored šumskih traktora proizvođača IMT, korišćene i druge varijante specijalizovanih šumskih traktora. Među najpoznatijim modelima izdvajaju se proizvodi kompanija poput švedske fabrike „Volvo“, koja je proizvodila modele Volvo T 800, Volvo T 810 i Volvo T 814. Takođe, tu su i modeli domaćih proizvođača, poput fabrike „14. Oktobar“ iz Kruševca, koja je proizvodila gusjeničare TG-50D i TG-90, te fabrike „Bratstvo“ iz Novog Travnika s modelima gusjeničara BNT-75 i BNT-90. Među proizvođačima specijalizovanih šumskih traktora našla se i fabrika „Belt“ iz Črnomlja s modelom zglobnog traktora GV-50 – šumski tegljač (Tinta, 1983).

Zbog velike potražnje i potreba šumarstva za raznovrsnim šumskim mašinama i mehanizacijom, jedna od kompanija koja je željela unaprijediti proces izvlačenja bila je firma „Torpedo“. Ova firma je razvila dvije linije šumskih traktora različitih snaga. Prvi, slabiji model, bio je TD 6006 F, snage 44 kW, namijenjen za porodična gazdinstva, dok je drugi model, TD X 110 F, snage 80 kW, bio prilagođen za širu primjenu i opšte potrebe šumarstva. Takođe, 1994. godine, fabrika „Torpedo“ je predstavila traktorski sklop TORPEDO TD 55, koji je uključivao traktor TDT 55, poluprikolicu, hidrauličnu dizalicu i vitlo (Mrđenović, 1979).

Pod socijalističkim režimom, Jugoslavija je bila više orijentisana prema istočnom tržištu, zbog čega su se često koristili ruski šumski traktori

marke TDT. Godine 1980. prezentovan je novi model gusjeničarskog šumskog traktora TDT 55, specijalizovan za rad u brdsko-planinskim predjelima. Ubrzo nakon toga, na tržištu se pojavio unaprijeđeni model iste kompanije, TDT 55a (Mrđenović, 1979).

Uz navedene šumske traktore, pretežno istočnoevropske proizvodnje, na tržištu su bili prisutni i proizvodi finske kompanije Timberjack, koji danas zauzimaju mnogo veći tržišni udio nego ranije, kao i traktori poznate američke kompanije Caterpillar. Značajan porast broja specijalizovanih traktora za šumarstvo zabilježen je tokom 1970-ih godina.

4. PREGLED TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA

Skider je zglobno terensko vozilo s pogonom na svim točkovima (4x4, rjeđe 6x6) i točkovima uglavnom istih dimenzija. Kod nekih modela u konfiguraciji 6x6 zadnja četiri točka su manja. Raspodjela mase kod skidera je obično 60 % na prednjoj osovini i 40 % na zadnjoj osovini, što potvrđuju i Sever i Horvat (1990), gdje kažu da približno dvije trećine ukupne mase praznog skidera opterećuje prednju osovinu. Ovakav balans mase je neophodan zbog specifičnog načina rada skidera i osiguranja uzdužne stabilnosti prilikom kretanja i rada na terenu. Tokom privlačenja drvene mase, podignuti prednji kraj tereta oslanja se na zadnji dio vozila, što dovodi do dinamičkog izjednačavanja opterećenja između prednje i zadnje osovine. U zavisnosti od položaja i veličine tereta, kao i nagiba terena, zadnja osovina može biti dodatno opterećena. Maksimalna količina tereta koju skider može transportovati zavisi od dozvoljenog opterećenja zadnje osovine, ugla uzdužne stabilnosti i sposobnosti ostvarivanja vučne sile preko točkova. Podvozje skidera sastoji se od dva odvojena okvira. Prednji okvir nosi prednju osovinu s točkovima, motor, mjenjač, razvodnik pogona i kabinu vozača, pri čemu su svi elementi čvrsto pričvršćeni za okvir vozila. Na zadnjem okviru, pored točkova montiranih na poluosovine, nalazi se i šumarska nadogradnja, koja kod skidera s vitlom uključuje šumsko vitlo, zaštitnu dasku te horizontalne i vertikalne valjke vitla. Prednji i zadnji okvir povezani su zglobno, omogućavajući pokretljivost spojnog zgloba, pri čemu se upravljanje ostvaruje hidrauličnim cilindrima u horizontalnoj ravni ili u dvije ravni. Ovakva konstrukcija omogućava lakše upravljanje vozilom u zahtjevnim terenskim uslovima, smanjuje krug okretanja i poboljšava manevarabilnost skidera.

Pogonski dio skidera čini motor s unutrašnjim sagorijevanjem, najčešće četvorotaktni dizel motor. Prenos snage s motora na sve točkove ostvaruje se putem transmisionog sistema. Sistem transmisije obuhvata spojnicu (kvačilo), mjenjač, razvodnik pogona, diferencijale na svakoj osovini, kao i planetarni ili završni reduktor na

svakom točku. Glavna svrha sistema prenosa snage jeste povećanje obrtnog momenta koji se ostvaruje na točkovima. Savremenija tehnička rješenja obuhvataju uvođenje hidrostatskog ili djelimično hidrostatsko-mehaničkog sistema transmisije (Košir & Lipoglavšek, 1999). Kod težih skidera često se ugrađuje hidrodinamička spojnica, posebno kod vozila velike mase i snage motora koja su namijenjena privlačenju cijelih stabala. Takvi skideri su češće, umjesto vitlom, opremljeni hvataljkom usmjerenom prema dolje - grapl skider (eng. grapple skidder) ili hvataljkom usmjerenom prema gore uz dodatnu dizalicu - klam bank (eng. clambunk skidder).

Dva ili tri osnovna dijela čine strukturu skidera: podvozje (šasija), karoserija i nadgradnja. Podvozje se sastoji od šasije s pogonskim sistemom i dodatnim komponentama. Šasija obuhvata okvir vozila s osovinama i pokretnim elementima (točkovi ili točkovi s gusjenicama), upravljački i kočioni sistem, kao i dodatne komponente. Ostali sklopovi mašine takođe su pričvršćeni za okvir, prvenstveno pogonski sistem. Pojedini dijelovi podvozja međusobno su povezani pomoću vijčanih spojeva, koji su takođe prilagođeni za pričvršćivanje osovina. Šasije s okvirom su povoljnije za upotrebu u šumarstvu, jer su robusnije i bolje podnose naprezanja koja nastaju prilikom rada u često teškim terenskim uslovima.

Prenosni sistem u skiderima obuhvata sve komponente za prenos, promjenu i prekid obrtnog momenta od motora do pogonskih točkova i potrošača energije, uključujući mjenjač, razvodnik snage, završni prenos i kvačilo. Ovaj sistem omogućava kretanje mašine i obezbjeđuje potrebnu vučnu silu. Postoji nekoliko tehničkih rješenja za prenos snage, a najstariji princip mehaničkog prenosa tipičan je za starije serije traktora, koji se još uvijek koriste u nekim zemljama, a donekle i u BiH. Moderniji skideri koriste hidrodinamičke ili hidrostatičke elemente za prenos snage, što donosi prednosti poput glatkog pokretanja, mogućnosti podešavanja brzine uz neprimjetne promjene stepeni prenosa, promjene smjera kretanja bez zaustavljanja, zaštite od preopterećenja i smanjenja proklizavanja točkova.

Kabina skidera predstavlja dio vozila predviđen za smještaj vozača i kontrolnih elemenata, dok nadgradnja podrazumijeva specijalne dodatke poput vitla, platformi za utovar, zaštitnih daski, dizalica s hvataljkama ili drugih radnih alata, zavisno od namjene vozila. Konstrukcija šasije vozila u šumarstvu mora omogućiti savladavanje neravnog terena uz zadržavanje stalnog kontakta svih točkova s podlogom. U standardnim drumskim vozilima, opružno vješanje točkova (pomoću spiralnih ili lisnatih opruga) nije pogodno za šumski teren zbog potrebe za stabilizacijom mašine i sprječavanja neželjenog spuštanja prilikom opterećenja.

Najčešće rješenje je upotreba njihajuće prednje osovine koja omogućava prilagođavanje neravninama terena. Kod skidera se uglavnom koristi centralni zglob koji spaja prednji i zadnji dio šasije i omogućava njihovu međusobnu rotaciju u horizontalnoj ravni. Točkovi su fiksno postavljeni na osovinu, a njihanje osovine ograničeno je pomoću mehaničkih graničnika ili hidrauličkih cilindara kako bi se održala stabilnost na strmim terenima i prilikom rada s hidrauličnim dizalicama.

Centralno zglobno upravljanje prednjim i zadnjim dijelom šasije skidera predstavlja uobičajen princip za promjenu pravca kretanja šumskih vozila. Ova vrsta upravljanja omogućena je hidrauličkim sistemom, gdje se potrebna sila za okretanje poluramova stvara pomoću linearnih hidrauličnih cilindara koji povezuju prednji i zadnji poluram u području centralnog zgloba. Produžavanjem ili uvlačenjem klipnjača cilindara, upravljanje se vrši direktno iz kabine putem posebnog razvodnika. Ovaj sistem omogućava preciznu kontrolu smjera pomoću standardnog volana ili poluga.

Ako je razmak osovina od centralnog zgloba jednak na oba polurama, prilikom okretanja stvaraju se samo dva traga točkova, što je tipično za skidere. Ovakva konstrukcija omogućava bolje manevrisanje na teškim terenima i smanjuje oštećenje zemljišta jer točkovi prate isti trag. Hidraulički kontrolisano zglobno upravljanje se pokazalo efikasnim za upotrebu u šumarstvu jer omogućava lako upravljanje

velikim mašinama u uslovima ograničenog prostora i zahtjevnog terena.

Sva četiri točka kod ovih mašina su iste veličine, pogonska, a osovine su opremljene blokadama diferencijala. Zadnja osovina je fiksna, dok prednja osovina može biti njihajućeg tipa ili se njihanje prednje i zadnje polovine rama obezbjeđuje pomoću aksijalnog zgloba. Mašine su opremljene sigurnosnom kabinom za vozača i karakteriše ih veći klirens (oko 50 cm u poređenju sa oko 30 cm kod višenamjenskih traktora) i poboljšana stabilnost, što im omogućava kretanje u vanputnim uslovima sa nagibima do 40 %.

Skideri su opremljeni mehanizmima za privlačenje drveta (vitlima, raznim hvataljkama, štitnicima) direktno iz fabrike i nisu prilagođeni za jednostavno i brzo kačenje, otkačivanje i upravljanje raznim priključcima. Ipak, neki savremeni modeli su osmišljeni za univerzalniju upotrebu. Na primjer, moguće je ukloniti zadnji štitnik, čime se otkriva poluga za tri tačke kačenja ili kuka za slaganje, kao i dovod hidrauličkog ulja i prenos obrtnog momenta s pogonskog vratila.

Skideri s vitlom često se koriste u šumarstvu, a na području zemalja jugoistočne Evrope su dominantni u odnosu na skidere koji koriste druge načine zakačivanja drveta. Vitlo služi za privlačenje trupaca od mjesta sječe do samog skidera. Sastoji se od doboša, sajle s prijemnim uređajem, osovine, mehanizma prenosa i kočnice. Pogonska mašina preko mehanizma prenosa okreće osovinu, koja pokreće doboš. Sajla je jednim krajem pričvršćena za doboš, a drugim za teret. Okretanjem doboša sajla se namotava i privlači teret.

Sposobnost skidera da savladava prepreke zavisi od različitih tehničkih karakteristika kao što su način upravljanja, dimenzije guma, osovinski razmak, masa vozila i raspodjela opterećenja (Horvat, 1993). Osnovna karakteristika koja utiče na njihovu produktivnost je vučna snaga, koja zavisi od stanja šumske podloge, uključujući nosivost i otpornost na sabijanje i smicanje. Zemljište s nižom nosivošću može izazvati proklizavanje točkova i smanjenje vuče, što direktno utiče na

efikasnost skidera. Granično opterećenje koje skider može da privuče zavisi od dozvoljenog opterećenja zadnje osovine, ugla uzdužne stabilnosti i efikasne realizacije vučne sile preko točkova (Horvat, 2000). Zahvaljujući zglobnoj vezi, skideri postižu bolje upravljanje u složenim terenskim uslovima, smanjujući radijus okretanja, što značajno doprinosi njihovoj mobilnosti i prilagodljivosti na nepristupačnim terenima.

Dimenzije skidera igraju važnu ulogu u performansama i stabilnosti prilikom rada u šumskim uslovima. Osnovne dimenzije uključuju ukupnu dužinu, širinu, visinu, razmak osovina, razmak točkova, klirens (udaljenost između najniže tačke šasije i podloge) i položaj centra gravitacije. Centar gravitacije skidera predstavlja zamišljenu tačku u kojoj je koncentrisana ukupna težina mašine, a vertikalna linija sile težine prolazi kroz tu tačku, što značajno utiče na statička i dinamička svojstva mašine. Položaj centra gravitacije definiše se horizontalnim i vertikalnim koordinatama. Uzdužne horizontale označavaju udaljenost centra gravitacije od kontaktnih tačaka prednjih i zadnjih točkova sa tlom, pri čemu njihov zbir određuje međuosovinski razmak. Bočne horizontale odnose se na položaj centra gravitacije u odnosu na razmak točkova, ali se u praksi često zanemaruju jer se pretpostavlja simetričnost skidera. Visina centra gravitacije mjeri se od tla do centra gravitacije skidera u praznom stanju, bez dodatnih priključaka i tereta, ali se njegov položaj može značajno mijenjati u zavisnosti od dodatnog tereta ili priključenih uređaja. Precizno poznavanje položaja centra gravitacije važno je za proračune stabilnosti i vučne sposobnosti skidera, pri čemu se koriste principi tehničke mehanike.

4.1. Morfološka analiza skidera

Morfološka analiza predstavlja metodu koja se koristi za utvrđivanje trenutnog stanja, karakteristika i obrazaca u konstrukciji šumskih vozila, uključujući skidere, kao i za predviđanje mogućih pravaca njihovog budućeg razvoja. Analizom se ispituju odabrane

geometrijske, masene i druge tehničke karakteristike vozila, a dobijeni rezultati omogućavaju procjenu prikladnosti izbora vozila za specifične uslove rada. Takvi podaci od ključne su važnosti prilikom odabira novih vozila, optimizacije njihove upotrebe u različitim terenskim uslovima te prilikom definisanja parametara za projektovanje novih modela šumskih mašina (Bekker, 1956, Horvat et al., 2007).

Jedan od prvih primjera primjene morfološke analize terenskih vozila dao je Bekker (1956) koji je istakao da će objekat koji se kreće kroz određeni medijum poprimiti oblik koji pruža minimalni otpor tom kretanju. Prema njegovoj tezi, morfološka analiza ne služi samo za opis postojećih tehničkih rješenja, već i za procjenu budućih pravaca razvoja vozila, omogućujući poređenje i svrstavanje vozila unutar određene grupe prema sličnim konstrukcijskim karakteristikama.

Sever (1980) je koristio morfološku analizu kako bi uporedio šumske skidere opremljene vitlom s adaptiranim poljoprivrednim traktorima, utvrdivši da skideri predstavljaju zasebnu grupu terenskih vozila s karakterističnim morfološkim osobinama, jasno odvojenim od drugih tipova traktora. Ova analiza naglasila je prednosti specijalizovanih šumskih vozila u odnosu na adaptirane poljoprivredne traktore, posebno u pogledu stabilnosti, vučne sposobnosti i efikasnosti u radu na teškim terenima.

Dalje, Sever i Horvat (1985) primijenili su rezultate morfološke analize prilikom realizacije projektnih zadataka za razvoj srednjih skidera, dok su u kasnijem istraživanju (Sever i Horvat, 1992) analizirali osnovne morfološke karakteristike različitih šumskih vozila. Autori su naglasili kako su ovakvi podaci izuzetno korisni ne samo konstruktorima prilikom razvoja novih modela, već i stručnjacima u šumarstvu prilikom odabira odgovarajuće mehanizacije u zavisnosti od specifičnih terenskih uslova i tehnologija rada. Morfološka analiza se ističe kao metodološki alat od izuzetne važnosti u procesu odabira, dizajniranja i usavršavanja šumskih skidera, omogućavajući detaljnu

procjenu tehničkih karakteristika i predviđanje budućih razvojnih trendova u konstrukciji šumskih vozila.

4.1.1. Skideri s hidrauličnom dizalicom i vitlom

Skideri sa hidrauličnim dizalicama i šumskim vitlima predstavljaju specijalizovane šumske zglobne traktore namijenjene privlačenju drveta od panja do pomoćnog stovarišta. Njihova primjena u šumarstvu zasniva se na tehničkim karakteristikama koje obuhvataju ukupnu masu vozila, snagu pogonskog motora, radni pritisak hidrauličnog sistema, nazivnu snagu vitla, podizni momenat, dužinu kraka i snagu hidraulične dizalice. Ovi parametri utiču na efikasnost rada, stabilnost vozila i sposobnost prilagođavanja različitim terenskim uslovima. U radu Aščića (2022) analizirani su modeli različitih proizvođača, uključujući HSM, LKT, CAMOX, BIJOL, EQUUS, WELTE i RITTER, pri čemu su uočene tehničke razlike koje utiču na njihovu primjenjivost u specifičnim uslovima rada.

Hidraulične dizalice integrisane u skidere omogućavaju lakše rukovanje drvnim sortimentima, što doprinosi povećanju efikasnosti rada. Njihova uloga je važna u prikupljanju drveta i smanjenju potrebe za ulaskom vozila u dublje dijelove šume, čime se smanjuje negativan uticaj na šumski ekosistem. Šumska vitla, s druge strane, koriste se za privitlavanje drveta iz nepristupačnih terena. Vitlo omogućava izvlačenje stabala koja se nalaze van domašaja dizalice, dodatno smanjujući potrebu za ulaskom vozila u teško dostupna područja. Ovaj sistem rada umanjuje oštećenja tla i vegetacije.

Primjena skidera sa hidrauličnim dizalicama i šumskim vitlima donosi brojne prednosti (Slika 7). Povećana sigurnost radnika postignuta je smanjenjem potrebe za učestalim izlascima i ulascima u kabinu prilikom rada. Osim toga, ovakva konfiguracija vozila omogućava efikasniju organizaciju radnih procesa, smanjenje oštećenja stabala i zemljišta, te veću produktivnost, posebno u ravničarskim područjima i na srednjim udaljenostima privlačenja. Smanjenje oštećenja

zemljišta posebno se ogleda u ograničavanju kretanja vozila isključivo na sekundarne šumske puteve, dok vitlo omogućava privitlavanje drveta iz dubljih dijelova sječine.

Ipak, postoje i određeni nedostaci povezani s primjenom skidera ove konstrukcije. Veće dimenzije i ukupna masa vozila mogu predstavljati ograničenje prilikom rada u strmim ili brdskim predjelima, gdje prohodnost može biti značajno smanjena. Povećana masa vozila direktno utiče na zbijanje zemljišta na sekundarnim putevima, što može dovesti do degradacije i ekoloških oštećenja. Dodatno, visoki troškovi nabavke, održavanja i potrošnje goriva, kao i potreba za dodatnim obukama radnika zbog složenosti rukovanja hidrauličnim sistemima, predstavljaju izazove koji mogu ograničiti širu primjenu ovih mašina. Pored toga, ograničen domet hidraulične dizalice i potreba za kombinovanjem sa drugim mašinama kako bi se povećala efikasnost eksploatacije mogu dodatno uticati na ekonomsku isplativost rada (Aščić, 2022).

Kada se analiziraju tehničke karakteristike modela skidera s hidrauličnom dizalicom i vitlom one jasno ukazuju na širok raspon konstruktorskih rješenja i operativnih mogućnosti. HSM serija obuhvata modele sa snagom motora od 125 do 185 kW i momentom od 700 do 1175 Nm, što osigurava stabilne performanse u izvođenju vučnih zadataka, dok ukupna masa varira između 10900 i 19800 kg, što utiče na stabilnost i nosivost u zahtjevnim uslovima rada. Posebno se ističu modeli sa konfiguracijom 6WD koji obezbjeđuju veću vučnu silu i bolje savladavanje terenskih prepreka. CAMOX skideri, snage od 173 do 230 kW, projektovani su sa radnim pritiskom hidrauličnog sistema od 180 do 320 bara, a podizni moment dizalice doseže i do 134 kNm, što ih čini pogodnim za rukovanje teškim sortimentima. BIJOL BWS240 sa 180 kW i momentom od 1000 Nm balansira između srednje i visoke klase, dok EQUUS 175N nudi veću fleksibilnost kroz tri moguće dužine kraka dizalice (6,1; 7,5 i 9,5 m), uz relativno nižu masu dizalice od 1500 kg, što je značajno za rad u osjetljivijim sastojinama. WELTE modeli se izdvajaju visokim radnim pritiskom od 380 bara, što obezbjeđuje snažan hidraulički kapacitet, dok se RITTER mašine, iako

sa nižim vrijednostima snage (125–142 kW), ističu ugradnjom vitla nominalne snage od 100 kN i dizalicama podiznog momenta od 104 do 139 kNm, čime osiguravaju efikasnost u kombinovanom radu. Sveukupno, izbor modela zavisi od kompromisa između snage motora, ukupne mase, hidrauličkog kapaciteta i konfiguracije dizalice, pri čemu se kod težih mašina postiže veća nosivost i stabilnost, dok lakši i kompaktniji modeli nude bolju pokretljivost i prilagođenost složenijim terenima.



Slika 7. HSM 904S - skider s dizalicom i vitlom (www.hsm-forest.net/hsm-904-s-en.html)

Dalji razvoj ovih tehnologija, usmjeren na smanjenje mase i poboljšanje prohodnosti, mogao bi dodatno unaprijediti njihovu primjenjivost, čime bi se postigao balans između produktivnosti, ekološke održivosti i ekonomske efikasnosti.

4.1.2. Klam bank skideri

Klam bank (eng. clam bunk) skider je zglobni traktor opremljen kliještima i dizalicom (Slika 8). Ova specijalizovana mašina predstavlja kompromis, odnosno kombinaciju karakteristika forvardera i skidera. Od forvardera preuzima koncept vozila sa sposobnošću podizanja drvene mase dizalicom, dok od skidera zadržava mogućnost vuče

drveta po tlu, omogućavajući rad u stablovnoj, odnosno deblovnoj metodi iskorišćavanja šuma.

Forvarderi i klam bank skideri su često modularne mašine koje omogućavaju prilagođavanje različitim operacijama zahvaljujući sličnosti osnovne konstrukcije i komponenti. Zbog zajedničkog pogonskog sistema, hidraulike i principa rada, moguće je forvarder uz određene prepravke pretvoriti u klam bank skider, pri čemu se uklanja tovarni prostor i dizalica, a ugrađuje klam bank sistem. Ovaj modularni dizajn omogućava veću fleksibilnost upotrebe, smanjenje troškova i ekoloških uticaja, jer se umjesto nabavke zasebnih mašina može koristiti jedna osnovna platforma prilagodljiva različitim potrebama. Proizvođači poput HSM, Tigercat i John Deere nude fabričke opcije konverzije, čime omogućavaju efikasnije korištenje opreme u šumarstvu.



Slika 8. Tigercat C640H - klam bank skider
(www.tigercat.com/product/c640h-clambunk-skidder/)

Klam bank skider je posebno pogodan za privlačenje prethodno koncentrisanog drveta. Njegova maksimalna efikasnost postiže se kada se tovar drveta unaprijed pripremi pomoću feler-bančera (eng. feller-buncher) mašina, koje grupišu stabla i time olakšavaju manipulaciju tokom privlačenja.

Područje primjene ove mašine obuhvata čiste sječe na ravnim ili umjereno nagnutim terenima, gdje nagib ne prelazi 50 % nizbrdo.

Optimalna udaljenost privlačenja iznosi do 1200 m, a važno je napomenuti da ova mašina ne zahtijeva otvorenost šuma u istoj mjeri kao klasični forvarderi, što ga čini pogodnim za rad u kompleksnijim terenskim uslovima.

Produktivnost klam bank skidera varira u velikom rasponu, što zavisi od dimenzija posječenih stabala, sistema gazdovanja i udaljenosti privlačenja. Ova varijabilnost proizvodnosti ukazuje na potrebu za pažljivim planiranjem sječe i logistike privlačenja drveta kako bi se postigla maksimalna efikasnost rada.

4.2. Transmisija skidera

Skideri uglavnom imaju mehaničku ili hidrostatsku transmiju. Upotreba mehaničke transmisije se zasniva na tradicionalnim inženjerskim principima i još uvijek se ponegdje primjenjuje, iako je poznato da hidrostatska transmisija nudi bolje radne performanse. Prednosti hidrostatske transmisije su vezane za smanjenje oštećenja šumskog zemljišta, manju potrošnju goriva i smanjenje emisije štetnih gasova. Uvođenje novih ekoloških propisa postavlja dodatne izazove za skidere s mehaničkom transmisijom (Gregov, 2012).

Mehanička transmisija podrazumijeva prenos snage s motora na točkove putem komponenti kao što su zupčanci, diferencijali i reduktori. Jedan od glavnih nedostataka ovog sistema je skokovita promjena prenosa zbog rada uklapanja zupčanika s fiksnim prenosnim odnosima, što rezultuje neefikasnim korišćenjem snage motora. Dodatno, omjer snage po jedinici mase kod mehaničke transmisije je relativno nizak (Slika 9).

Nasuprot tome, hidrostatska transmisija omogućava prenos snage putem hidrauličnih komponenti, što omogućava postizanje visokih obrtnog momenta i snage uz komponente manjih dimenzija. Ključna prednost ovog sistema je kontinuirana promjena prenosa u cijelom radnom opsegu, omogućavajući optimalan rad pogonskog motora.

Time se postiže bolja energetska efikasnost, smanjuje potrošnja goriva i emisija izduvnih gasova.

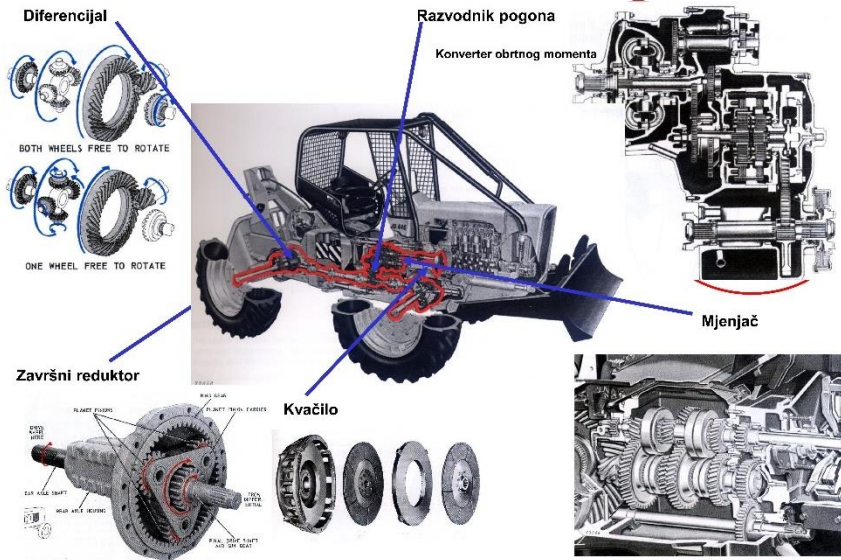
Još jedna prednost hidrostatskog sistema je smanjeno proklizavanje točkova, što dovodi do manjeg sabijanja zemljišta i smanjenog oštećenja korijenovog sistema biljaka. Prema Arnupu, pritisak na zemljište pri proklizavanju može biti i do pet puta veći od nominalnog pritiska. Ovaj problem se može umanjiti primjenom lanaca na točkovima, sistema protiv proklizavanja ili hidrostatske transmisije, koja omogućava precizno usklađivanje obrtnog momenta i brzine rotacije svakog točka (Gregov, 2012).

Kod hidrostatske transmisije regulacija brzine rotacije u odnosu na potrebni obrtni moment je preciznija nego kod mehaničke transmisije, što dodatno doprinosi efikasnosti rada skidera.

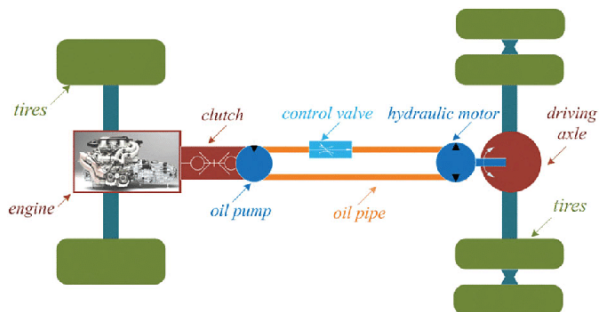
Prve hidrostatske skidere razvile su dvije kanadske kompanije. Kompanija „Tigercat Industries of Brantford (Ontario)“ proizvela je svoj prvi model skidera 620 s hidrostatskim pogonom na sva četiri točka. Ovaj model pokreće Cummins 6CT 8.3 dizel motor snage 215 KS s Bosch Rexroth hidrostatskim sistemom. Savremeni modeli skidera Tigercat koriste napredne hidrostatske transmisije s elektronskom kontrolom i mogućnošću rekuperacije energije prilikom kočenja, slično hibridnim vozilima. Druga kanadska kompanija, „Morgan Silva Com“ (British Columbia), danas poznata kao „International Silvatech Industries“, razvila je skidere s hidrauličkom transmisijom i patentiranim sistemom računarskog upravljanja (eng. hydraulic logic box). Njihovi skideri imaju pogon na sva četiri točka, pri čemu svaki točak ima svoju varijabilnu hidrauličnu pumpu i hidromotor, što omogućava bolji kontakt s tlom, smanjuje proklizavanje i osigurava veću stabilnost vozila u različitim terenskim uslovima (Gregov, 2012).

Hidrostatskom transmisijom se upravlja putem računarskog sistema koji omogućava preciznu kontrolu i regulaciju preko pedeset različitih parametara. Tokom vožnje, računarska jedinica automatski nadzire ključne faktore kao što su brzina kretanja, ubrzanje i kočenje vozila,

uzimajući u obzir broj obrtaja motora i položaj papučice gasa. Ova napredna kontrola omogućava optimalan balans između brzine kretanja i obrtnog momenta, čak i pri maksimalnom opterećenju skidera, čime se povećava efikasnost i stabilnost u radu (Slika 10).



Slika 9. Sistem transmisije kod skidera (Gregov, 2012)



Slika 10. Shema hidrostatskog prenosa

4.3. Dodatna oprema skidera

Mnoge sastavne komponente skidera imaju ulogu u sigurnosti i efikasnosti rada. Jedna od najvažnijih komponenti je zaštitna daska ili

rampa skidera, koja služi kao oslonac za teret prilikom privlačenja drveta u polu-podignutom položaju. Njena funkcija je da zaštiti zadnji dio skidera i točkove od oštećenja izazvanih teretom. Pored toga, rampa sprječava bočno njihanje tereta i omogućava njegovo horizontalno okretanje, čime se osigurava zatezanje sajli i hvataljki pod svim uslovima. Oblik i nagib daske, kao i pozicija vodova za sajle, moraju biti prilagođeni ovim funkcijama.

Zaštitna daska može biti fiksna ili nagibna. Nagibna daska ima dodatne prednosti. Ne samo da stabilizuje skider tokom privlačenja, već i rasterećuje kočnice, sprječava proklizavanje tereta ispod daske prilikom formiranja tereta na nagnutim terenima i omogućava slaganje i poravnanje krajeva sortimenta na stovarištu.

Vodovi usmjeravaju sajlu ili užu od vitla preko zaštitne daske u položaj koji osigurava kontakt prednjeg dijela tereta sa daskom, čime se eliminiše prekomjerno zatezanje sajle tokom manevrisanja. Kod fiksne zaštitne daske, vodilica je pomjerena unazad u odnosu na nagibnu dasku kako bi se spriječilo proklizavanje tereta ispod štitnika. Teleskopska vodilica za sajlu, prisutna na nekim skiderima, pričvršćena je za dasku pomoću hidrauličnog cilindra, što omogućava podizanje prednjih dijelova stabala na odgovarajuću visinu radi polaganja u mašinu za kresanje grana.

Hidraulično kontrolisane prednje odrivne daske montiraju se na prednji dio skidera. Osim što mogu pomjerati drvo na stovarištu, ove daske takođe omogućavaju njegovo podizanje i uhrpavanje. Viljuške za slaganje su slične buldožerskim i služe za ravnanje terena, što se može iskoristiti za popravku vlaka.

Odrivna daska može biti montirana kao nagibna gurajuća ploča ili kao fiksna ploča između dvije uzdužno pomične podizne ruke. Ako odrivna daska ima i funkciju utovara i slaganja, dodatno je opremljena prstom ili prstima koji pritišću tovar odozgo. Svi pokreti se ostvaruju pomoću hidrauličkog sistema.

Odrivne daske se razlikuju po visini dohvata: niske – maksimalna visina od 120 cm, i visoke – do 240 cm iznad podloge.

4.4. Emisiona ograničenja za motore skidera

Standardi emisije štetnih materija uvedeni su još 1992. godine i obavezni su u svim zemljama Evropske unije - EURO standardi. Ovi standardi propisuju maksimalne dozvoljene količine štetnih materija u izduvnim gasovima drumskih vozila. Standardi regulišu emisije ugljen-monoksida (CO), ugljovodonika (HC), azotnih oksida (NOx) i čvrstih čestica (SP) po pređenom kilometru. Novi EURO standardi emisija objavljuju se u redovnim intervalima od 4 do 5 godina, počevši od 1992. godine, pri čemu su označeni brojevima u rastućem redoslijedu. Standardi za putnička vozila i laka teretna vozila označeni su arapskim brojevima (EURO 1, 2, 3...), dok su standardi za autobuse i teške kamione označeni rimskim brojevima (EURO I, II, III...).

Svaki novi EURO standard je stroži od prethodnog, sa nižim dozvoljenim granicama emisije zagađujućih materija. Međutim, primjenjuju se isključivo na nova vozila koja se tek uvode na tržište. Standard je EURO 6, uveden 2014. godine, koji je dodatno pooštren u verzijama 6c i 6.2. Ovi standardi imaju za cilj smanjenje negativnog uticaja drumskog saobraćaja na životnu sredinu i poboljšanje kvaliteta vazduha.

Evropski standardi emisije za dizel motore poljoprivrednih mašina razvijeni su kroz nekoliko nivoa poznatih kao Stage I do Stage IV. Prvi evropski zakonski propisi koji su regulisali emisije radnih mašina (Stage I/II) objavljeni su 16. decembra 1997. godine, pod direktivom 97/68/EC. Ograničenja za dizel motore uvedena su u dva koraka: Stage I je stupio na snagu 1999. godine, dok je Stage II implementiran u periodu od 2001. do 2004. godine, u zavisnosti od snage motora. Ovi propisi obuhvatili su širok spektar mašina za građevinske, poljoprivredne i druge namjene, sa jedinstvenim regulacijama za sve kategorije. Izuzetak su bili rokovi za implementaciju kod poljoprivrednih i šumskih traktora, definisani Direktivom 2000/25/EC.

Standard emisije Stage IV za motore traktora snage od 75 do 173 KS stupio je na snagu 2014. godine. Ključna karakteristika Stage IV

standarda su stroga ograničenja emisije azotnih oksida (NO_x), sa maksimalno dozvoljenom vrijednošću od 0,4 g/kWh. Da bi se postigli ovi zahtjevi, koristi se kombinacija tehnologija, uključujući aktivni DPF filter (filter čvrstih čestica) i SCR sistem (selektivna katalitička redukcija). SCR funkcioniše primjenom rastvora uree (poznatog pod trgovačkim imenom AdBlue) u tok izduvnih gasova, gdje hemijski katalizator u kombinaciji sa dovoljnom temperaturom smanjuje višak NO_x u vodu (H₂O) i azot (N₂).

Stage V predstavlja sljedeću fazu razvoja standarda emisija za motore koji se koriste u novim mašinama i vozilima namijenjenim za rad u vanputnim uslovima. Ovaj standard stupio je na snagu 2019. godine za motore snage do 56 kW i preko 130 kW, dok je za motore snage između 56 i 130 kW primjena počela 2020. godine. Za razliku od prethodnih standarda, Stage V se po prvi put primjenjuje i na dizel motore snage manje od 37 kW (50 KS) i one sa snagom većom od 560 kW (760 KS). Glavna karakteristika Stage V standarda je daljnje smanjenje količine čvrstih čestica i sadržaja azotnih oksida (NO_x). Najvažnija razlika u odnosu na prethodne standarde leži u uvođenju ograničenja količine čvrstih čestica za cijeli opseg snaga motora, što znači da će filteri za čvrste čestice (DPF) postati obavezni za sve kategorije motora.

Jednan od najznačajnijih projekata u regionu koji se bavio skiderima je Projekat „Razvoj hibridnog skidera – HiSkid“ realizovan je u periodu od 20. decembra 2019. godine do 20. decembra 2022. godine u okviru Operativnog programa „Konkurentnost i kohezija 2014.–2020.“ pod pokroviteljstvom Evropskog fonda za regionalni razvoj. Nosilac projekta bio je Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, uz partnerstvo Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu (Šušnjar, 2023).

Primarni cilj projekta bio je razvoj inovativnog hibridnog pogona skidera s ciljem povećanja efikasnosti, smanjenja potrošnje goriva i smanjenja negativnih uticaja na životnu sredinu prilikom privlačenja drveta. Istraživanje je provedeno na dva skidera Ecotrac 140V u vlasništvu „Hrvatskih šuma“ d.o.o. na područjima uprava šuma

Bjelovar i Gospić. Na oba skidera instalirana je oprema WIGO-E (Telematic Data Collector) sa integrisanim GPS-om i mjerачem protoka goriva, čime je omogućeno precizno prikupljanje podataka o tehničkim karakteristikama tokom različitih radnih zadataka i terenskih uslova (Šušnjar, 2023).

Razvijen je idejni koncept hibridnog pogona zasnovan na P2 paralelnoj hibridnoj konfiguraciji koja omogućava višenamjenske režime rada. Elektromotor je smješten između mjenjačke kutije i dizel motora, povezan dvijema spojkaма koje omogućavaju zamjenu hidrauličnog pogona vitla elektromotornim pogonom. Na taj način omogućeno je da dizelski motor bude isključen ili u praznom hodu tokom određenih radnih operacija, čime se postiže ušteda goriva (Šušnjar, 2023).

5. VODEĆI PROIZVOĐAČI SKIDERA

Specijalni šumski traktori točkaši i skideri su široko zastupljeni na međunarodnom tržištu, a mnogi od njih su pronašli primjenu i u Bosni i Hercegovini i regionu. Među najpoznatijim modelima u Evropi su njemački WF trac traktori, modeli 1300, 1500 i 1700, sa snagom motora od 100 do 130 kW, masom od 8500 kg, zglobnim upravljanjem i maksimalnom brzinom od 50 km/h. Ovi skideri se mogu se koristiti za različite namjene, uključujući privlačenje drveta uz mogućnost priključenja adaptera za razne zadatke. Njihova visoka transportna brzina omogućava i transport na duže udaljenosti.

Njemačka kompanija HSM Hohenlohe-Waldenburg nudi široku paletu skidera, uključujući modele HSM 704 (85 kW), HSM 805 (100 kW) i HSM 904 (136 kW). Njihovi skideri često dolaze opremljeni grapl hvataljkama dometa oko 6 m, namijenjenim za manipulaciju drvetom na stovarištima i u sastojini, uz standardne adaptore poput vitla, zaštitne daske i platforme za slaganje sortimenata. Kompanija Welte nudi sličan koncept s modelima W 115 (84 kW), W 170 (128 kW), W 180 (128 kW) i W 210 (157 kW).

John Deere, globalno poznati proizvođač, proizvodi skidere kao što su John Deere 540G-III sa snagom motora od 96 kW, masom od 10300 kg i vitlom sile 140 kN, te 548G-III sa istom snagom motora i masom od 10600 kg, ali opremljen hvataljkom. Visokoperformantni modeli su John Deere 640G-III s vitlom, 648G-III s hvataljkom i 848G-III kao najveći model opremljen hvataljkom za manipulaciju sortimentima velikih dimenzija.

Među najčešće korišćenim skiderima u Bosni i Hercegovini nalaze se i LKT skideri, koji su poznati po svojoj jednostavnosti i izdržljivosti u privlačenju drveta u zahtjevnim uslovima. Modeli poput LKT 81 i LKT 81T opremljeni su prednjom njihajućom osovinom, hidrauličnim vitlom sa dva bubnja i frikcionim lamelnim kvačilima. Model LKT 90A omogućava privlačenje drveta putem vitla i slaganje sortimenata pomoću dizalice, dok je model LKT 90B dodatno opremljen

hvatalkama za rad bez sajle. Model LKT 90P posjeduje polugu vezanu u tri tačke i prilagođen je za upotrebu različitih priključaka. Najnoviji model, LKT 82, karakterišu modernizovani upravljački sistem, sigurnosna kabina i povećana vučna snaga.

EQUUS je rastući proizvođač skidera sa sjedištem u Slovačkoj. Kompaniju SITTRANS s.r.o., koja proizvodi skidere pod brendom EQUUS, osnovao je stručnjak sa više od 12 godina iskustva u servisiranju šumarskih mašina. Prvi prototip EQUUS traktora proizveden je 2014. godine, dok je serijska proizvodnja započela 2015. godine. Trenutno se proizvodi četiri do pet traktora mjesečno, od čega se približno 90% izvozi na međunarodna tržišta.

Među najistaknutijim modelima u ponudi kompanije EQUUS su EQUUS 175N UN, koji predstavlja najprodavaniji četvorotočkaš opremljen hidrauličnom rukom; EQUUS 240 UN, najveći i najrobustniji četvorotočkaš sa VOLVO PENTA motorom, dizajniran za zahtjevne zadatke; te EQUUS 175N 6WDC, šestotočkaš koji pruža izvanrednu stabilnost i snagu na teškim terenima.

EQUUS se ističe kao jedan od najbrže rastućih proizvođača šumarskih skidera u Evropi.

U Hrvatskoj, kompanija Hittner d.o.o. iz Bjelovara proizvodi specijalizovane šumske zglobne traktore u saradnji sa Šumarskim fakultetom u Zagrebu i praksom Hrvatske šume d.o.o.. Prvi model, EcoTrac 33V, predstavljen je 2000. godine, dok je 2001. lansiran unaprijeđeni proredni skider EcoTrac 55V. Daljim razvojem nastali su modeli veće snage, poput EcoTrac 72V (2001) i EcoTrac 120V (2004), kao i noviji model EcoTrac 60V, koji se koriste za privlačenje drveta u prebornim i završnim sječama. Ovi traktori su prilagođeni savremenim zahtjevima šumarske industrije.

6. TEHNIKE RADA

Izbor tehnike privlačenja drveta skiderom zavisi prvenstveno od metode sječe, kojom se određuje oblik drveta koje se privlači.

Metode se dijele na:

- Sortimentni metod (eng. assortment) - privlače se izrađeni sortimenti,
- Deblovni/poludeblovni metod (eng. tree-length/half-tree length) – privlače se debla ili dijelovi debla prerezani na transportne dužine,
- Stablovni metod (eng. full-tree) - privlače se cijela stabla s krošnjama i granama.

Organizacija rada zavisi od izabranih sredstava rada i karakteristika postojeće infrastrukture (širina vlaka, radijusi krivina, veličina stovarišta pored puta).

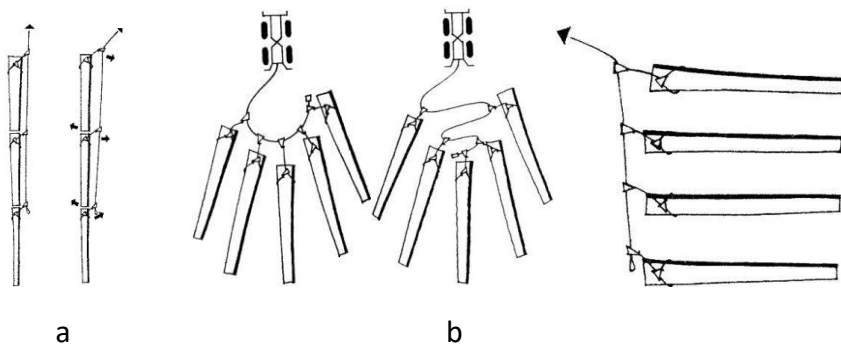
Broj članova posade skidera zavisi od vrste mašine i nivoa automatizacije. Uobičajeno, posada se sastoji od jednog ili dva člana:

- Dva člana posade: Ova konfiguracija je česta kod skidera bez daljinskog upravljanja vitlom. Jedan član upravlja mašinom, dok drugi rukuje vitlom i vrši kačenje drveta.
- Jedan član posade: Ova postavka je moguća kod skidera opremljenih daljinskim upravljanjem vitla, što omogućava operateru da samostalno upravlja mašinom i vitlom.

U praksi je češća organizacija rada u kojoj dva radnika rukuju jednim skiderom. Kod brigadnog rada, ulogu kopčaša često preuzima sjekač s motornom testerom. On priprema dovoljnu količinu drveta za svaki tovar i dodatno pomaže traktoristi pri vezivanju tereta (Zečić, 2003).

Tehnika korišćenja sajle za kačenje čokera odnosno formiranje čoker linija u prorednim sječama primjenjiva je samo izuzetno – za izvlačenje više trupaca iz jednog stabla u istom pravcu (Slika 11).

Izvlačenje više stabala odjednom obično je neprihvatljivo zbog opasnosti od šteta.



Slika 11. Korišćenje čoker linija pri proredama a) prihvatljiv način, b) neprihvatljiv način

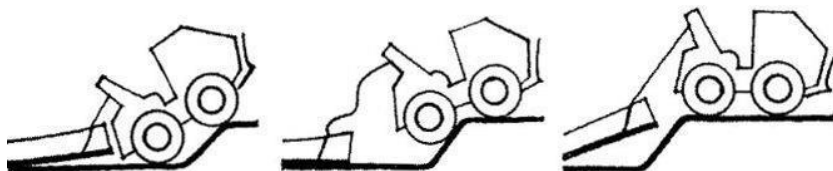
Najizraženije oštećenje šumskog ekosistema tokom privlačenja drveta ogleda se u narušavanju površinskog sloja zemljišta. Prilikom privlačenja, čestice zemljišta se odvajaju od površine usljed djelovanja sila nastalih kretanjem transportnih sredstava i prevoženog drveta. Dalje premještanje tih čestica zavisi od kretanja transportnih sredstava, tereta i uticaja vode. Ovaj proces se definiše kao erozija izazvana sječom i transportom drveta.

Stepen narušavanja površinskog sloja zemljišta tokom privlačenja drveta zavisi od primijenjene tehnologije. Upotreba žičara uzrokuje minimalno oštećenje zemljišta, s udjelom narušavanja do 2%. Privlačenje konjima rezultira nešto većim oštećenjem, koje dostiže najviše 6%, pri čemu njihovo kretanje ne stvara kolotrage karakteristične za vozila sa točkovima. Traktori opremljeni vitlom izazivaju značajnije oštećenje zemljišta, u rasponu od 8% do 13%. Traktori sa hvataljkama, zbog potrebe da prilaze svakom oborenom stablu, mogu uzrokovati oštećenje zemljišta na površini koja dostiže do 26%.

Pored procentualnog udjela oštećene površine, važan faktor je i pravac privlačenja drveta jer on utiče na stepen vodene erozije. Kada se drvo privlači niz padinu, erozioni kanali uzrokovani povlačenjem

drveta se spajaju, koncentrišući oticanje vode od padavina. S druge strane, kada se drvo privlači uz padinu, erozioni kanali se razdvajaju, usmjeravajući vodu ka udubljenjima u terenu. Iz tog razloga, na terenima osjetljivim na eroziju (nagib već od 10%), drvo bi uvijek trebalo privlačiti uz padinu, uprkos tome što se naknadno privlačenje formiranog tovara može vršiti niz padinu.

Na terenima sa smanjenom nosivošću i izraženim neravninama, oštećenje površinskog sloja zemljišta i njegova zbijenost mogu se smanjiti primjenom tehnike poznate kao „snubovanje“ (Slika 12). Ova tehnika podrazumijeva da skider opremljen vitlom otpusti kočnice i spusti teret na podlogu prije dolaska na zahtjevan dio terena. Nakon što pređe taj dio bez tereta, ponovo privlači tovar ka sebi. Prednost ove metode ogleda se u tome što vozilo prelazi kritični dio terena bez dodatnog opterećenja, čime se smanjuje pritisak. Tokom ovog procesa na teren se prenosi isključivo sila potrebna za kretanje, što značajno umanjuje rizik od oštećenja zemljišnog pokrivača.



Slika 12: Tehnika privlačenja preko prepreka (snubovanje)

Prema Zečiću i dr. (2004), distanca privlačenja, u skladu s ekonomskim pokazateljima, trebala bi iznositi približno 200 do 300 m. Povećanje distance privlačenja rezultuje dužim trajanjem radnog ciklusa, višim troškovima privlačenja i većim sabijanjem podloge uslijed povećanog broja prolazaka vozila. S druge strane, smanjenje distance privlačenja smanjuje troškove privlačenja, ali istovremeno povećava gustinu šumskih saobraćajnica i troškove njihove izgradnje.

Prema Severu i Horvatu (1987), ključni tehnološki zahtjevi za pravilan izbor sredstava za rad uključuju dimenzione i masene karakteristike skidera, raspodjelu mase vozila, položaj težišta, uzdužnu i poprečnu stabilnost i druge faktore. Tokom privlačenja drvne mase, navedene

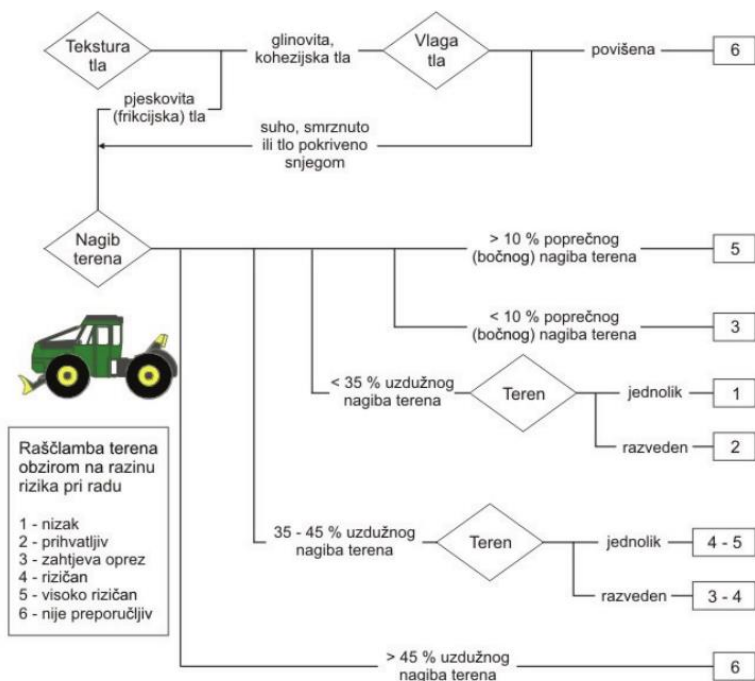
karakteristike skidera su usko povezane s tehničkim osobinama ugrađenih vitla, poput položaja vitla na vozilu, vučne sile i korisnosti rada vitla. Ova međusobna povezanost dodatno je pod uticajem nagiba terena na kojem se izvodi privlačenje, bilo da je riječ o radu uzbrdo, nizbrdo ili na ravnom terenu.

Gužvinec et al. (2012) su analizirali efikasnost različitih metoda sidrenja prilikom primicanja (privitlavanja) drveta. Istraživanje je obuhvatilo nekoliko tipova skidera (Timberjack 240C, LKT 81T, Ecotrac 120V, Ecotrac MS 33V) i jedan adaptirani poljoprivredni traktor (Belarus 1021) opremljen šumskim vitlima. Ključni cilj bio je analizirati horizontalnu i vertikalnu komponentu vučne sile te faktor prijanjanja vozila u različitim konfiguracijama. Rezultati su pokazali da skideri sa sidrenom daskom i horizontalnim valjcima postavljenim na sidrenu dasku (LKT 81T, Ecotrac 120V, Ecotrac MS 33V) ostvaruju veći faktor prijanjanja (oko 1) u odnosu na Timberjack 240C (0,56), koji nije imao sidrenu dasku. Faktori prijanjanja mjereni su na osnovu vučne sile pri pomaku vozila unazad i analize raspodjele opterećenja po osovinama. Istraživanje je također pokazalo da visina horizontalnih valjaka značajno utiče na efikasnost privitlavanja, gdje niži položaj valjaka poboljšava iskorišćenje vučne sile, dok viši položaj povećava vertikalnu komponentu sile, smanjujući korisnost vitla. Zaključeno je da vozila bez sidrene daske ne mogu u potpunosti iskoristiti kapacitet vitla, čime se smanjuje efikasnost privitlavanja, dok ugradnja sidrene daske i snižavanje horizontalnih valjaka povećava stabilnost i radnu efikasnost prilikom privitlavanja.

Kada je u pitanju defisanje područja na kojim je prihvatljivo korišćenje skidera MacDonald (1999) je predstavio dijagram analize terena za rad skidera, pri čemu su faktori poput teksture zemljišta, nivoa vlage i nagiba terena ključni za određivanje bezbjednosti i efikasnosti rada. Tekstura zemljišta se diferencira na pjeskovita, koja obezbjeđuju bolju frikciju i sigurnije uslove za rad, i glinovita (kohezion) koja u uslovima povećane vlažnosti postaju izrazito rizična za rad skidera. Posebno se ističe da povišena vlaga na kohezionim zemljištima dovodi do najvišeg stepena rizika, gdje se rad skidera ne preporučuje.

Nagib terena igra ključnu ulogu u procjeni rizika. Kada je poprečni nagib terena veći od 10 %, rizik se smatra visokim zbog povećane mogućnosti bočnog proklizavanja i destabilizacije skidera. Ukoliko je poprečni nagib manji od 10 %, rad se smatra umjereno rizičnim, uz potreban dodatni oprez. Uzdužni nagib je također važan faktor. Na terenima s uzdužnim nagibom manjim od 35 % skider može raditi bez značajnih ograničenja, pri čemu se jednolični tereni smatraju najmanje rizičnim. S povećanjem uzdužnog nagiba, između 35 % i 45 %, raste i nivo rizika, gdje jednolični tereni zahtijevaju povećan oprez, dok su tereni s izraženim reljefom još rizičniji. Kada uzdužni nagib premaši 45 %, rad skidera se ne preporučuje zbog ekstremnog rizika od destabilizacije i prevrtanja mašine.

Dijagram ispod jasno ukazuje da tereni niskog rizika uključuju suva, stabilna i manje nagnuta područja, posebno na pjeskovitim zemljištima s manjim uzdužnim i poprečnim nagibima (Slika 13). S druge strane, visok rizik postaje dominantan kod glinovitih i kohezivnih zemljišta, naročito pod uslovima povećane vlažnosti i izraženih nagiba terena. Najkritičniji faktori su kombinacija visoke vlage i velikih nagiba, gdje je procjena rizika maksimalna i rad se ne preporučuje. Ovaj dijagram pruža precizne smjernice za odabir terena pogodnih za rad skidera, omogućavajući planiranje operacija s ciljem povećanja bezbjednosti rada i smanjenja negativnog uticaja na zemljište. Posebna pažnja treba biti usmjerena na izbjegavanje rada na terenima sa povišenom vlagom i velikim nagibima, jer oni predstavljaju najviši stepen rizika.



Slika 13. Područje rada skidera (MacDonald, 1999)

6.1. Šumska infrastruktura za skidere

Sekundarna šumska putna mreža predstavlja osnovnu infrastrukturu koja omogućava kretanje skidera prilikom privlačenja drveta iz šume. Dijeli se na traktorske vlake i traktorske puteve, pri čemu svaka od ovih kategorija ima specifičnu namjenu i karakteristike. Traktorske vlake su dijelovi šumskog bespuća koji se ne grade planski, već se samo obilježavaju na terenu i formiraju se višestrukim prolaskom skidera istim tragom u toku izvođenja radova na privlačenju drveta. Nasuprot tome, traktorski putevi predstavljaju građevinske objekte projektovane s ciljem obezbjeđivanja sigurne i efikasne prohodnosti u složenijim terenskim uslovima, kao što su nagib terena ili površinske prepreke.

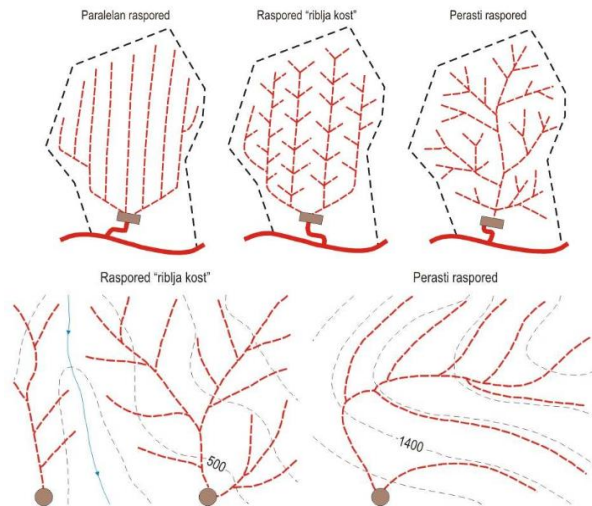
Elementi traktorskih puteva uključuju uzdužni nagib koji ne bi trebalo da prelazi 20 %, odnosno 25 % u posebnim slučajevima, kako bi se

osigurala stabilnost vozila tokom kretanja. Širina planuma puta se kreće od 2,5 do 3,5 m, dok se radijus horizontalnog luka određuje na osnovu dužine vozila i vučenog drveta, što omogućava sigurno manevrisanje u krivinama.

Otvaranje brdsko-planinskih šuma traktorskim putevima omogućava skiderima najbrži i najefikasniji pristup posječenim stablima ili izrađenim sortimentima. Traktorski putevi se u takvim uslovima grade i na terenima sa nagibom do 60 %, dok u područjima sa povećanom kamenitošću, posebno u kraškim predjelima, nagib može dostizati i do 90 %. Optimalna mreža traktorskih puteva podrazumijeva gustoću od 100 do 200 m po hektaru, čime se osigurava efikasna pokrivenost terena i dostupnost svih dijelova sječine.

Pri projektovanju traktorskih puteva posebna pažnja se posvećuje usklađivanju trase s prirodnim reljefom terena kako bi se minimizirali ekonomski i estetski negativni uticaji. Na strmim terenima primjenjuje se profil zasjeka, gdje se jedan dio profila puta nalazi u iskopu, a drugi dio u nasipu, što predstavlja optimalno tehničko rješenje. Ovakva konfiguracija smanjuje potrebu za transportom materijala sa gradilišta puta i omogućava stabilnost trase.

Oblik i raspored mreže sekundarnih šumskih puteva zavisi od orografije terena, ali i od mogućnosti prijema drvne mase korišćenim sredstvima privlačenja (Slika 14).



Slika 14. Oblici sekundarne putne mreže (Poršinsky-prezentacije)

Pravilno planiranje puteva, uz istovremeno usmjeravanje obaranja stabala, smanjuje gaženje i sabijanje površinskog sloja zemljište, što doprinosi očuvanju šumskog ekosistema. U skladu s time, teorijski oblik mreže sekundarnih puteva uvijek se prilagođava konkretnim terenskim uslovima kako bi se osigurala maksimalna funkcionalnost i zaštita sastojine.

6.2. Tehnike privlačenja drveta skiderom s vitlom

Među različitim sredstvima za privlačenje, skideri s vitlom (mehaničkim ili hidrauličnim) zauzimaju posebno mjesto zbog svoje efikasnosti, prilagodljivosti terenskim uslovima i relativno niskog stepena oštećenja stabala i zemljišta pri pravilnoj primjeni tehnika privlačenja.

Vitlo ugrađeno na skideru može biti jedno ili dvobubanjskog tipa, s mehaničkim ili hidrauličnim pogonom. Mehanička vitla karakteriše jednostavnija konstrukcija, manji broj komponenti i veća pouzdanost u otežanim radnim uslovima, dok hidraulična omogućavaju finiju regulaciju sile zatezanja i veći nivo bezbjednosti operatera. Kapacitet vučne sile kod modernih vitla kreće se u rasponu od 5 do 10 tona, što

omogućava privlačenje jednog ili više sortimenata istovremeno, zavisno od konfiguracije terena i uslova rada. Uobičajeno je da se vitlo koristi u kombinaciji s lancima ili sajlama, koji su pričvršćeni za jedan kraj sortimenta, kako bi se omogućilo privlačenje do pomoćne ili glavne traktorske vlake. Upotreba kliznih čeličnih šipki, tzv. „choker“-a, omogućava brzo i sigurno fiksiranje tereta bez potrebe za intenzivnim angažmanom radnika u zoni opasnosti.

Direktno učešće čovjeka u kontroli mašina još uvijek je uglavnom nezamjenjivo u mehanizaciji koja se koristi u šumarstvu. Operateri moraju biti u neposrednom kontaktu s mašinama, nalaziti se u kabinama vozila ili direktno upravljati ručnim alatima (motorne testere, trimeri). Izuzetak u direktnoj kontroli predstavljaju vitla, koja se decenijama koriste za privlačenje drveta vučom po zemlji, kao i za privlačenje putem žičara.

Načini kontrole vitla kod skidera:

- Kontrola iz kabine:
 - Kontrolni uređaji smješteni unutar kabine,
 - Kontrolni uređaji smješteni van kabine.
- Daljinska kontrola:
 - Kontroleri povezani kablom,
 - Kontrola putem infracrvenih talasa,
 - Kontrola putem radio-komandi.

Vrste sistema za kontrolu vitla:

- Mehanička kontrola - Realizuje se putem džojstika povezanih sistemom poluga i zupčanika direktno sa kontrolnim mehanizmima vitla (npr. TNP vitlo).
- Hidraulička kontrola - Izvodi se putem džojstika povezanih sa razvodnicima i ventilima koji upravljaju hidrauličnim ili pneumatskim mehanizmima vitla (kočnice i spojnice). Takođe se može realizovati putem džojstika povezanih sa razvodnicima pomoću sajli (Bowden kablovi).

- Elektrohidraulička kontrola - Kontrola se vrši putem tastera i džojstika (električnih prekidača) koji šalju električne signale do elektrohidrauličnih razvodnika i ventila, upravljajući hidrauličnim ili pneumatskim mehanizmima vitla.
- Elektromagnetska kontrola - Slično elektrohidrauličkoj, ali koristi elektromagnetne elemente za direktno upravljanje hidrauličnim ili pneumatskim mehanizmima vitla.

Specifično rješenje kontrole vitla iz kabine skidera zavisi od konstrukcije samog vitla. Kod starijih modela najčešće se koristila mehanička kontrola pomoću ručica ili džojstika. Danas se mehanička kontrola uglavnom koristi kod jednostavnijih tipova vitla, obično sa jednim dobošem, integrisanih sa zaštitnom daskom i montiranih na zadnju hidrauličnu polugu (trokuk) adaptiranih poljoprivrednih traktora.

Kod hidrauličnih sistema kontrole, razvodnici hidrauličnih sistema su izmješteni iz kabine iz sigurnosnih razloga, dok se upravljačke poluge nalaze na dohvat ruke vozača. Razvodnik i hidraulične cijevi ili crijeva postavljeni su van kabine, a poluge su povezane sa razvodnikom putem sajli (Bowden kablova). Hidraulična i elektrohidraulična kontrola vitla su danas najčešće korišćene tehnologije.

Upravljanje isključivo iz kabine nije pogodno za primarno izvlačenje drveta (primicanje) iz sastojine, jer je vozaču ograničena vidljivost, što može smanjiti preciznost i efikasnost. Optimalna upotreba ovih sistema zahtijeva kombinaciju kontrole iz kabine i vanjskog nadzora tereta, naročito u kompleksnim terenskim uslovima.

Optimalan oblik daljinske kontrole je putem radio-komandi koje omogućavaju veću fleksibilnost, kontrolu više funkcija i sigurnost.

Vitla na skiderima predstavljaju glavnu komponentu za privlačenje drveta, posebno u zahtjevnim terenima poput brdsko-planinskih područja. Njihova osnovna funkcija je primicanje (privlačenje) drvene mase pomoću čeličnog, ili od nekog drugog materijala napravljenog, užeta (Slika 15). Postoje različiti tipovi vitla, od kojih su najčešće u

upotrebi jednodobošna i dvodobošna vitla, pri čemu svaki tip ima specifične prednosti u zavisnosti od radnih uslova i zahtjeva posla.

Jednodobošna vitla koriste se uglavnom na skiderima manjeg kapaciteta i pogodna su za rad u manjim sječinama i kod manje zahtjevnih operacija. Njihova prednost leži u jednostavnosti konstrukcije, lakšem održavanju i nižim troškovima nabavke. S druge strane, dvodobošna vitla su namijenjena za zahtjevnije operacije, jer omogućavaju istovremeno privlačenje većeg broja sortimentata ili manipulaciju većim tovarima. Ova vitla često dolaze sa naprednijim sistemima upravljanja, uključujući hidrauličke i elektrohidrauličke kontrolne sisteme, što omogućava preciznije rukovanje teretom i veću efikasnost.

Moderni skideri sve češće koriste hidraulički pogon vitla, koji omogućava ravnomjerno raspoređivanje sile privlačenja i kontrolisanu brzinu namotavanja sajle. Hidraulički sistemi značajno smanjuju rizik od naglih trzaja i oštećenja stabala ili opreme. Pored toga, savremeni skideri često su opremljeni automatskim kočionim sistemima i zaštitom od preopterećenja, što dodatno poboljšava sigurnost i efikasnost rada (Tabela 1).

Elektrohidraulička vitla predstavljaju još napredniju varijantu, gdje operater može upravljati vitlom putem daljinskog upravljača, čime se povećava sigurnost rada i omogućava bolja preglednost terena. Daljinsko upravljanje omogućava preciznu kontrolu funkcija vitla, uključujući namotavanje, otpuštanje sajle i kočenje.

Pri odabiru vitla za skidere potrebno je uzeti u obzir više faktora, uključujući dužinu i prečnik sajle, vučnu silu, brzinu namotavanja i tip pogona. Efikasnost vitla ima direktan uticaj na produktivnost rada, a odgovarajući izbor tipa vitla zavisi od karakteristika terena, veličine stabala i primijenjenog sistema gazdovanja šumama. Primjena savremenih vitla na skiderima značajno doprinosi smanjenju oštećenja zemljišta i podmlatka, čime se postiže veća održivost i dugoročna produktivnost šumskih resursa.

Primjena skidera sa vitlom podrazumijeva tri osnovne tehnike privlačenja: privlačenje uz direktno primicanje, kombinovanu tehniku (primicanje i vuča) i isključivu vuču nakon prethodnog primicanja.

Privlačenje uz direktno primicanje primjenjuje se kada konfiguracija terena ne omogućava direktan pristup skidera do mjesta obaranja stabala. U takvim slučajevima sajla se razvlači ručno ili pomoću pomoćnog kolotura do oborenih stabala, gdje se sortimenti pričvršćuju na sajlu i vitlom primiču prema skideru. Ova tehnika je naročito pogodna za terene sa velikim nagibima ili za područja visoke ekološke osjetljivosti. Njena prednost je minimalno narušavanje zemljišta, jer skider ostaje na vlaci. Međutim, produktivnost zavisi od brzine i vještine radnika prilikom razvlačenja i pričvršćivanja sajli, kao i od dužine vitlanja, koja se u pravilu ograničava na 40–60 metara.

Kombinovana tehnika (primicanje i vuča) obuhvata proces u kojem se sortimenti prvo privlače vitlom na određeno rastojanje (predprivlačenje), a potom se pomoću zadnjih hvataljki (grapple) ili podiznog štita podižu i vuku do pomoćne ili glavne vlake. Ova tehnika omogućava optimizaciju potrošnje goriva i vremena, budući da se najzahtjevniji dio puta savladava pomoću vitla, dok se ostatak puta prelazi brže zahvaljujući vuči. Primjenjuje se na terenima sa umjerenim nagibom i u gustim sastojinama gdje manevrisanje skiderom može izazvati oštećenje mladica.

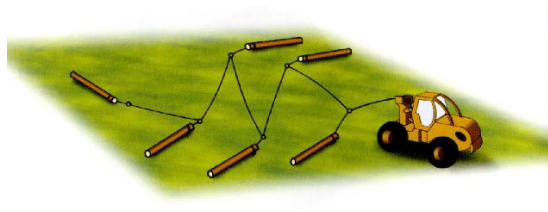
Isključiva vuča nakon prethodnog primicanja koristi se kada se obaranje stabala vrši neposredno uz vlak. Vitlo se tada koristi samo za kratko izvlačenje stabala iz zone obaranja, dok se ostatak puta obavlja vučom. Ova tehnika je pogodna za pristupačne terene ili završne faze radova kada je već formirana mreža vlaka. Prednost ove metode ogleda se u smanjenom vremenu potrebnom za svaki ciklus privlačenja, dok je njen nedostatak potencijalno veći uticaj na zemljište, naročito ukoliko se radovi ne izvode uz primjenu tehničkih mjera zaštite, poput upotrebe zaštitnih lanaca, valjaka ili jastučića.

Tabela 1. Tehničke karakteristike vitla na nekim skiderima

Skider / Model	Pogon vitla	Broj bubnjeva	Max vučna sila (kN)	Dužina sajle (m)	Prečnik sajle (mm)	Brzina primicanja (m/s)
HSM 805 HD	Hidraulički	2	100	80	13	0,8 – 1,2
Timberjack 240C	Mehanički	1	70	50	11	0,7 – 1,0
Ecotrac 55V	PTO traktor	2	70	60	12	0,6 – 1,1
LKT 81 Turbo	Mehanički	2	70	12	0,9	

Napomena: Vučna sila se odnosi na silu koju vitlo može proizvesti pri maksimalnom opterećenju. Brzina primicanja zavisi od momenta opterećenja i radnog pritiska hidrauličkog sistema.

Izbor odgovarajuće tehnike privlačenja zavisi od više međusobno povezanih faktora, koji uključuju topografiju terena, gustinu i raspored stabala, vrstu i dužinu sortimenata, udaljenost do vlake i ekološke zahtjeve. Topografija terena značajno utiče na izbor tehnike privlačenja, pri čemu strmi tereni zahtijevaju primjenu vitla kao osnovnog sredstva za privlačenje drveta. Gustina i raspored stabala takođe igraju važnu ulogu, jer veća koncentracija stabala zahtijeva preciznije manevrisanje i često onemogućava direktnu vuču. Vrsta i dužina sortimenata predstavljaju dodatni faktor, s obzirom na to da duži komadi otežavaju manevrisanje, što utiče na balans između primicanja i vuče. Udaljenost do vlake takođe određuje izbor tehnike — na većim udaljenostima prioritet se daje tehnikama s primicanjem kako bi se smanjilo narušavanje zemljišta. Ekološki zahtjevi, uključujući zaštitu prirodne regeneracije, sprječavanje erozije i očuvanje zemljišta, favorizuju primjenu tehnika koje minimalizuju kretanje skidera i smanjuju njegov negativan uticaj na zemljišni pokrivač.



Slika 15. Privlačenje skiderom s vitlom

6.3. Tehnike privlačenje drveta bez čokera

Trend opremanja skidera uređajima za privlačenje drveta koji rade bez dodira ljudske ruke prisutan je već nekoliko decenija. Glavni princip privlačenja drva bez sajle je hvatanje i fiksiranje drveta pomoću alata u obliku hvataljki, kao što su grapl (eng. grapple) ili klam bank (eng. clam bunk). Oba alata su opremljena hidraulički upravljanim čeljustima/hvataljkama koje hvataju drvo. Razlika između njih leži u položaju čeljusti:

- Kod grapl skidera čeljusti su usmjerene prema dolje,
- Kod klam bank skidera čeljusti su usmjerene prema gore.

Usmjereno obaranje pri sječi je ključni faktor za efikasno privlačenje drva bez sajle. Postoje dvije vrste grapl uređaja, u zavisnosti od njihovih karakteristika i primjene:

- Grapl na dugoj ruci - Dužina ruke 6-8 m ili više. Namjena: Utovar, istovar i pomjeranje tereta do visine od nekoliko metara. Kapacitet hvatanja relativno mali (0,5-0,7 m³), što omogućava hvatanje jednog ili dva komada drveta.
- Grapl na kratkoj ruci - Dužina ruke oko 3 m. Kapacitet čeljusti veći (1,3-2,0 m³), što omogućava hvatanje cijelih složajeva drveta.

Kod nekih modela čeljusti su opremljene sajlama za stezanje, čime se poboljšava držanje tereta i sprječava gubitak komada.

Kod grapl skidera čeljusti se obično fiksiraju iznad ili ispred zadnje osovine, što doprinosi boljoj raspodjeli mase vozila. Često se grapl montira zajedno s vitlom, omogućavajući privlačenje drveta iz nepristupačnih dijelova sastojine do koje skider ne može doći. Grapl kliješta se mogu primjenjivati u pripremnim sječama, gdje se koriste nakon što se drvo uz pomoć neke druge tehnologije složi u gomile duž linije privlačenja, kao i u glavnim sječama, gdje se drvo direktno privlači do stovarišta pored puta. Ovi uređaji omogućavaju efikasno

privlačenje drveta, ali je za optimalnu primjenu neophodno prethodno slaganje u složajeve.

Klam bank je uređaj namijenjen za privlačenje dugog drva u polu-podignutom položaju, pri čemu se dio tereta oslanja na platformu (eng. bunk), dok se ostatak vuče po površini zemlje.

Zbog ograničene primjene, proizvođači se najčešće odlučuju za modularnu konstrukciju gdje se forvarder sa klam bankom može prepraviti u skider sa klam bank platformom, i to u roku od 30 min. Poprečni profil platforme iznosi obično 1.2 – 2.0 m², što omogućava transport velikih tereta i visok kapacitet.

Prilikom utovara, stabla ili trupci se pojedinačno zahvataju hvataljkom montiranom na ruku skidera, a zatim se pravilno slažu između čeljusti klam bank platforme. Čeljusti moraju biti čvrsto zatvorene prije nego što skider započne kretanje. Skider s klam bank platformom nosi veći dio opterećenja na zadnjoj osovini u poređenju s skiderom koji vuče teret sajlom, što je u ranim modelima uzrokovalo veći pritisak na podlogu. Međutim, savremene mašine imaju pritisak na podlogu uporediv ili čak niži zahvaljujući podvoznim sistemima sa više točkova, dvostrukim osovinama i širim pneumaticima.

Jedan od ključnih tehničkih izazova kod traktora s klam bank platformom je viši centar gravitacije, što ograničava njihovu bočnu stabilnost. Iako imaju visoku radnu efikasnost, postoje i tehnološka ograničenja. Ovi skideri nisu pogodni za rad na oštrim usponima, gdje se može desiti da se teret odiže od podloge, što dovodi do preopterećenja osovine na konveksnim terenima, dok se na konkavnim terenima podvozje može „savijati“ pod teretom. Takođe, u oštrim krivinama, krajevi dugog tereta mogu oštetiti rubna stabla duž linije privlačenja.

Zbog ovih ograničenja, pažljiva tehnološka priprema neophodna je prije upotrebe ovih mašina. Klam bank skideri su posebno korisni za koncentrisane sječe nakon prirodnih katastrofa, pri čistim sječama, te kod sječa izazvanih zagađenjem vazduha.

U novije vrijeme, skideri kombinuju vitlo i grapl kliješta na dužoj hidrauličnoj ruci, uz mogućnost dodatne opreme kao što su zaštitne daske skidera (eng. skidder shield) ili klam bank platforme, kao i vitlo. Primjeri ovih mašina su HSM 704 (sa zaštitnom daskom), HSM 805 i HSM 904 (sa klam bank platformom) (Slika 16), kao i Wellte modeli W 110, 150, 180 i slovački specijalni traktor LKT 82 C. Ovo rješenje je obećavajuće jer kombinuje prednosti različitih principa u jednu funkcionalnu jedinicu.



Slika 16. LKT 82 skider s hidrauličnom rukom i vitlom
(<https://souzles-nn.ru>)

6.4. Skideri vs forvarderi

Skideri i forvarderi su mašine koje se koriste u procesu transporta šumskih drvnih sortimenata iz šuma, pri čemu svaka od ovih mašina ima specifičnu primjenu u zavisnosti od terena, metode rada i vrste sječe.

Kako je već rečeno u ranijim poglavljima skideri se koriste za vuču drveta s jednim odignutim krajem, a proces je poznat kao privlačnje. Drvo se izvlači iz šume na način da jedan kraj stabla ostaje u kontaktu s tlom, dok se drugi kraj podiže i vuče. Ova metoda rada se najčešće koristi kod poludeblovne, deblovne i stablovne metode sječe i izrade.

Skideri su naročito pogodni za brdske i brdsko-planinske terene zbog svoje velike vučne moći i sposobnosti savladavanja jakih nagiba. Primjenjuju se uglavnom kod proreda, oplodnih i prebirnih sječa, gdje je potrebna sječa pojedinačnih stabala (selektivna sječa).

Forvarderi, s druge strane, služe za izvoz drveta u potpunosti podignutog od podloge, odnosno voze drvo. Ova metoda rada omogućava transport sortimenata (oblovine) bez kontakta s podlogom, što smanjuje oštećenja i omogućava očuvanje prizemne flore. Forvarderi su idealni za sortimentnu metodu rada, gdje se drvo presijeca na kraće dijelove (sortimente) već u šumi. Njihova primjena je dominantna na ravničarskim terenima zbog stabilnosti vozila i mogućnosti manevrisanja. Najčešće se koriste kod oplodnih sječa i proreda. Dakle, dok su skideri pogodniji za brdske terene i selektivne sječe, forvarderi se koriste za sortimentnu metodu rada na ravnijim terenima, uz smanjenje uticaja na šumsko zemljište.

Forvarderi su specijalne mašine namijenjene za utovar, privlačenje i slaganje drveta. Sastoji se od motornog dijela i tovarnog dijela, koji su smješteni na dva polurama povezana zglobovom (aksijalnim ili centralnim). Upravljanje mašinom se vrši zglobovom pomoću hidrauličkog sistema. Svi točkovi su pogonski, a nosivost forvardera je obično znatno veća u poređenju s traktorima s prikolicama.

Kod voženja (eng. forwarding), teret se u potpunosti oslanja na tovarni prostor transportnog sredstva, koji se nalazi između stubova (eng. stanchions). Voženje je ciklična tehnološka faza koja obuhvata: primarno privlačenje, utovar, transport, sortiranje pored stovarišta, slaganje na stovarište i povratak u sastojinu.

Pošto su forvarderi opremljeni hidrauličnom rukom, sve operacije mogu se obavljati samo jednom mašinom. U tom slučaju, drvo se iz sastojine uzima hidrauličnom rukom u radijusu njenog dosega (6–8 m), a teret se kontinuirano slaže na tovarni prostor. Ova opcija je pogodna za glavne i pripremne motorno-ručne sječe, ali je ekonomski neefikasna za njegu sastojina zbog male efikasnosti prilikom

izvlačenja pojedinačnih komada drveta i ograničenog doseg hidraulične ruke.

Zbog toga, u sječama za njegu sastojina se često koristi opcija prethodnog privlačenja iz sastojine i odlaganja na liniju kojim se kreće forvarder, nakon čega se drvo transportuje forvarderima.

Prednosti vožnja forvarderom u odnosu na privlačenje vitlom:

- Smanjen fizički napor radnika u poređenju s vezivanjem sajli,
- Manja zavisnost od vremenskih uslova,
- Eliminacija neugodnih radnih zadataka, poput vezivanja i otpuštanja sajli u blatu ili snijegu, probijanja kroz gustiš i šumski ostatak,
- Smanjen rizik od povreda, jer se većina nesreća dešava tokom privlačenja sajlom, naročito pri korišćenju oštećenih ili iskrzanih sajli,
- Povećana dnevna produktivnost, do 60 m³ u povoljnim uslovima, što je teško ostvarivo skiderom,
- Očuvanje površine zemljišta jer krajevi trupaca ne dodiruju podlogu.

Važno je napomenuti i da se voženjem izbjegava oštećenje i prljanje drveta, koje nastaje pri vuči po zemlji. Ovo može značajno uticati na troškove obrade drveta, oštrenje i zamjenu testera. Zbog toga neki kupci nude bonus za drvo voženo forvarderom.

Rizik od proklizavanja točkova kod forvardera je manji nego kod skidera. Zbog toga je i oštećenje zemljišta (formiranje brazdi usljed proklizavanja) manje izraženo. Međutim, sabijanje tokom kretanja mašine se može povećati zbog veće mase tereta. Ovaj problem se može ublažiti putem tehničkih i organizacionih mjera, kao što su:

- Povećanje broja točkova,
- Upotreba dvostrukih osovina (eng. bogie axles),
- Korišćenje gusjenica ili širih pneumatika,
- Planiranje optimalnih pravaca kretanja i radnih linija.

Jedan od glavnih nedostataka forvardera je ograničena primjenjivost u složenim terenskim uslovima. Reljef terena ne smije onemogućavati prolazak mašine, što značajno sužava mogućnosti njihove primjene u brdsko-planinskim područjima.

Forvarderi mogu efikasno privlačiti drvo na terenima s nagibom do 45% pod uslovom da se kreću pod pravim uglom u odnosu na izohipse terena. Na strmijim nagibima, stabilnost mašine postaje ugrožena, dok se upravljivost značajno smanjuje, povećavajući rizik od prevrtanja.

Tovarna platforma kod forvardera se nalazi na visini od oko 145 cm iznad podloge, što povećava visoko težište i negativno utiče na transverzalnu stabilnost. Na većim nagibima, preporučuje se da se natovareni forvarderi kreću poprečno na izohipse, kako bi se smanjio rizik od prevrtanja. Neki moderni forvarderi (npr. John Deere) opremljeni su hidraulički nagibnim tovarnim prostorom koji se može nagnuti prema padini, čime se poboljšava stabilnost i centar gravitacije.

Jedna od mjera za poboljšanje longitudinalne stabilnosti je pričvršćivanje mašine sajlama na specijalna vučna (trakciona) vitla. Primjer takve opreme su vitla Forcar FC200 proizvođača Herzog i slični modeli drugih proizvođača. Ove vitlo-sistem jedinice pomažu u održavanju stabilnosti mašine na strmim terenima.

Na većim nagibima, forvarderi često ne mogu savladati izlaske iz radne linije prema terenu i obrnuto, zbog većeg radijusa okretanja. Zbog toga je priprema radne plohe ključna i zahtijeva prethodna prilagođavanja izlaza i ulaza iz radnih linija kako bi se obezbijedila bezbjednost i efikasnost.

Na konkavnim (udubljenim) i konveksnim (ispupčenim) terenima, mogu se javiti problemi sa dužinom vozila, naročito kod dužih forvardera (10 m i više sa teretom). Ovi problemi nastaju zbog ograničene fleksibilnosti podvozja i poteškoća pri prilagođavanju različitim nagibima i krivinama terena.

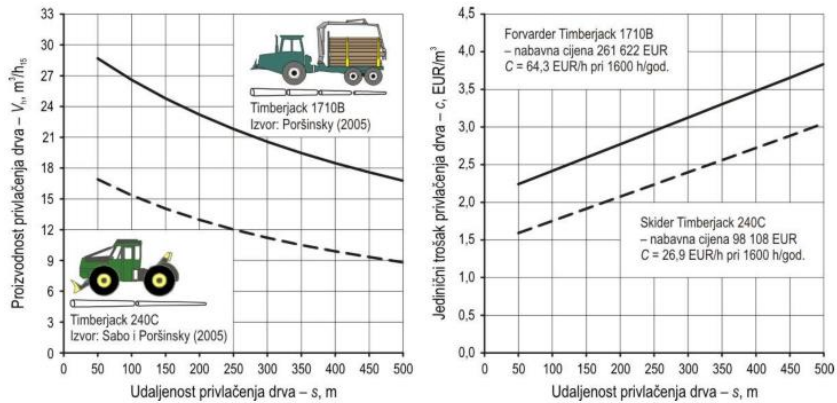
Dakle, iako su forvarderi izuzetno efikasni, njihova primjena u složenim terenskim uslovima zahtijeva pažljivo planiranje i prilagođavanje radnih linija. Tehnička unapređenja poput nagibnih tovarnih prostora i trakcionih vitla mogu značajno poboljšati stabilnost i sigurnost rada na nagibima, ali i dalje postoje ograničenja na ekstremnim terenima.

Na Slici 17. je prikaz analize produktivnosti i jediničnih troškova privlačenja drveta u zavisnosti od udaljenosti privlačenja za dva sredstva za transport drveta: skider Timberjack 240C i forvarder Timberjack 1710B, prema podacima iz izvora Sabo i Poršinsky (2005) i Poršinsky (2005).

Na lijevom grafikonu prikazana je produktivnost privlačenja drveta (m^3/h) u odnosu na udaljenost privlačenja (m). Vidljivo je da s povećanjem udaljenosti privlačenja dolazi do smanjenja proizvodnosti kod oba tipa mašina. Skider Timberjack 240C pokazuje nižu ukupnu produktivnost u poređenju s forvarderom Timberjack 1710B, ali obe mašine prate sličan opadajući trend.

Desni grafikon prikazuje jedinične troškove privlačenja drveta (EUR/m^3) u zavisnosti od udaljenosti privlačenja. Jasno se vidi da s povećanjem udaljenosti troškovi rastu kod oba tipa mašina. Skider Timberjack 240C pokazuje niže troškove po kubnom metru u poređenju s forvarderom Timberjack 1710B, što je posljedica niže nabavne cijene skidera (98108 EUR) u odnosu na forvarder (261622 EUR) i nižih ukupnih troškova rada. Međutim, forvarder ima prednost u većoj produktivnosti, što može kompenzovati njegovu višu cijenu u određenim radnim uslovima (Slika 17).

Forvarder, iako skuplji, efikasniji je kod većih udaljenosti privlačenja, dok je skider ekonomski isplativiji za kraće udaljenosti. Ova analiza pokazuje potrebu za pravilnim odabirom mehanizacije u zavisnosti od specifičnih uslova rada, kao što su udaljenost privlačenja, konfiguracija terena i obim radova, kako bi se optimizovali troškovi i efikasnost iskorišćavanja šuma.



Slika 17. Poređenje produktivnosti i troškova skidera i forvardera (Poršinsky, 2005; Sabo i Poršinsky, 2005)

Iako su forvarderi efikasniji u sortimentnoj metodi rada i pokazuju veću produktivnost na većim udaljenostima privlačenja, njihova primjena je tehnički i ekonomski ograničena na složenijim terenima. Osim toga, šumska infrastruktura, kao i zakonska i podzakonska regulativa u mnogim zemljama, uključujući Republiku Srpsku, prilagođena je uglavnom primjeni skidera. Ova prilagođenost odnosi se na postojeće vlake, šumske puteve i normative koji često favorizuju primjenu skidera zbog njihove dugogodišnje prisutnosti u šumarskoj praksi i ekonomičnosti na kraćim udaljenostima.

7. PROUČAVANJE RADA SKIDERA

Proučavanje rada skidera uglavnom se zasniva na primjeni studija vremena i rada (Björheden et al., 1995; Acuna et al., 2012), koje služe za analizu utrošenog vremena i postignute produktivnosti, uzimajući u obzir relevantne faktore koji utiču na rad. Metodološki, ove studije mogu biti podijeljene na korelacione i komparativne. Korelacione studije se fokusiraju na analizu veze između utroška vremena i faktora koji određuju efikasnost rada, dok komparativne studije imaju za cilj poređenje vremena rada ili produktivnosti različitih mašina i metoda primijenjenih za obavljanje istih zadataka (Mousavi et al., 2013). Rezultati ovih analiza obično se koriste za racionalizaciju proizvodnih procesa, određivanje njihovog obima (Sarikhani, 2001; Nurminen et al., 2006) ili za procjenu i poređenje metoda eksploatacije kako bi se identifikovao najekonomičniji način rada.

Studij vremena i rada predstavlja jednu od najčešće korišćenih metoda za analizu radnog procesa. Ovaj pristup se primjenjuje širom svijeta u različitim vrstama analiza kako bi se procijenio uticaj trajanja radnih operacija na efikasnost i performanse rada (Björheden, 1991). Empirijski modeli, koji se često koriste u ovim istraživanjima, razvijaju se na osnovu terenskih podataka, pri čemu se statistička značajnost odnosa između varijabli testira regresionom analizom (Samset, 1990). Ova metoda omogućava izradu modela koji opisuju odnose između zavisne varijable, poput trajanja radne operacije ili produktivnosti, i nezavisnih varijabli (Costa et al., 2012).

Za prikupljanje podataka koriste se različite tehnike, uključujući protočne ili povratne metode mjerenja vremena, kao i indirektno bilježenje (Samset, 1990; Harstela, 1991).

Prilikom pripreme za provođenje studije vremena i rada, od ključne je važnosti prepoznati sve faktore koji mogu uticati na ubrzanje ili usporavanje radnog procesa. Okruženje u kojem se vrši istraživanje treba što preciznije da odražava uobičajene radne uslove. Radnici koji učestvuju u procesu istraživanja moraju biti obaviješteni o njegovoj

svrsi i planiranom toku, dok osobe odgovorne za prikupljanje podataka treba da posjeduju odgovarajući nivo znanja i iskustva. Faktori poput vremenskih uslova, karakteristika terena, korišćene opreme i drugih značajnih elemenata moraju biti jasno zabilježeni. Sam proces snimanja započinje izborom radnika, definisanjem metodologije i identifikacijom specifičnih elemenata koji će biti predmet analize. Nerijetko se provodi i probno snimanje kako bi se potvrdila adekvatnost odabranih tehnika i metoda rada. Pažljivo planiranje i selekcija radnika, njihova obuka i priprema procedura predstavljaju ključne korake za postizanje uspješnog i reprezentativnog istraživanja.

Kako bi rezultati različitih studija mogli biti uporedivi, neophodno je koristiti jedinstven vremenski koncept. Prema preporukama Nordic Forest Work Study Council-a, ovaj koncept obuhvata ukupno radno vrijeme koje se sastoji od vremena kretanja, prelaza, rada na radnom mjestu, prekida i pauza, kao i nekorisnog vremena. Većina ukupnog radnog vremena odnosi se na aktivnosti na radnom mjestu, koje se dalje klasifikuju na produktivno radno vrijeme i vrijeme koje se troši na zastoje.

IUFRO (Međunarodna unija za šumarska istraživanja) razvila je vremenski koncept koji definiše ukupno radno vrijeme kao kombinaciju vremena provedenog na radnom mjestu i van njega (Forest work nomenclature, 1995). Vrijeme van radnog mjesta obuhvata aktivnosti poput putovanja do radnog mjesta i odmaranja. Vrijeme provedeno na radnom mjestu odnosi se na dio radnog dana kada je produkcionni sistem angažovan na specifičnim zadacima koji se odvijaju na lokaciji rada. Produktivno radno vrijeme predstavlja segment vremena na radnom mjestu tokom kojeg je produkcionni sistem, direktno ili indirektno, uključen u aktivnosti koje doprinose proizvodnji (Forest work nomenclature, 1995). Rad na radnom mjestu se dalje deli na produktivno i dodatno radno vrijeme. Dodatno radno vrijeme obuhvata aktivnosti koje nisu neposredno povezane sa samim zadatkom, ali ga podržavaju, poput pripreme radnog mjesta,

održavanja i popravki alata, dopunjavanja goriva i sličnih aktivnosti (Forest work nomenclature, 1995).

Produktivno radno vrijeme predstavlja segment radnog vremena posvećen direktnom izvršavanju specifičnih zadataka, često kroz ponavljajuće cikluse. S druge strane, dodatno radno vrijeme se odnosi na aktivnosti koje nisu direktno povezane sa specifičnim zadatkom, ali su ključne za omogućavanje njegovog izvođenja. Za produktivno radno vrijeme se ponekad koristi termin "direktno vrijeme," dok se za dodatno radno vrijeme koristi termin "indirektno vrijeme." Pomoćno radno vrijeme je podskup dodatnog vremena i odnosi se na aktivnosti koje osiguravaju kontinuirano funkcionisanje sistema, poput asistencije dodatnih radnika ili mašina, obilježavanja vlaka, talpanja granama i slično. Norme rada temelje se na procjenama prosječne produktivnosti tokom radnog vremena. Radno vrijeme se obično definiše kao trajanje smjene umanjeno za zakonom propisano vrijeme za pauzu (najčešće 30 minuta) i dijeli se na produktivno i neproduktivno radno vrijeme (Wenger, 1984).

Produktivno radno vrijeme uključuje direktne aktivnosti na proizvodu rada, kao što su osnovni zadaci mašine i popratne operacije. U ovaj segment se često uračunavaju kratki periodični zastoji koji su integralni dio proizvodnih aktivnosti, poput dopunjavanja goriva, prilagođavanja trase kod žičara i slično. Neproduktivno vrijeme obuhvata aktivnosti kao što su promjene lokacija stovarišta, plansko i neplansko održavanje mašina, te razna kašnjenja. Plansko servisiranje uključuje redovne servise prema preporukama proizvođača i zamjenu rezervnih dijelova.

8. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U nastavku je predstavljeno nekoliko istraživanja u kojima je autor učestvovao ili kao neposredni istraživač ili kao supervizor. Istraživanja su izložena u formi studija slučaja s ciljem da se na jednom mjestu nađu i uporede, u svrhu donošenja određenih zaključaka i preporuka, što više istraživanja koja su rađena u zadnje vrijeme u lokalnim šumarstvima.

8.1. Studij slučaja 1

U istraživanju Trninića (2024) provedena je uporedna analiza rada skiddera „Timberjack 240A“ i „LKT 81 ITL“, koji su bili angažovani na privlačenju šumskih drvnih sortimenata na području šumskoprivrednog područja „Srednjevrbaskog“, kojim upravlja Šumsko gazdinstvo „Gorica“ Šipovo, J.P. „Šume Republike Srpske“ a.d. Sokolac. Istraživanje je obavljeno u odjelu 112/2, gazdinska jedinica „Roduša“, privredna jedinica „Vitorog“, koji pripada gazdinskoj klasi 1209 – šume bukve i jele sa smrčom na krečnjačkim i dolomitnim smeđim zemljištima. Odjel je smješten na nadmorskoj visini između 1200 i 1400 m, u pojasu izražene planinske klime.

Projektovana norma za sječu i izradu šumskih drvnih sortimenata u zimskim uslovima iznosila je 10,06 m³/RD za četinare i 4,75 m³/RD za lišćare, dok su norme u ljetnoj sezoni nešto više i iznosile su 11,71 m³/RD za četinare i 4,96 m³/RD za lišćare. Norma za primicanje i privlačenje u zimskim uslovima iznosila 30,10 m³/RD za četinare i 28,40 m³/RD za lišćare, dok su ljetne norme više i dostižu 42,10 m³/RD za četinare i 36,30 m³/RD za lišćare (Trninić, 2024).

Skideri koji su bili predmet istraživanja su LKT 81 ITL i Timberjack 240A (Slika 18), oba, u izuzetno dobrom tehničkom stanju. Skider LKT 81 ITL, proizveden 2022. godine, bio je opremljen JCB44TA1 motorom snage 93 kW i zapremine 4399 cm³. Ovaj skider posjedovao je dvostruko vitlo sa vučnom silom od 2 x 80 kN i sajlom dužine 60 m.

Timberjack 240A, model iz 1992. godine, nakon reparacije koristio je Cummins 4BTA motor snage 77 kW i zapremine 3995 cm³. Ovaj skider bio je opremljen jednodobošnim vitlom marke Gearmatic, sa sajlom dužine 80 m,. Iako je stariji i „slabiji“ od LKT modela, kompletna reparacija ga je značajno unaprijedila i osigurala funkcionalnost i efikasnost na nivou novijih skidera.

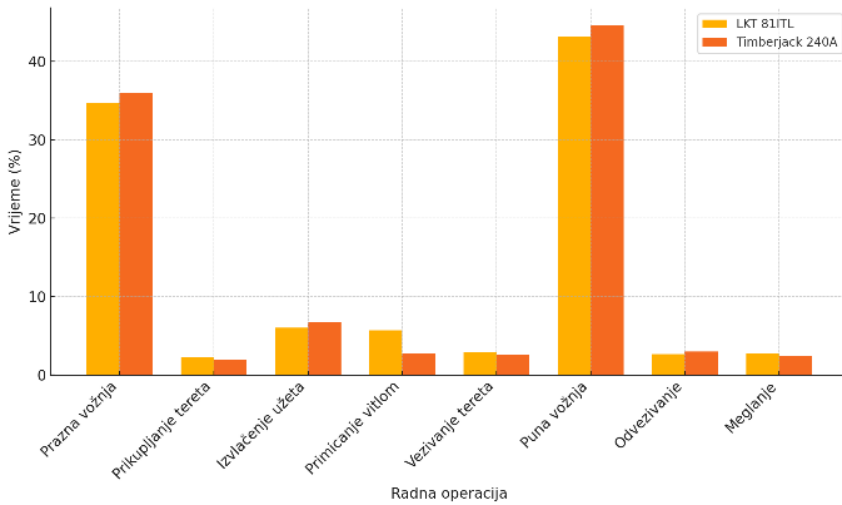


Slika 18. Skideri LKT 81 ITL (lijevo) i Timberjack 240A (desno) (foto: Trninić)

Analiza strukture radnog vremena za skidere LKT 81 ITL i Timberjack 240A pokazala je da se najveći dio produktivnog radnog vremena kod oba modela utroši na operacije "Puna vožnja" i "Prazna vožnja". Kod skidera LKT 81 ITL ove dvije operacije zauzimaju ukupno 78% produktivnog vremena, dok je kod Timberjack 240A njihovo učešće 81% (Trninić, 2024).

Trninić (2024) je takođe utvrdio da je ukupno produktivno vrijeme za LKT 81 ITL iznosilo je 2739,84 min, pri čemu je najduže trajanje imala operacija "Puna vožnja" sa 1184,18 min, dok je "Prazna vožnja" trajala 948,75 min. Operacije poput "Izvlačenja užeta i vezivanja komada" i "Primicanja vitlom" takođe su bile značajne, sa trajanjem od 164,37 i 155,60 min, respektivno. Kod Timberjacka 240A ukupno produktivno

vrijeme iznosilo je 2772,18 min, a "Puna vožnja" i "Prazna vožnja" su dominirale sa trajanjem od 1237,05 i 999,35 min. Operacije "Izvlačenja užeta", „Vezivanja komada" i "Primicanja vitlom" bile su manje zastupljene u poređenju sa LKT-om, sa trajanjem od 187,20 i 76,72 min (Slika 19).



Slika 19. Struktura radnog vremena skidera LKT 81 ITL i Timberjack 240A

Analiza snimljenih prosječnih distanci za skidere LKT 81 ITL i Timberjack 240A pokazala je slične vrijednosti po radnim operacijama. Kod radne operacije „Prazna vožnja“, skider LKT 81 ITL imao je srednju distancu kretanja od 605,97 m/tura, dok je Timberjack 240A zabilježio nešto veću srednju vrijednost od 608,00 m/tura. „Vožnja na prikupljanju tereta“ pokazala je prosječne distance od 13,12 m za LKT 81 ITL i 13,82 m za Timberjack 240A. Operacije „Izvlačenje užeta“ i „Primicanje vitlom“ imale su gotovo identične prosječne distance za oba skidera: 8,57 m kod LKT 81 ITL i 8,42 m kod Timberjack 240A. Srednje distance za operaciju „Puna vožnja“ bile su skoro identične onima za „Praznu vožnju“.

Analizom tereta skidera LKT 81 ITL i Timberjack 240A evidentirane su razlike u broju, dužini, zapremini, kao i prečniku trupaca. Skider LKT

81 ITL prosječno je po turi privlačio 4,91 komada sa dužinama komada od 5,20 do 7,20 m i prosječnom zapreminom od 1,02 m³ po komadu. Ukupno, zapremina tereta po turi iznosila je 4,61 m³, dok je ukupna zapremina za 33 ture bila 152,14 m³. Prečnici komada za ovaj skider kretali su se od 28,80 do 78,30 cm, sa srednjom vrijednošću od 45,07 cm. Kod skidera Timberjack 240A prosječan broj komada po turi bio je veći, iznosio je 5,61, sa dužinama komada od 5,70 do 7,14 m. Prosječna zapremina komada takođe je iznosila 1,02 m³, ali je zapremina tereta po turi bila veća, 5,51 m³. Ukupna zapremina za sve snimljene ture iznosila je 181,85 m³. Prečnici komada za Timberjack 240A kretali su se u užem rasponu od 35,75 do 64,25 cm, sa srednjom vrijednošću od 44,50 cm. Uočava se da je Timberjack 240A privlačio veći broj trupaca po turi sa nešto manjim prečnikom, ali uz veću ukupnu zapreminu tereta. Dužine komada su kod ovog skidera neznatno veće u poređenju sa LKT 81 ITL. Oba skidera pokazala su slične vrijednosti zapremine pojedinačnog komada, dok je ukupna zapremina tereta po turi bila veća kod Timberjacka (Trninić, 2024).

Regresiona analiza pružila je uvid u zavisnosti između vremena trajanja radnih operacija i različitih uticajnih faktora za skidere LKT 81 ITL i Timberjack 240A, poput distance i broja komada u teretu. Kod radne operacije „Prazna vožnja“ oba skidera pokazala su potpunu korelaciju zavisnost između trajanja i distance, pri čemu je faktor korelacije za LKT 81 ITL iznosio $R=0,98$, a za Timberjack 240A $R=0,99$. Slična zavisnost uočena je kod „Pune vožnje“, gdje su obe mašine pokazale gotovo identične rezultate (LKT 81 ITL $R=0,96$; Timberjack 240A $R=0,97$), dok zapremina tereta nije imala značajan uticaj. Kod operacije „Vožnja na prikupljanju tereta“, korelacije su bile jake za oba skidera (LKT 81 ITL $R=0,59$; Timberjack 240A $R=0,56$), ali razlike su postale očiglednije kod operacija kao što su „Primicanje vitlom“ i „Izvlačenje užeta“. Skider LKT 81 ITL je pokazao jaku korelaciju zavisnost kod obe operacije ($R=0,68$ i $R=0,67$), dok su te zavisnosti kod Timberjack 240A bile vrlo slabe ($R=0,12$ i $R=0,23$). Operacije „Vezivanje cijelog tereta“ i „Meglanje“ pokazale su značajne razlike između dva skidera. Timberjack 240A imao je jaču korelaciju za

vezivanje tereta u odnosu na broj komada ($R=0,70$ naspram $R=0,54$ kod LKT 81 ITL), dok je kod operacije meglanja korelaciona zavisnost bila vrlo jaka za Timberjack ($R=0,75$) u poređenju sa LKT ($R=0,60$). Operacija Odvezivanja pokazala je suprotan trend, gdje je LKT 81 ITL imao jaču korelaciju ($R=0,51$) u odnosu na Timberjack 240A ($R=0,32$). Sveukupno, rezultati sugerišu da oba skidera imaju slične performanse kod osnovnih operacija poput vožnje, dok LKT 81 ITL pokazuje bolju korelaciju kod specifičnih operacija kao što su „Primicanje vitlom“ i „Izvlačenje užeta“, dok Timberjack 240A ostvaruje bolji rezultat kod „Vezivanja tereta“ i „Megljanja“ (Trninić, 2024).

Ostvarene norme za skidere LKT 81 ITL i Timberjack 240A predstavljene su u Tabelama 2, 3, 4 i 5.

Norme postignute za skidere LKT 81 ITL i Timberjack 240A ukazuju na slične performanse u radu u različitim uslovima. S povećanjem distance privlačenja, vrijeme po m^3 se povećava, što direktno smanjuje produktivnost po radnom satu i radnom danu. Ovaj efekat je u skladu s očekivanjima jer veća distanca zahtijeva duže vrijeme za realizaciju. S druge strane, povećanje zapremine tereta po turi doprinosi smanjenju vremena po m^3 i povećava produktivnost. Ova pojava je rezultat efikasnijeg korišćenja vremena u odnosu na količinu privučenog drveta. Kod oba skidera, LKT 81 ITL i Timberjack 240A, produktivnost opada s povećanjem distance, ali LKT 81 ITL pokazuje nešto bolje performanse na kraćim distancama. Timberjack 240A se, s druge strane, bolje pokazuje kod većih zapremina tereta, što ukazuje na njegovu prednost u uslovima gdje je moguće privući veće ture drveta.

Tabela 2. Produktivnost skidera Timberjack T240A po radnom satu (Trninić, 2024)

Distanca privlačenja (m)	m ³ /h				
	Zapremina tereta (m ³)				
	3	4	5	6	7
400	3,60	4,79	5,99	7,19	8,39
500	2,31	3,08	3,85	4,62	5,39
600	1,70	2,27	2,84	3,40	3,97
700	1,35	1,80	2,25	2,69	3,14
800	1,12	1,49	1,86	2,23	2,60
900	0,95	1,27	1,59	1,90	2,22
1000	0,83	1,11	1,38	1,66	1,94

Tabela 3. Produktivnost skidera Timberjack T240A po radnom danu (8h) (Trninić, 2024)

Distanca privlačenja (m)	m ³ /RD				
	Zapremina tereta (m ³)				
	3	4	5	6	7
400	26,97	35,95	44,94	53,93	62,92
500	17,32	23,09	28,87	34,64	40,41
600	12,76	17,01	21,27	25,52	29,77
700	10,10	13,47	16,84	20,21	23,58
800	8,36	11,15	13,94	16,73	19,52
900	7,14	9,52	11,90	14,27	16,65
1000	6,23	8,30	10,38	12,45	14,53

Tabela 4. Produktivnost skidera LKT 81ITL po radnom satu (Trninić, 2024)

Distanca privlačenja (m)	m ³ /h				
	Zapremina tereta (m ³)				
	3	4	5	6	7
400	3,70	4,94	6,17	7,41	8,64
500	2,53	3,38	4,22	5,06	5,91
600	1,92	2,56	3,20	3,85	4,49
700	1,55	2,07	2,58	3,10	3,62
800	1,30	1,73	2,16	2,60	3,03
900	1,12	1,49	1,86	2,23	2,61
1000	0,98	1,31	1,63	1,96	2,29

Tabela 5. Produktivnost skidera LKT 81ITL po radnom danu (8h) (Trninić, 2024)

Distanca privlačenja (m)	m ³ /RD				
	Zapremina tereta (m ³)				
	3	4	5	6	7
400	27,78	37,04	46,31	55,57	64,83
500	18,99	25,31	31,64	37,97	44,30
600	14,42	19,23	24,03	28,84	33,65
700	11,62	15,50	19,37	23,25	27,12
800	9,74	12,98	16,23	19,47	22,72
900	8,38	11,17	13,96	16,75	19,54
1000	7,35	9,80	12,25	14,70	17,15

Istraživanje produktivnosti skidera LKT 81 ITL i Timberjack 240A pružilo je uvid u ključne faktore koji utiču na njihove performanse u realnim uslovima rada. Rezultati su pokazali da je skider LKT 81 ITL ostvario bolje dnevne učinke i norme u poređenju sa Timberjack 240A, što se može pripisati novijoj tehnologiji i tehničkoj nadmoćnosti. Produktivnost oba skidera bila je značajno ispod projektovanih normi iz izvođačkog projekta, što je djelimično

posljedica loših vremenskih uslova, zahtjevnog terena i velikih količina blata na traktorskim vlakama. U poređenju sa standardima postignutim u ranijim istraživanjima za skidere sličnih tehničkih karakteristika, ustanovljeno je da oba skidera imaju manju produktivnost, što se može pripisati specifičnim uslovima u kojima su radili. Bolja organizacija rada, posebno kod radnih operacija „Izvlačenje užeta“ i „Vezivanje komada“, kao i planiranje rada u povoljnijim vremenskim uslovima, mogu značajno povećati efikasnost.

8.2. Studij slučaja 2

Istraživanje je vršeno na području Gazdinske jedinice „Manjača“, koja pripada Šumskom gazdinstvu „Banja Luka“, a obuhvata odjel 18, smješten na sjeverozapadnim padinama Manjače. Površina odjela iznosi 53,76 hektara i uključuje tri odsjeka sa različitim gazdinskim klasama: odsjek „01“, visoke šume bukve; odsjek „02“, šume bukve i jele sa smrčom, te odsjek „03“, šumsku kulturu smrče na zapadnim ekspozicijama sa nadmorskom visinom do 1000 m. Nagib terena varira između 15° i 30°, s pretežno blažim nagibom od 15°. Sastojinske prilike su karakteristične za raznodobne sastojine bukve, sa dodatkom jele i drugih lišćara. Prema šumskoprivrednoj osnovi (ŠPO), gazdovanje se sprovodi skupinasto-prebornim sistemom, uz stablimično prebiranje u dijelovima gdje raspored stabala i podmlatka ne omogućava izdvajanje skupina.

Geološko-pedološke karakteristike odjela pokazuju raznolikost podloge, sa kiselim silikatnim supstratima i dubokim kiselo-smeđim ilimerizovanim zemljištima, koje čine visoko produktivna staništa za bukove šume. Temeljnu podlogu sačinjavaju dolomiti, uz slojeve listinca i humusno bogatog zemljišta. Konfiguracija terena karakteriše se jednoličnim padom sa manjim uvalama srednje dubine.

U odjelu 18, iskorišćavanje šuma se provodi po stablimično-prebornom sistemu gazdovanja, kombinovano sa visokom proredom

po principu pozitivne selekcije. Doznačena drvena masa iznosila je ukupno 2616,84 m³, pri čemu najveći dio čine bukva (2315,05 m³), jela (213,12 m³) i plemeniti lišćari (74,77 m³). Sječa stabala vršena je sortimentnim metodom. U odjelu je projektovano ukupno 14 traktorskih vlaka ukupne dužine 5940 m, sa širinom od 3 m. Ove vlake su u toku istraživanja bile u dobrom stanju, suve i prohodne, što je značajno olakšalo rad skidera.

U istraživanju je analizirana efikasnost skidera LKT 81T, koji je konstruisan za primicanje i privlačenje drvnih sortimenata uz pomoć vitla (Slika 20). Ovaj skider posjeduje pogon na obe osovine, opremljen je dvodobošnim vitlom, prednjom i zadnjom (dozerskom) daskom, te lancima na točkovima zadnje osovine. Tehničke karakteristike traktora uključuju dimenzije od 5600 x 2260 x 2990 mm i ukupnu težinu od 7145 kg, sa rasporedom težine od 61,5% na prednjoj i 38,5% na zadnjoj osovini. Pokreće ga diesel motor Martin snage 74 kW sa turbopunjačem i nominalnim brojem obrtaja od 2200 o/min, uz kapacitet rezervoara od 70 litara. Traktor ima mehanički mjenjač sa pet stepeni naprijed i jednim nazad, kao i reduktor sa dva režima – put i teren.



Slika 20. Skider LKT 81 T (foto: Janković)

Vitlo traktora je dvodobošno, sa slobodnim kretanjem sajle, vučnom silom od 8 t po dobošu, brzinom vitlanja do 1 m/s i sajlom dužine 60 m sa presjekom od 14 mm. Upravljanje je zglobno, hidraulično, a sigurnosna kabina opremljena je sigurnosnim staklima i rešetkama. Pneumatici su dimenzija 18,4 – 30, a upravljanje odzivnim daskama vrši se elektrohidraulično. Treba napomenuti da isti model LKT skidera može biti opremljen različitim modelima vitla.

Snimljeni uzorak obuhvatao je ukupno 28 tura, pri čemu je broj komada po turi varirao od 7 do 9, sa prosjekom od 8 komada. Prosječna zapremina svakog komada iznosila je 0,58 m³, dok je prosječna zapremina ture bila 4,38 m³. Prosječno trajanje jedne ture iznosilo je 29 min, a dužina distance privlačenja kretala se između 208 i 493 m, s prosječnom vrijednošću od 362 m. Nagib terena u radnom području varirao je između 10° i 20°, pri čemu je prosječna vrijednost nagiba bila 15°.

Struktura radnog vremena istraživanog skidera LKT 81 T obuhvatila je osnovno radno vrijeme (ORV) i opšte radno vrijeme (OV). U okviru ORV-a, najviše vremena je utrošeno na operaciju „Puna vožnja“, koja je trajala ukupno 237 min i činila 29,66% ORV-a. „Prazna vožnja“ zauzela je 209 min, odnosno 26,17% ORV-a, dok su operacije „Vezivanje cijelog tovara“ i „Vezivanje komada“ imale značajan udio od 8,35% i 8,50%, respektivno. Ostale operacije, poput „Izvlačenje užeta“, „Primicanje vitlom“ i „Odvezivanje tereta“, zajedno sa „Meglanjem“, imale su udjele između 5% i 7%. Operacija „Vožnja na prikupljanju tereta“ imala je najmanji udio od 3,22% u ORV-u.

Opšte radno vrijeme (OV) uglavnom je bilo utrošeno na zastoje zbog tereta, koji su činili 95,94% ukupnog OV-a, dok su zastoje zbog puta činili preostalih 4,06%.

Analizirana je zavisnost trajanja pojedinih radnih operacija od relevantnih uticajnih faktora, koristeći regresionu i korelacionu analizu i statističke pokazatelje. Ispitano je sedam ključnih radnih operacija: „Prazna vožnja“, „Prikupljanje tereta“, „Izvlačenje užeta

vitla“, „Primicanje vitlom“, „Puna vožnja“, „Odvezivanje tereta“ i „Meglanje“.

„Prazna vožnja“ - Zavisnost trajanja prazne vožnje od distance analizirana je pomoću kvadratne regresione funkcije $y=7,7985-0,0345x+8,6307E-5x^2$, sa koeficijentom determinacije $R^2=0,93$ i korelacije $R=0,96$. Ovi rezultati ukazuju na vrlo jaku korelacionu zavisnost, pri čemu je 93% varijacije u trajanju „Prazne vožnje“ objašnjeno distancom. Standardna greška procjene iznosi $\pm 0,637$ min.

„Prikupljanje tereta“ - Za operaciju „Prikupljanja tereta“, regresiona funkcija $y=0,3951+0,0281x$ pokazala je korelacionu zavisnost sa $R=0,37$ i $R^2=0,13$. Zbog nedostatka značajne statističke značajnosti, trajanje ove operacije aproksimirano je prosječnom vrijednošću. Standardna greška procjene iznosi $\pm 0,398$ min.

„Izvlačenje užeta vitla“ - Analiza zavisnosti trajanja izvlačenja užeta vitla od distance dala je linearnu funkciju $y=0,0193+0,0099x$, sa vrlo jakim korelacijom $R=0,94$ i $R^2=0,90$. Ova zavisnost objašnjava 90% ukupne varijacije u trajanju operacije. Standardna greška procjene je $\pm 0,025$ min.

„Primicanje vitlom“ - Za „Primicanje vitlom“, regresiona funkcija $y=0,0075+0,0089x$ pokazala je vrlo jaku korelacionu zavisnost sa $R=0,90$ i $R^2=0,81$. Zavisnost je statistički značajna, pri čemu 81% varijacije u trajanju operacije objašnjava distanca primicanja. Standardna greška procjene iznosi $\pm 0,032$ min.

„Puna vožnja“ - Trajanje „Pune vožnje“ analizirano je u odnosu na distancu i zapreminu ture, koristeći višestruku regresiju. Funkcija $Y=6,7535+0,0183x-0,5038y+7,2294E-5x^2-0,0011xy+0,1051y^2$ pokazala je korelaciju $R=0,76$ i $R^2=0,57$, što ukazuje na umjerenu korelaciju. Standardna greška procjene iznosi $\pm 2,221$ min.

„Odvezivanje tereta“ - Zavisnost trajanja „Odvezivanja tereta“ od zapremine ture nije pokazala statističku značajnost. Vrijeme odvezivanja aproksimirano je prosječnom vrijednošću, uz standardnu

grešku procjene $\pm 0,437$ min. „Meglanje tereta“ - isto kao i za odvezivanje, nije ustanovljena značajna korelacija između trajanja meglanja tereta i zapremine.

Najveću zavisnost od distance pokazale su operacije prazne vožnje, izvlačenja užeta i primicanja vitlom, sa visokim koeficijentima korelacije i determinacije. Operacije prikupljanja tereta, odvezivanja i meglanja nisu pokazale statistički značajne zavisnosti od analiziranih faktora. Analiza pune vožnje pokazala je umjerenu zavisnost od distance i zapremine ture.

Tabela 6. Produktivnost skidera LKT 81T u odjelu 18 R.J. Manjača

Distanca privlačenja (m)	Srednja distanca primicanja vitlom (m)	Srednja zapremina tereta (m ³)				
		2	3	4	5	6
		m ³ /RD				
200	10	48,75	73,05	96,21	117,43	136,23
	20	47,52	71,20	93,80	114,56	133,07
	30	46,39	69,52	91,56	111,94	130,06
	40	45,27	67,84	89,42	109,60	127,12
300	10	43,00	64,44	84,95	104,02	121,13
	20	42,04	63,00	83,10	101,76	118,58
	30	41,15	61,67	81,34	99,69	116,23
	40	40,27	60,35	79,65	97,61	113,88
400	10	34,30	50,71	67,01	82,42	96,57
	20	33,23	49,82	65,86	80,99	94,94
	30	32,67	48,97	64,75	79,67	93,43
	40	32,12	48,15	63,67	78,34	91,90
500	10	25,37	28,03	50,38	62,19	73,31
	20	25,03	37,53	49,72	61,37	72,37
	30	24,71	37,05	49,09	60,60	71,49
	40	24,40	36,55	48,45	59,84	70,59
600	10	18,91	28,36	37,63	46,59	55,17
	20	18,73	28,08	37,25	46,14	54,63
	30	18,55	27,81	36,90	45,70	54,12
	40	18,37	27,54	36,54	45,27	53,61

Rezultati istraživanja pokazali su da su najveći uticaj na ukupno trajanje radnog ciklusa imali puna i prazna vožnja, koje zajedno čine 55,83% radnog vremena, dok su najmanji udio imale vožnja na prikupljanju tereta i primicanje vitlom, što se može objasniti idealnim uslovima na terenu i korišćenjem novih LKT 81T traktora. Utvrđeno je

da se sa povećanjem distance privlačenja i zapremine ture povećava trajanje radnog ciklusa, dok se radni učinak povećava smanjenjem distance privlačenja, manjim trajanjem primicanja i većom zapreminom ture (Tabela 6). U poređenju sa normama iz izvedbenog projekta, utvrđene norme su neznatno veće, što se pripisuje korišćenju novih traktora i iskusnog osoblja tokom istraživanja. Normativi koji se koriste u JPŠ „Šume Republike Srpske“ a.d. Sokolac datiraju iz 80-tih godina i rađene su za LKT 80.

8.3. Studij slučaja 3

U radu Marčete et al. (2014), predstavljeno je istraživanje provedeno u sjevernom dijelu Republike Srpske, na području opštine Ribnik. Istraživano područje se nalazilo u brdsko-planinskim uslovima tokom zimskog perioda. Temperature su varirale od 0 do 7 °C. Uzorci su prikupljeni na dvije odabrane parcele. Nadmorska visina se kretala od 690 m do 1230 m, dok je nagib terena varirao između 26% i 57%. Geološka podloga se sastoji od krečnjaka i djelimično dolomita, uz prisustvo srednje ili duboko kamenitog zemljišta. Sistem gazdovanja na obje parcele je bio skupinasto-prebirni. Prosječan prečnik stabala predviđenih za sječu iznosio je 21 cm na odjelu 98 i 35 cm na odjelu 65.

Prilikom izbora objekta za istraživanje uzeti su u obzir prosječni sastojinski uslovi i karakteristike mreže šumskih puteva koje dominiraju u bukovim šumama Republike Srpske. U svakom odjelu odabrane su radne plohe, sa ciljem da uslovi staništa i sastojina budu što sličniji. Razlike između ploha su bile isključivo u prečniku oborenih stabala i primjenjenim metodama sječe, čime su eliminisani dodatni faktori i omogućeno pouzdanije poređenje tehnologija.

Na svakoj plohi, nakon sječe, vršeno je privlačenje skiderom. Širina radnih ploha odgovarala je dvostrukoj dužini sajle vitla (maksimalna dužina sajle bila je 60 m). Skider se kretao duž traktorske vlake, a dužina radnih ploha bila je jednaka dužini vlake, do maksimalno 500

m. Sortimenti su privlačeni na šumski put pomoću skidera LKT 81T (Slika 21). Na dvijema ploham vršeno je privlačenje kratkog drveta (sortimentni metod), a dvijema dugog drveta (poludeblovni metod).



Slika 21. Privlačenje sa LKT81T skiderom (Foto, Marčeta D.)

Tabela 7. Parametri tereta (Marčeta et al., 2014)

Ogledna ploha	Metod	N tura		Mean	Suma	Min	Max	Std.Dev.	
A1	Sortimentni	34	Broj komada u teretu	n	9,94		6,00	13,00	1,56
		34	Srednja zapremina komada	m ³	0,28		0,19	0,40	0,04
		34	Zapremina tereta	m ³	2,80	95,33	1,65	4,12	0,58
		34	Dužina komada	m	5,38		4,28	7,31	0,86
A2	Poludeblovni	22	Broj komada u teretu	n	11,09		8,00	15,00	1,69
		22	Srednja zapremina komada	m ³	0,33		0,16	0,49	0,07
		22	Zapremina tereta	m ³	3,56	78,36	0,82	5,43	1,13
		22	Dužina komada	m	8,97		8,08	10,53	0,72
B1	Sortimentni	34	Broj komada u teretu	n	9,00		5,00	12,00	1,81
		34	Srednja zapremina komada	m ³	0,57		0,25	1,02	0,22
		34	Zapremina tereta	m ³	4,98	169,25	1,27	8,68	1,64
		34	Dužina komada	m	5,30		3,83	7,66	0,89
B2	Poludeblovni	23	Broj komada u teretu	n	9,57		5,00	13,00	2,09
		23	Srednja zapremina komada	m ³	0,75		0,20	1,64	0,32
		23	Zapremina tereta	m ³	6,62	152,31	2,03	8,48	1,38
		23	Dužina komada	m	9,19		6,12	14,40	2,02

Analiza podataka s oglednih ploha pokazala je značajne razlike između sortimentnog i poludeblovnog metoda rada. Na plohi A1, gdje je primijenjen sortimentni metod, prosječan broj komada u teretu iznosio je 9,94, dok je prosječna zapremina komada bila 0,28 m³, a zapremina tereta 2,80 m³. Dužina komada kretala se u prosjeku oko 5,38 m. Na plohi A2, gdje je primijenjen poludeblovni metod, broj komada u teretu bio je veći, s prosjekom od 11,09, dok je prosječna zapremina komada iznosila 0,33 m³, a zapremina tereta 3,56 m³, s dužinom komada od 8,97 m. Slični trendovi uočeni su i na plohama B1 i B2. Na plohi B1, gdje je primijenjen sortimentni metod, prosječan broj komada u teretu bio je 9,00, zapremina komada 0,57 m³, a zapremina tereta 4,98 m³, dok je prosječna dužina komada bila 5,30 m. Na plohi B2, kod poludeblovnog metoda, broj komada u teretu bio je 9,57, s većom prosječnom zapreminom komada od 0,75 m³, dok je zapremina tereta dostigla 6,62 m³, a dužina komada prosječno 9,19 m. Razlike između metoda ukazuju na veće vrijednosti kod poludeblovnog metoda u pogledu zapremine tereta i dužine komada (Tabela 7.) (Marčeta et al., 2014).

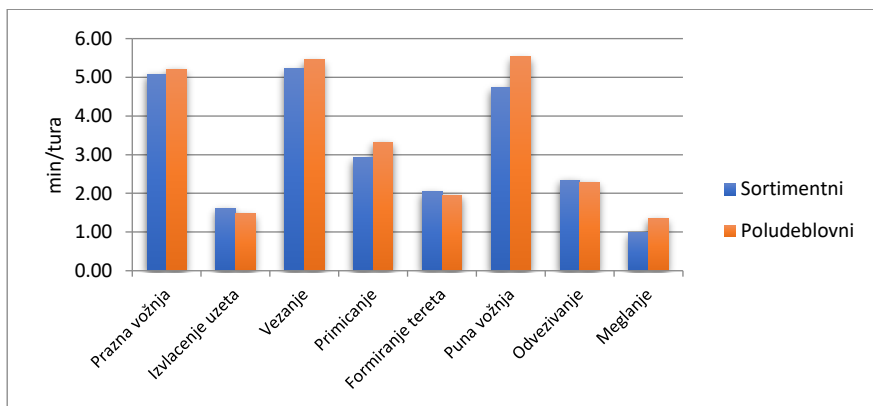
Prosječna distanca privlačenja kod sortimentnog metoda bila je 250,15 m, s rasponom od 90,00 m do 460,00 m. Na radnim plohama gdje je primijenjen poludeblovni metod prosječna distanca privlačenja iznosila je 287,44 m, s rasponom od 130,00 m do 490,00 m (Marčeta et al., 2014).

Ukupno analizirano radno vrijeme iznosilo je 2132,75 min na oglednim plohama gdje je primjenjivan sortimentni metod i 1505,47 min na ploham s poludeblovnim metodom. Produktivno vrijeme činilo je 1638,28 min (sortimentni metod) i 1147,93 min (poludeblovni metod), dok je udio dodatnog vremena iznosio 30,18 % kod sortimentnog metoda i 31,15 % kod poludeblovnog metoda (Marčeta et al., 2014).

Struktura radnih operacija pokazuje da su najviše vremena u oba metoda zahtijevale operacije prazne vožnje, pune vožnje i zakačivanja. Prosječno trajanje ciklusa prazne vožnje iznosilo je 5,09

min kod sortimentnog metoda i 5,20 min kod poludeblovnog metoda. Prosječno vrijeme za punu vožnju bilo je 4,72 min po ciklusu kod sortimentnog metoda, a 5,53 min kod poludeblovnog. Zakačivanje je trajalo prosječno 5,23 min po ciklusu kod sortimentnog metoda i 5,46 min kod poludeblovnog metoda (Marčeta et al., 2014).

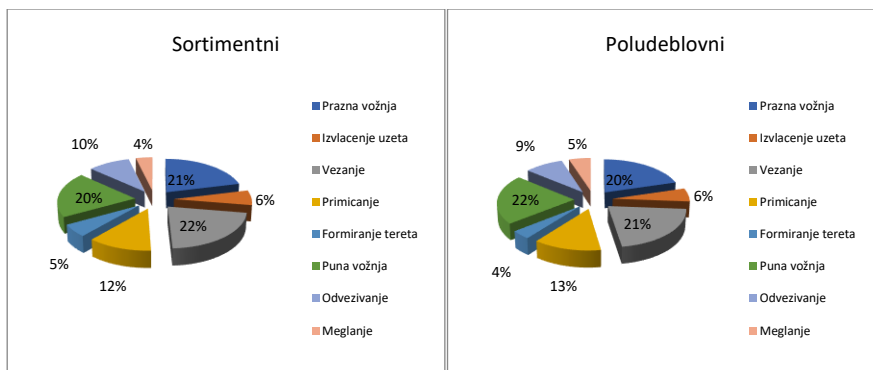
Najkraće radne operacije bile su izvlačenje užeta i uhrpavanje. Vrijeme izvlačenja užeta iznosilo je 1,61 min po ciklusu kod sortimentnog metoda i 1,48 min kod poludeblovnog. Uhrpavanje je trajalo 0,98 min kod sortimentnog metoda i 0,34 min kod poludeblovnog metoda. Struktura produktivnog radnog vremena pokazuje da je udio radnih operacija u produktivnom vremenu vrlo sličan u oba ispitivana metoda rada. Ovi rezultati ukazuju na konzistentnost operacija u različitim metodama, uz razlike u trajanju uslovljene metodom i karakteristikama terena (Slika 22).



Slika 22. Trajanje radnih operacija kod privlačenja skiderom LKT 81T

Struktura produktivnog radnog vremena ukazuje na sličan relativni udio radnih operacija kod oba ispitivana metoda rada, što sugerira da dužina komada, koja je veća kod poludeblovnog metoda, ne utiče značajno na raspodjelu trajanja pojedinačnih radnih operacija. Konkretno, pomoćnik (kačioc) ne provodi više vremena na operacijama vezivanja i odvezivanja, dok skider ne troši dodatno vrijeme na punu vožnju ili primicanje dužih komada (Slika 23). Ovi rezultati sugeriraju da razlike u dužini komada, karakteristične za

različite metode, ne predstavljaju prepreku u smislu efikasnosti radnog procesa, što ukazuje na mogućnost optimizacije rada bez dodatnih prilagođavanja vezanih za trajanje pojedinačnih operacija.



Slika 23. Relativni udio radnih operacija u produktivnom radnom vremenu privlačenja (Marčeta et al., 2014)

Analizom zavisnosti vremena za različite radne operacije kod dva metoda rada – sortimentnog i poludeblovnog – utvrđene su razlike u uticaju faktora poput udaljenosti vožnje, distance privlačenja, zapremine tereta i drugih varijabli.

Kod sortimentnog metoda, prazna vožnja pokazuje vrlo jaku zavisnost od udaljenosti vožnje sa koeficijentom korelacije $R=0,82$. Jaka korelacija ($R=0,58$) utvrđena je između vremena vezivanja i zapremine tereta. Srednje jake korelacije zabilježene su za izvlačenje užeta u zavisnosti od distance privlačenja ($R=0,48$) i za uhrpavanje u zavisnosti od zapremine tereta ($R=0,44$). Puna vožnja pokazuje vrlo jaku zavisnost od udaljenosti vožnje i zapremine tereta sa $R=0,90$. Slabe korelacije su zabilježene za formiranje tereta ($R=0,36$), odvezivanje tereta ($R=0,39$) i privlačenje ($R=0,38$) (Tabela 8).

Kod poludeblovnog metoda, prazna vožnja ima vrlo jaku zavisnost od udaljenosti vožnje sa $R=0,87$. Jaka korelacija ($R=0,60$) je utvrđena za uhrpavanje u zavisnosti od zapremine tereta, dok je $R=0,64$ zabilježeno za privlačenje u zavisnosti od distance privlačenja. Srednje jaka korelacija ($R=0,49$) utvrđena je za izvlačenje užeta u zavisnosti od

distance. Puna vožnja ponovo pokazuje vrlo jaku zavisnost od udaljenosti vožnje i zapremine tereta sa $R=0,90$. Slabe korelacije su uočene kod odvezivanja tereta ($R=0,38$) i vezivanja tereta ($R=0,37$). Kod operacije formiranja tereta nije zabilježena značajna zavisnost od ispitivanih faktora (Tabela 9).

Tabela 8. Analiza zavisnosti vremena - sortimentni metod (Marčeta et al., 2014)

Radna operacija	N	Nezavisna varijabla	Model	F test	R	p	Std. greška
Prazna vožnja	65	x1 - distanca (m)	$y1 = -0,189 + 0,0212x1$	134,62	0,82	0,000	1,449
Izvlačenje užeta	58	x2 - distanca (m)	$y2 = 0,3208 + 0,047x2$	17,17	0,48	0,000	0,728
Zakačivanje	65	x3 - zapremina tereta (m ³)	$y3 = 1,2243 + 1,0536x3$	32,65	0,58	0,000	2,057
Privlačenje	59	x4 - distanca (m)	$y4 = 1,5973 + 0,0546x4$	10,38	0,38	0,002	1,294
Formiranje tovara	42	x5 - zapremina tereta (m ³)	$y5 = 0,5799 + 0,3672x5$	6,15	0,36	0,017	1,431
Puna vožnja	65	x6 - distanca (m); x7 - zapremina tereta (m ³)	$y6 = -0,1162 + 0,0171x6 + 0,1469x7$	146,69	0,90	0,000	0,851
Otkaćivanje	61	x8 - zapremina tereta (m ³)	$y7 = 1,4811 + 0,2462x8$	2,83	0,39	0,008	0,906
Megljanje	60	x9 - zapremina tereta (m ³)	$y8 = 0,4632 + 0,1357x9$	14,36	0,44	0,000	0,465

Tabela 9. Analiza zavisnosti vremena - poludeblovni metod (Marčeta et al., 2014)

Radna operacija	N	Nezavisna varijabla	Model	F test	R	p	Std. greška
Prazna vožnja	39	x1 - distanca (m)	$y1 = 0,4808 + 0,0169x1$	119,14	0,87	0,000	0,869
Izvlačenje užeta	39	x2 - distanca (m)	$y2 = 0,8146 + 0,0246x2$	11,77	0,49	0,001	0,522
Zakačivanje	36	x3 - zapremina tereta (m ³)	$y3 = 3,6482 + 0,4596x3$	5,54	0,37	0,024	1,801
Privlačenje	39	x4 - distanca vitla (m)	$y4 = 0,9294 + 0,0918x4$	26,29	0,64	0,000	1,305
Formiranje tovara	19	x5 - zapremina tereta (m ³)	y5 = prosječno po turi	-	-	-	-
Puna vožnja	39	x6 - distanca (m); x7 - zapremina tereta (m ³)	$y6 = 0,3261 + 0,0157x6 + 0,1487x7$	74,08	0,90	0,000	0,683
Otkaćivanje	30	x8 - zapremina tereta (m ³)	$y7 = 1,4544 + 0,1417x8$	4,78	0,38	0,037	0,613
Megljanje	38	x9 - zapremina tereta (m ³)	$y8 = 0,5178 + 0,1556x9$	20,69	0,60	0,000	0,404

Tabela 10. Produktivnost privlačenja – sortimentni metod (Marčeta, 2019)

		m ³ /dan													
		Zapremina tereta (m ³)													
		2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	
Distanca privlačenja (m)	50	10	56,7	65,6	73,3	80,0	85,9	91,2	95,8	100,0	103,8	107,2	110,3	113,1	115,8
		30	48,6	56,9	64,1	70,6	76,3	81,5	86,1	90,3	94,2	97,7	100,9	103,9	106,7
		50	42,5	50,2	57,0	63,1	68,6	73,6	78,2	82,4	86,2	89,8	93,1	96,1	98,9
	100	10	49,0	57,3	64,6	71,0	76,8	82,0	86,6	90,8	94,7	98,2	101,4	104,4	107,2
		30	42,8	50,5	57,3	63,5	69,0	74,0	78,6	82,8	86,6	90,2	93,5	96,5	99,3
		50	38,0	45,1	51,5	57,4	62,7	67,5	72,0	76,1	79,9	83,4	86,7	89,7	92,6
	150	10	43,2	50,8	57,7	63,9	69,4	74,4	79,0	83,2	87,1	90,6	93,9	96,9	99,8
		30	38,3	45,4	51,8	57,7	63,0	67,8	72,3	76,4	80,2	83,8	87,0	90,1	93,0
		50	34,4	41,0	47,1	52,6	57,6	62,3	66,6	70,7	74,4	77,9	81,1	84,2	87,0
	200	10	38,5	45,7	52,1	58,0	63,3	68,2	72,7	76,8	80,6	84,1	87,4	90,5	93,3
		30	34,6	41,3	47,3	52,8	57,9	62,6	66,9	71,0	74,7	78,2	81,4	84,5	87,3
		50	31,4	37,6	43,3	48,5	53,4	57,9	62,1	66,0	69,6	73,0	76,2	79,2	82,1
	250	10	34,8	41,5	47,6	53,1	58,2	62,9	67,3	71,3	75,0	78,5	81,7	84,8	87,7
		30	31,6	37,8	43,5	48,8	53,6	58,1	62,3	66,2	69,9	73,3	76,5	79,5	82,3
		50	28,9	34,7	40,1	45,1	49,7	54,0	58,1	61,8	65,4	68,7	71,9	74,8	77,7
	300	10	31,8	38,0	43,7	49,0	53,9	58,4	62,6	66,5	70,2	73,6	76,8	79,8	82,6
		30	29,1	34,9	40,3	45,3	49,9	54,3	58,3	62,1	65,6	69,0	72,1	75,1	77,9
		50	26,8	32,2	37,3	42,1	46,5	50,7	54,6	58,2	61,7	64,9	68,0	70,9	73,7
350	10	29,2	35,0	40,5	45,5	50,1	54,5	58,5	62,3	65,9	69,2	72,4	75,4	78,2	
	30	26,9	32,4	37,5	42,2	46,7	50,9	54,8	58,4	61,9	65,2	68,2	71,2	73,9	
	50	24,9	30,1	34,9	39,4	43,7	47,7	51,4	55,0	58,4	61,5	64,5	67,4	70,1	
400	10	27,0	32,5	37,6	42,4	46,9	51,1	55,0	58,6	62,1	65,4	68,5	71,4	74,2	
	30	25,0	30,2	35,1	39,6	43,9	47,9	51,6	55,2	58,5	61,7	64,7	67,6	70,3	
	50	23,3	28,2	32,8	37,1	41,2	45,0	48,7	52,1	55,4	58,5	61,4	64,2	66,9	
450	10	25,1	30,3	35,2	39,8	44,0	48,0	51,8	55,4	58,7	61,9	64,9	67,8	70,5	
	30	23,4	28,3	32,9	37,3	41,3	45,2	48,8	52,3	55,5	58,6	61,6	64,4	67,1	
	50	21,9	26,5	30,9	35,1	39,0	42,7	46,2	49,5	52,7	55,7	58,6	61,3	63,9	
500	10	23,5	28,4	33,1	37,4	41,5	45,4	49,0	52,4	55,7	58,8	61,8	64,6	67,2	
	30	22,0	26,6	31,0	35,2	39,1	42,8	46,3	49,7	52,8	55,8	58,7	61,5	64,1	
	50	20,6	25,1	29,3	33,2	37,0	40,5	43,9	47,2	50,2	53,2	56,0	58,6	61,2	
550	10	22,1	26,7	31,2	35,3	39,2	43,0	46,5	49,8	53,0	56,0	58,9	61,6	64,3	
	30	20,7	25,2	29,4	33,3	37,1	40,7	44,1	47,3	50,4	53,3	56,1	58,8	61,4	
	50	19,5	23,8	27,8	31,6	35,2	38,6	41,9	45,0	48,0	50,9	53,6	56,2	58,7	
600	10	20,8	25,2	29,5	33,4	37,2	40,8	44,2	47,4	50,5	53,5	56,3	58,9	61,5	
	30	19,6	23,8	27,8	31,7	35,3	38,7	42,0	45,1	48,1	51,0	53,7	56,3	58,9	
	50	18,5	22,6	26,4	30,1	33,5	36,9	40,0	43,1	46,0	48,7	51,4	54,0	56,4	
650	10	19,7	23,9	27,9	31,8	35,4	38,8	42,1	45,3	48,3	51,1	53,9	56,5	59,0	
	30	18,6	22,6	26,5	30,2	33,6	37,0	40,1	43,2	46,1	48,9	51,5	54,1	56,6	
	50	17,6	21,5	25,2	28,7	32,1	35,3	38,3	41,3	44,1	46,8	49,4	51,9	54,3	
700	10	18,6	22,7	26,6	30,2	33,7	37,1	40,3	43,3	46,2	49,0	51,7	54,2	56,7	
	30	17,7	21,6	25,3	28,8	32,1	35,4	38,4	41,4	44,2	46,9	49,5	52,0	54,4	
	50	16,8	20,5	24,1	27,5	30,7	33,8	36,8	39,6	42,4	45,0	47,5	50,0	52,3	
750	10	17,7	21,6	25,3	28,9	32,2	35,5	38,5	41,5	44,3	47,0	49,6	52,1	54,5	
	30	16,8	20,6	24,1	27,5	30,8	33,9	36,9	39,7	42,5	45,1	47,6	50,1	52,4	
	50	16,1	19,6	23,0	26,3	29,4	32,4	35,3	38,1	40,8	43,3	45,8	48,2	50,5	

Tabela 11. Produktivnost privlačenja – poludeblovni metod (Marčeta, 2019)

		m ³ /dan													
		Zapremina tereta (m ³)													
		2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	
Distanca privlačenja (m)	50	10	46,6	56,5	65,8	74,7	83,0	90,9	98,4	105,5	112,2	118,6	124,7	130,6	136,2
		30	40,2	49,0	57,3	65,2	72,7	79,9	86,8	93,3	99,6	105,6	111,3	116,8	122,1
		50	35,4	43,2	50,7	57,9	64,8	71,3	77,6	83,7	89,5	95,1	100,5	105,6	110,6
	100	10	42,0	51,0	59,6	67,8	75,5	82,9	89,9	96,6	103,0	109,2	115,0	120,6	126,0
		30	36,7	44,8	52,5	59,9	67,0	73,7	80,2	86,4	92,3	98,0	103,5	108,7	113,8
		50	32,7	40,0	47,0	53,7	60,1	66,3	72,3	78,0	83,6	88,9	94,0	99,0	103,8
	150	10	38,2	46,5	54,5	62,1	69,3	76,2	82,9	89,2	95,3	101,1	106,7	112,0	117,2
		30	33,8	41,3	48,5	55,4	62,0	68,4	74,5	80,4	86,0	91,4	96,7	101,7	106,6
		50	30,3	37,1	43,7	50,0	56,1	62,0	67,7	73,1	78,4	83,5	88,4	93,2	97,8
	200	10	35,0	42,7	50,2	57,3	64,1	70,6	76,8	82,8	88,6	94,1	99,5	104,6	109,6
		30	31,3	38,3	45,0	51,5	57,8	63,8	69,6	75,1	80,5	85,7	90,7	95,6	100,3
		50	28,3	34,7	40,9	46,9	52,6	58,2	63,6	68,8	73,8	78,7	83,4	88,0	92,4
	250	10	32,3	39,5	46,5	53,1	59,5	65,7	71,6	77,3	82,8	88,1	93,2	98,1	102,9
		30	29,1	35,7	42,0	48,2	54,1	59,8	65,3	70,6	75,7	80,7	85,5	90,1	94,6
		50	26,5	32,5	38,4	44,1	49,5	54,8	59,9	64,9	69,7	74,4	78,9	83,3	87,6
	300	10	30,0	36,8	43,3	49,6	55,6	61,4	67,0	72,5	77,7	82,8	87,6	92,4	97,0
		30	27,2	33,4	39,4	45,2	50,8	56,2	61,4	66,5	71,4	76,2	80,8	85,3	89,6
		50	24,9	30,7	36,2	41,6	46,8	51,8	56,7	61,5	66,1	70,6	74,9	79,1	83,3
350	10	28,0	34,4	40,5	46,4	52,2	57,7	63,0	68,2	73,2	78,0	82,7	87,3	91,7	
	30	25,6	31,4	37,1	42,6	47,9	53,1	58,1	62,9	67,6	72,2	76,6	80,9	85,1	
	50	23,5	29,0	34,2	39,3	44,3	49,1	53,8	58,4	62,8	67,1	71,3	75,4	79,3	
400	10	26,3	32,3	38,1	43,7	49,1	54,4	59,5	64,4	69,2	73,8	78,3	82,7	86,9	
	30	24,1	29,7	35,0	40,3	45,3	50,2	55,0	59,7	64,2	68,5	72,8	76,9	81,0	
	50	22,3	27,5	32,5	37,4	42,1	46,7	51,2	55,6	59,8	64,0	68,0	71,9	75,8	
450	10	24,7	30,4	35,9	41,2	46,4	51,4	56,3	61,0	65,6	70,0	74,4	78,6	82,7	
	30	22,8	28,1	33,2	38,2	43,0	47,7	52,3	56,7	61,1	65,3	69,4	73,4	77,3	
	50	21,2	26,1	30,9	35,6	40,1	44,5	48,8	53,0	57,1	61,1	65,0	68,8	72,5	
500	10	23,3	28,7	34,0	39,0	44,0	48,8	53,4	57,9	62,3	66,6	70,8	74,9	78,8	
	30	21,6	26,7	31,5	36,3	40,9	45,4	49,8	54,1	58,2	62,3	66,3	70,1	73,9	
	50	20,2	24,9	29,4	33,9	38,3	42,5	46,7	50,7	54,6	58,5	62,3	65,9	69,5	
550	10	22,1	27,2	32,2	37,1	41,8	46,4	50,8	55,2	59,4	63,5	67,6	71,5	75,3	
	30	20,6	25,4	30,0	34,6	39,0	43,3	47,6	51,7	55,7	59,6	63,4	67,1	70,8	
	50	19,2	23,7	28,1	32,4	36,6	40,7	44,7	48,6	52,4	56,1	59,7	63,3	66,8	
600	10	21,0	25,9	30,7	35,3	39,8	44,2	48,5	52,7	56,7	60,7	64,6	68,4	72,1	
	30	19,6	24,2	28,7	33,0	37,3	41,5	45,5	49,5	53,3	57,1	60,8	64,4	67,9	
	50	18,4	22,7	26,9	31,1	35,1	39,0	42,9	46,6	50,3	53,9	57,4	60,8	64,2	
650	10	20,0	24,7	29,2	33,7	38,0	42,2	46,4	50,4	54,3	58,1	61,9	65,5	69,1	
	30	18,7	23,1	27,4	31,6	35,7	39,7	43,6	47,4	51,2	54,8	58,4	61,9	65,3	
	50	17,6	21,8	25,8	29,8	33,7	37,5	41,2	44,8	48,4	51,8	55,3	58,6	61,9	
700	10	19,1	23,6	28,0	32,2	36,4	40,4	44,4	48,3	52,1	55,8	59,4	62,9	66,4	
	30	17,9	22,2	26,3	30,3	34,3	38,1	41,9	45,6	49,2	52,7	56,2	59,5	62,8	
	50	16,9	20,9	24,8	28,6	32,4	36,0	39,6	43,1	46,6	50,0	53,3	56,5	59,7	
750	10	18,3	22,6	26,8	30,9	34,9	38,8	42,6	46,3	50,0	53,6	57,1	60,5	63,9	
	30	17,2	21,3	25,2	29,1	32,9	36,6	40,3	43,8	47,3	50,7	54,1	57,4	60,6	
		50	16,3	20,1	23,9	27,6	31,2	34,7	38,2	41,6	44,9	48,2	51,4	54,5	57,6

Predstavljeno istraživanje je ukazalo na to da skideri, pri primjeni sortimentnog metoda rada, uglavnom ne ostvaruju projektovane kapacitete, što sa ekonomskog aspekta predstavlja značajan problem. Ovakva situacija naglašava potrebu za racionalnijim pristupom organizaciji rada, uključujući odabir odgovarajuće opreme. Da bi se postigli optimalni rezultati, preporučuje se upotreba skidera različitih kategorija, pri čemu bi izbor trebao biti zasnovan na jasno definisanim kriterijumima koji se temelje na specifičnim terenskim i sastojinskim uslovima. Jedan od ključnih faktora pri odabiru skidera trebala bi biti zapremina tereta, jer značajno utiče na efikasnost i ekonomičnost rada. Ovakav pristup omogućio bi bolje prilagođavanje tehnologije specifičnim uslovima rada i povećanje ukupne produktivnosti šumarskih operacija.

8.4. Studij slučaja 4

U narednom istraživanju analizirana je produktivnost dva skidera s vitlom, Timberjack 350A i Tree Farmer C5D, s ciljem utvrđivanja njihove produktivnosti i primjenjivosti u uslovima skupinastoprebitnog gazdovanja šumama i primjene sortimentnog metoda sječe i izrade. Istraživanje je vršeno u sklopu izrade master rada Josipa Maglice pod nazivom „*Poređenje produktivnosti skidera „Timberjack 350A“ i „Farmer tree C5D“ u sličnim sastojinskim uvjetima*“, a jedan dio rezultata je objavljen u radu Marčeta et al., (2024a). Pošto su ispitivani skideri starije generacije, cilj istraživanja bio je i utvrditi u kojoj mjeri su njihovi rezultati uporedivi sa savremenim skiderima u pogledu produktivnosti, kao i da li su postignuti učinci u skladu s normama rada koje primjenjuju nadležna šumarska preduzeća (Marčeta et al., 2024a).

Istraživanje je provedeno u odjelu 25 (ŠU “Lješnica Tešanjaska”) i odjelu 67 (ŠU “Nemila Prepelari”). Oba odjela nalaze se na području opštine Žepče i pripadaju Javnom šumarskom preduzeću “ŠPD-ZDK” d.o.o. Zavidovići (Tabela...). Odjel 25 je otvoren jednim šumskom kamionskim putem i sekundarnom mrežom traktorskih vlaka, dok je

odjel 67 otvoren na isti način. Sekundarna otvorenost u oba odjela iznosi približno 150 m/ha (Tabela 12) (Maglica, 2023).

Tabela 12. Karakteristike područja istraživanja (Marčeta et al., 2024a)

	Odjel 25, FU "Lješnica Tešanjaska"	Odjel 67, FU "Nemila Prepelari"
Nagib terena	NE-N (15-30%)	NW-W (15-30%)
Nadmorska visina	360-730 m	420-885 m
Tip zemljišta	Plitka smeđa tla (eutrični kambisol) na rankeru, kombinacije eutričnih kambisola i ultrabaznih magmatskih stijena (peridotit-serpentinit)	Duboka smeđa tla (distrični kambisol) na luvizolu i pseudogleju na bazičnim magmatskim stijenama
Sastojina	a - GK 1304; Crni bor sa ili bez kitnjaka na rankeru	a - GK 1203; 28,54 ha; Bukovo-jelove šume na dubokim distričnim kambisolima, luvizolima i njihovim kombinacijama b - GK 1409; 8,28 ha; Visoke šume kitnjaka na dubokim distričnim kambisolima
Površina	63,62 ha	36,82 ha

U istraživanju su analizirana dva skidera koja su duži vremenski period u upotrebi na području JŠP "ŠPD-ZDK" d.o.o. Zavidovići, ali njihova produktivnost do sada nije bila analizirana. U pitanju su modeli Tree Farmer C5D (godina proizvodnje 1984.) i Timberjack 350A (godina proizvodnje 1985.) (Slike 24 i 25) (Tabela 13). Prilikom planiranja rada ovih skidera u preduzeću primjenjivane su iste norme kao za druge skidere, konkretno norme koje su inicijalno razvijene za skider LKT 81. Jedan od ciljeva ovog istraživanja bio je utvrditi da li se produktivnost ovih starijih skidera može povezati s važećim normama koje preduzeće koristi.

Organizacija rada bila je u formatu 1+1, gdje su radni grupu činili vozač skidera i pomoćnik (kačilac). Intenzitet sječe u oba odjela bio je oko 15%, ali zbog stvarnog stanja u sastojinama i odluka prilikom doznake, stabla predviđena za sječu nisu bila ravnomjerno raspoređena po cijeloj površini odjela.

Tabela: 13. Karakteristike skidera Tree Farmer C5D i Timberjack 350A (Marčeta et al., 2024a)

Vrsta	Dužina (mm)	Širina (mm)	Visina (mm)	Motor	Snaga (kW)	Broj cilindara	Vrsta vitla	Dužina užeta (m)	Sila (kN)
Tree Farmer C5D	5460	2286	2710	Deutz F5L 912	100	5	Jednodobošno	77	89
Timberjack 350A	5944	2489	3124	Cummins 5.9	125	6	Jednodobošno	100	93



Slika 24. Tree Farmer C5D skider (Foto: Maglica) Slika 25. Timberjack 350A skidder (Foto: Maglica)

Nakon preliminarnog istraživanja, kreiran je obrazac za snimanje, odnosno sminački list sa sljedećim radnim operacijama: „Prazna vožnja“, „Manevrisanje“, „Izvlačenje užeta“, „Vezivanje“, „Primicanje“, Formiranje tereta“, „Puna vožnja“, „Odvezivanje“ i „Meglanje“ (tj. uhrpvanje tereta). Distanace transporta, ostvarene tokom vožnje natovarenog i praznog skidera duž traktorskih vlaka i kroz sastojinu, mjerene su korišćenjem aplikacije "Alpine Quest". Ova aplikacija je relativno pristupačna i dostupna za Android i iOS platforme (Lepoglavec et al., 2019).

Skider Tree Farmer C5D radio je u odjelu 25, gdje je snimljeno ukupno 28 ciklusa tokom kojih je privučeno 107 komada drveta sa prosječnim prečnikom od 53,3 cm. Ukupna zapremina privučenog drveta iznosila je 140,18 m³, sa prosječnom zapreminom po ciklusu od 5,01 m³. Skider Timberjack 350A radio je u odjelu 67, gdje je snimljeno ukupno 29 ciklusa tokom kojih je privučen 151 komad drveta sa prosječnim

prečnikom od 44,4 cm i dužinom od 6,76 m. Ukupna zapremina privučenog drveta iznosila je 151,86 m³, sa prosječnom zapreminom po ciklusu od 5,24 m³ (Tabela 14) (Maglica, 2023).

Teret se uglavnom sastojao od 2 do 3 komada u odjelu 25, dok je u odjelu 67 teret činilo 4 do 5 komada po turi. Ovi rezultati ukazuju na razlike u karakteristikama tereta između ispitivanih odjela, pri čemu veći broj komada u turi u odjelu 67 može biti posljedica manjeg prečnika komada u odnosu na odjel 25 (Tabela 14).

Tabela 14. Parametri tereta skidera Tree Farmer C5D i Timberjack 350A (Marčeta et al., 2024a)

Skider	N	Varijabla	Sredina (Mean)	Suma (Sum)	Min	Max	Std.Dev.
Tree Farmer C5D	28	Komada/teret	3.82	107.00	2.00	7.00	1.02
	28	Prečnik (d, cm)	53.32	-	31.85	71.00	9.63
	28	Dužina (l, m)	6.63	-	3.90	10.00	3.19
	28	Zapremina (V, m ³)	5.01	140.18	2.36	7.02	1.25
Timberjack 350A	29	Komada/teret	5.21	151.00	4.00	7.00	0.73
	29	Prečnik (d, cm)	44.38	-	31.17	64.50	8.48
	29	Dužina (l, m)	6.76	-	4.20	9.50	1.38
	29	Zapremina (V, m ³)	5.24	151.86	3.27	7.29	1.02

Analiza parametara distanci za skidere Tree Farmer C5D i Timberjack 350A pokazuje značajne razlike u distancama kretanja tokom radnog ciklusa. Za skider Tree Farmer C5D, prosječna distanca prazne vožnje iznosila je 515,21 m, s minimalnim zabilježenim rastojanjem od 220 m i maksimalnim od 900 m, uz standardnu devijaciju od 214,62 m. Distanca manevrisanja iznosila je u prosjeku 23,64 m, s rasponom od 10 do 50 m, dok je distanca izvlačenja užeta i primicanja bila jednaka, s prosječnim vrijednostima od 10,79 m i standardnom devijacijom od 5,28 m. Prosječna distanca pune vožnje, najduža faza u transportnom ciklusu, iznosila je 526,25 m, s varijacijama od 220 m do 900 m, uz standardnu devijaciju od 215,18 m. Kod skidera Timberjack 350A, primijećene su nešto kraće prosječne distance u svim fazama ciklusa. Prosječna distanca prazne vožnje bila je 482,93 m, s minimalnom vrijednošću od 290 m i maksimalnom od 660 m, uz manju standardnu

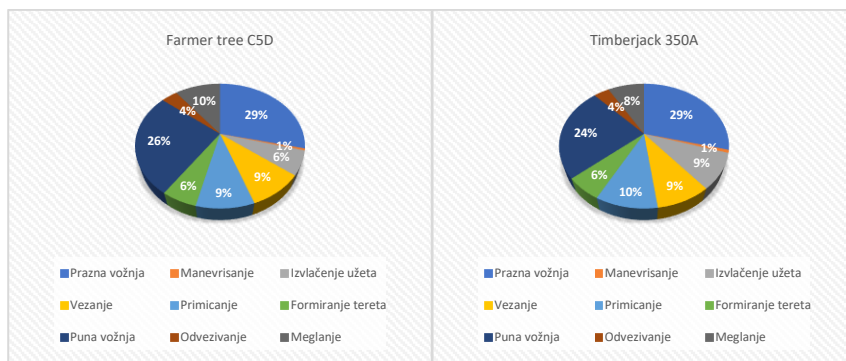
devijaciju od 127,14 m, što ukazuje na ujednačenije uslove rada u odnosu na Tree Farmer C5D. Distanca manevrisanja bila je 13,94 m s rasponom od 5 do 35 m. Prosječna distanca izvlačenja užeta i primicanja iznosila je 23,31 m, što je značajno više u poređenju s drugim skiderom, s minimalnim rastojanjem od 5 m i maksimalnim od 45 m, te standardnom devijacijom od 10,41 m. Prosječna distanca pune vožnje iznosila je 491,21 m, s varijacijama između 300 m i 680 m i standardnom devijacijom od 127,48 m (Maglica, 2023).

Ove razlike u distancama među skiderima mogu se objasniti konfiguracijom terena, različitim rasporedom stovarišta i šumskih vlakana, kao i različitim radnim uslovima u odjeljenjima gdje su sprovedena istraživanja. Duže distance pune vožnje i prazne vožnje kod Tree Farmer C5D mogu ukazivati na slabiju mrežu sekundarne otvorenosti, dok su veće distance izvlačenja užeta i primicanja kod Timberjack 350A vjerovatno rezultat drugačije organizacije rada i tehničkih karakteristika samog skidera.

U pitanju su relativno duže distance od onih koje se obično preporučuju za zglobne skidere. Dužina privlačenja uslovljena je rasporedom šumskih puteva i stovarišta unutar odjela. Kratke distance privlačenja se inače preferiraju, jer smanjuju stepen oštećenja tla, umanjuju rizik od oštećenja mehanizacije i povećavaju ukupnu efikasnost privlačenja (Mousavi et al., 2013).

Ukupno produktivno radno vrijeme evidentirano za skider Tree Farmer C5D iznosilo je 773,38 min. Najviše vremena u radnom ciklusu potrošeno je na radne operacije „Prazna vožnja“ (222,34 min) i „Puna vožnja“ (203,89 min), dok je treća najduža operacija bila „Uhrpavanje“ sa 80,65 min. Slično, kod skidera Timberjack 350A, produktivno radno vrijeme iznosilo je 1002,8 min, od čega je „Prazna vožnja“ zauzimala 291,70 min, a „Puna vožnja“ 244,57 min, dok je treća najduža operacija bila „Privlačenje“ sa 99,95 min. Ostale radne operacije, kao što su „Izvlačenje užeta“, „Vezanje“ i „Odvezivanje“, imale su značajno manji individualni udio u ukupnom radnom vremenu (Maglica, 2023).

Relativni udio radnih operacija prikazan je na Slici 26, gdje se može primijetiti da su distribucije radnih operacija u oba slučaja prilično slične. Ovakvi rezultati su donekle očekivani, s obzirom na to da su istraživani skideri relativno slične konstrukcije, sa usporedivom organizacijom rada i radnim uslovima. Sličnosti u tehničkim karakteristikama i uslovima rada, poput nagiba terena i dužine vlaka, rezultirali su bliskim rezultatima u pogledu strukture potrošnje vremena na različite radne operacije.



Slika 26 Relativni udio radnih operacija u produktivnom radnom vremenu - (a) Tree Farmer C5D; (b) Timberjack 350A (Marčeta et al., 2024a)

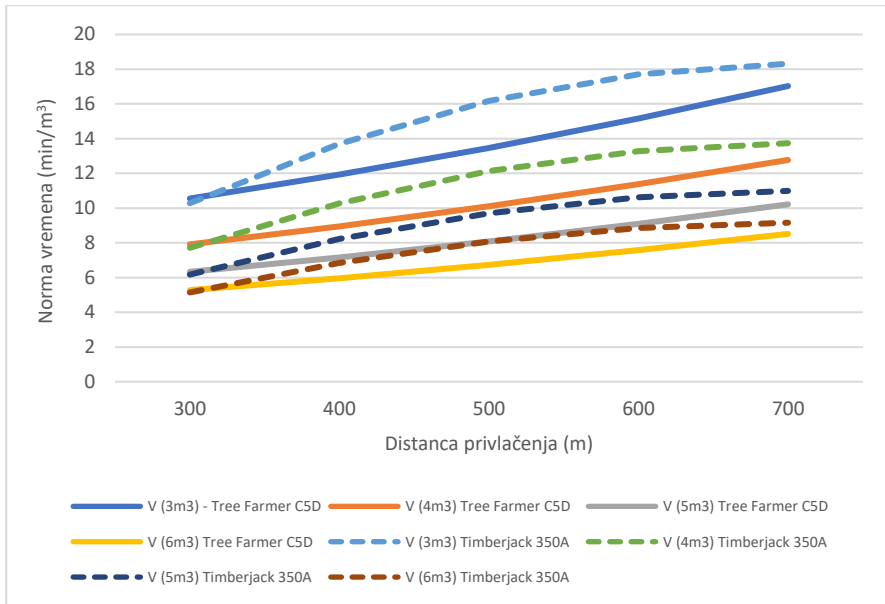
Kada ja u pitanju a analiza uticajnih faktora na trajanje radnih operacija u provedenoj multiploj regresiji sa kategoričkim varijablama analiziran je uticaj vrste skidera i distance privlačenja na efektivno vrijeme po radnom ciklusu. Rezultati su pokazali da su oba faktora imala statistički značajan uticaj ($p < 0,005$) na radni proces, što je dovelo do zaključka da bi dalja analiza trebala biti provedena odvojeno za svaki skider. Koeficijent determinacije $R^2 = 0.86$ ukazuje na veoma jaku pouzdanost regresionog modela. Analiza varijanse (ANOVA) dodatno je potvrdila jaku statističku značajnost modela, sa F-testom od 172.32 ($p < 0.0000$). Daljom regresionom analizom ispitivan je uticaj različitih faktora na trajanje specifičnih radnih operacija, pri čemu su faktori korišteni kao nezavisne varijable, a radne operacije kao zavisne (Tabela 15). Na osnovu prethodnih istraživanja (Marčeta et al., 2014; Kulak et al., 2017; Knežević et al.,

2018) utvrđeno je da operacije prazne vožnje, manevrisanja i pune vožnje pokazuju zavisnost od distance privlačenja, što je modelovano kvadratnim ili linearnim jednačinama. U slučajevima gdje nije utvrđena statistički značajna zavisnost, za dalja proračunavanja korištene su prosječne vrijednosti. Slični obrasci zabilježeni su za oba ispitivana skidera.

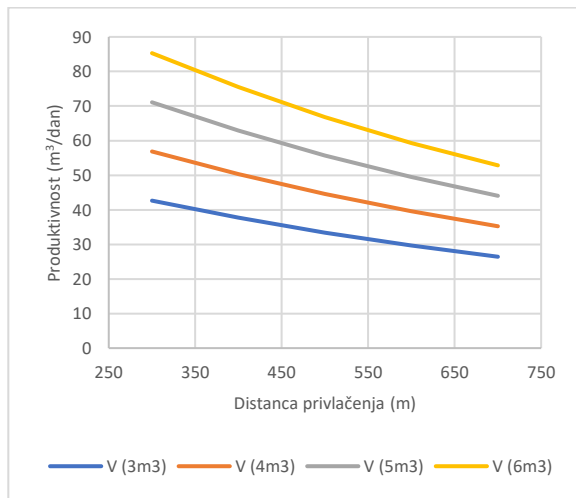
Tabela 15. Analiza zavisnosti vremena pri radu skidera Tree Farmer C5D i Timberjack 350A (Marčeta et al., 2024a)

	Radna operacija	N	Nezavisna varijabla	Model	R ²	R	p
Farmer Tree C5D	Prazna vožnja (min)	28	Distanca prazne vožnje (m) x_1	$y = -2.342 + 0.02x_1$	0.96	0.98	0.000
	Manevrisanje (min)	11	Distanca manevrisanja (m) x_2	$y = 0.1802 + 0.0072x_2$	0.26	0.51	0.107
	Izvlačenje užeta (min)	28	Distanca izvlačenja užeta (m)	1.72 min/tura	nema značajnosti		
	Vezanje (min)	28	Zapremina komada (m ³)	2.50 min/ tura	nema značajnosti		
	Primicanje (min)	28	Distanca primicanja (m)	2.57 min/ tura	nema značajnosti		
	Formiranje tereta (min)	28	Zapremina tereta (m ³)	1.57 min/ tura	nema značajnosti		
	Puna vožnja (min)	28	Distanca pune vožnje (m) x_3	$y = 1.9706 - 0.0014x_3 + 1.8772E-5x_3^2$	0.95	0.97	0.000
	Otkičavanje (min)	28	Zapremina tereta (m ³)	1.02 min/ tura	nema značajnosti		
	Meglanje (min)	27	Zapremina tereta (m ³)	2.99 min/ tura	nema značajnosti		
	Timberjack 350A	Prazna vožnja (min)	29	Distanca prazne vožnje (m) x_1	$y = 14.4317 + 0.0796x_1 - 5.6087E-5x_1^2$	0.88	0.94
Manevrisanje (min)		17	Distanca manevrisanja (m) x_2	$y = 0.2345 + 0.0156x_2$	0.14	0.38	0.130
Izvlačenje užeta (min)		29	Distanca izvlačenja užeta (m) x_3	$y = 2.3597 + 0.0358x_3$	0.12	0.35	0.060
Vezanje (min)		29	Zapremina komada (m ³)	3.03 min/ tura	nema značajnosti		
Primicanje (min)		29	Distanca primicanja (m)	3.43 min/ tura	nema značajnosti		
Formiranje tereta (min)		29	Zapremina tereta (m ³)	2.05 min/ tura	nema značajnosti		
Puna vožnja (min)		29	Distanca pune vožnje (m) x_4	$y = -14.9178 + 0.0746x_4 - 5.175E-5x_4^2$	0.86	0.93	0.000
Otkičavanje (min)		29	Zapremina tereta (m ³)	1.24 min/ tura	nema značajnosti		
Meglanje (min)		29	Zapremina tereta (m ³)	2.88 min/ tura	nema značajnosti		

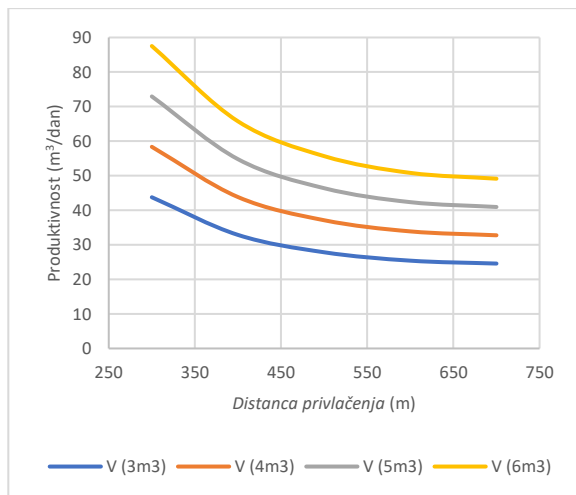
Norme vremena za različite zapremine tereta i distance privlačenja, uz fiksnu distancu primicanja od 30 m, prikazane su na Slici 27. Uočljivo je da se sa povećanjem distance privlačenja i zapremine tereta vrijeme potrebno za privlačenje po jedinici proizvoda takođe povećava. Produktivnost skidera, zasnovana na distanci privlačenja i zapremini tereta za osmočasovni radni dan (RD), predstavljena je na Slikama 28 i 29.



Slika 27. Normna vremena skidera Tree Farmer C5D i Timberjack 350A za distancu primicanja od 30 m (Marčeta et al., 2024a)



Slika 28. Produktivnost skidera Farmer Tree C5D na osnovi distance i zapremine tereta (Marčeta et al., 2024a)



Slika 29. Produktivnost skidera Timberjack 350A na osnovi distance i zapremine tereta (Marčeta et al., 2024a)

Istraživani skideri Tree Farmer C5D i Timberjack 350A pokazali su se kao konkurentni u odnosu na rezultate upoređivanih istraživanja, ali su u određenim segmentima postigli slabije ili slične rezultate u poređenju sa savremenijim mašinama. Tree Farmer C5D je na distanci od 500 m i prosječnom zapreminom tereta od 5 m³ postigao dnevnu produktivnost od 55,7 m³/dan, što je bolje od rezultata Ecotrac 120V iz istraživanja Horvata (2007), gdje je za istu distancu zabilježena produktivnost od 35,54 m³/dan. Timberjack 350A je na istoj distanci i sa istom zapreminom tereta ostvario produktivnost od 46,38 m³/dan, što je također bolje u poređenju sa Ecotrac 120V, ali nešto slabije u odnosu na Tree Farmer C5D u ovom istraživanju. Kada se posmatra standardno efektivno vrijeme, Timberjack 350A je ostvario rezultat od 9,12 min/m³, što je bolje u poređenju sa Ecotrac 120V (9,94 do 13,51 min/m³ prema Horvatu, 2007), dok je Tree Farmer C5D zabilježio nešto povoljnije vrijeme od 8,97 min/m³, što pokazuje dobru efikasnost. U poređenju s modernijim skiderima, Sabo i Poršinsky (2005) za Timberjack 240C navode prosječnu produktivnost od 11,6 m³/h, što je bolje od postignutih rezultata za Timberjack 350A u ovom istraživanju. Porter i Strawa (2006) su za LKT 81T u planinskim uslovima u jelovim sastojinama evidentirali produktivnost od 7,15

m³/h, što je slično ili nešto niže u poređenju sa rezultatima u ovom istraživanju. Zaključno, istraživani skideri, iako starije generacije, pokazali su solidne performanse, posebno u poređenju sa Ecotrac 120V, pri čemu se Tree Farmer C5D istakao većom dnevnom produktivnošću i boljim standardnim vremenom od Timberjack 350A. Ipak, u poređenju sa nešto malo modernijim skiderima poput Timberjack 240C, produktivnost je bila nešto niža, što sugerira da su stariji modeli i dalje upotrebljivi, ali da modernizacija mehanizacije može značajno povećati efikasnost (Maglica, 2023).

Poređenjem produktivnosti utvrđene studijom vremena i službenim evidencijama sa produktivnošću predviđenom u projektima za izvođenje radova u istraživanim uslovima, došlo se do zaključka da su ostvareni rezultati bolji od predviđenih. U odjelu 25, gdje je radio skider Tree Farmer C5D, predviđena prosječna dnevna produktivnost iznosila je 31,18 m³/dan, dok je stvarno ostvarena produktivnost bila znatno veća i iznosila 50 m³/dan. Slično tome, u odjelu 67, gdje je bio angažovan skider Timberjack 350A, planirana produktivnost iznosila je 36,08 m³/dan, dok je ostvarena produktivnost iznosila 44 m³/dan. Važno je napomenuti da za ovu analizu nisu korišteni isključivo podaci direktno iz istraživanja, budući da je uzorak bio relativno mali. Umjesto toga, korišćeni su podaci iz službenih radnih listova koji su evidentirani nakon završetka privlačenja u navedenim odjelima, što daje precizniji uvid u stvarne radne učinke ovih skidera u praksi. Rezultati pokazuju da su oba skidera, iako starije generacije, nadmašila očekivane performanse u datim uslovima rada, što može ukazivati na kvalitetno izvođenje radova, iskusne operatere i povoljne radne uslove.

Rezultati ovog istraživanja pokazali su da stariji modeli skidera mogu biti djelimično konkurentni u pogledu produktivnosti u odnosu na novije generacije skidera, ali za donošenje kredibilnih zaključaka bilo bi neophodno sprovesti detaljnija istraživanja. Kada se posmatraju sa stanovišta konstrukcije, snage motora, tipa vitla i drugih morfoloških karakteristika, može se reći da se u poslednjoj deceniji nije dogodila značajna promjena u osnovnim tehničkim rješenjima skidera. Ipak,

prisutne su mnoge druge karakteristike, poput ergonomskih, ekoloških i na prvi pogled neprimjetnih tehnoloških unapređenja, koje novijim modelima daju značajnu prednost. Veliki izazov za lokalna šumarska preduzeća predstavlja činjenica da su zvanične norme koje se koriste već duži vremenski period zastarjele i više ne odražavaju realne uslove rada. To dovodi do nepouzdatih podataka o vremenu potrebnom za realizaciju radova, što rezultuje nepreciznostima u ekonomskom planiranju.

8.5. Studij slučaja 5

Istraživanja predstavljena u radu Marčete et al., (2024b) izvršena su na području dva javna šumska preduzeća (Tabela), u odjelima 32 (ŠU "Vrbanja") i 99 (ŠU "Lješljanica-Maglajska"), pri čemu su sastojinski i reljefni uslovi bili slični. Istraživanja su vršena u slopu izrade master rada pod nazivom „Produktivnost privlačenja drveta skiderom „Timberjack 240A“ pri sortimentnom metodu rada na dužim distancama studenta Senaida Handžića i diplomskog rada pod nazivom Produktivnost privlačenja drveta poludeblovnom metodom pomoću Skidera LKT 81T studenta Mladena Đukića, oba rad pod mentorstvom prof. dr Dane Marčete (Tabela 16).

Tabela 16. Karakteristike područja istraživanja (Marčeta et al., 2024b)

Područje	ŠG "Vrbanja" Kotor Varoš	ŠPD "ŠPD-ZDK" d.o.o. Zavidovići
Odjel	32; ŠU "Uzlomac"	99; ŠU "Lješljanica-Maglajska"
Nagib terena	10-15%	15-20%
Nadmorska visina	500-1000 m	150-380 m
Zemljište	Jurski fliš sa ostrvima krečnjaka i lapora	Parapodzol i humusno-silikatna smeđa zemlja
Sastojina	GK 1103 - Visoke bukove šume na kiselim smeđim i ilimerizovanim zemljištima na silikatnim i silikatno-karbonatnim stijenama	GK 1105 - Planinske bukove šume sa pretežno dubokim eutričnim kambisolom, luvisolom, padinskim pseudoglejom i dubokim koluvijumom na bazičnim magmatskim stijenama
Površina	70,28 ha	26,34 ha

Intenzitet sječe u oba odjela iznosio je 18%, ali zbog stvarne situacije na terenu, doznačena stabla nisu bila ravnomjerno raspoređena po cijeloj površini. U odjelu 99, očekivana struktura sortimenata bila je 52 % pilanskih trupaca i 23 % ostale oblovine, dok je u odjelu 32 bilo očekivano 46 % pilanskih trupaca i 25 % ostale oblovine. Za prikupljanje podataka odabrane su traktorske vlake sličnog nagiba i količine drveta koja gravitira prema njima. Budući da je primijenjen prebirni način sječe, struktura doznačenih stabala za cijeli odjel mogla se značajno razlikovati od strukture u dijelu odjela gdje je vršeno snimanje. Iz tog razloga, izbor sličnih sastojinskih uslova zasnivao se na subjektivnoj procjeni istraživača.

Predmet studije vremena i rada bili su dva skidera koji se često koriste u šumarstvu Bosne i Hercegovine. U odjelu 32 bio je angažovan skider LKT 81T, dok je u odjelu 99 radio skider Timberjack 240A (Tabela 17) (Slike 30 i 31). Iako Timberjack 240A spada u grupu starijih modela skidera, njegova zastupljenost u BiH i dalje je visoka, što je jedan od ključnih razloga za njegovo uključivanje u ovo istraživanje. Posebno je značajno što se na tržištu BiH mogu nabaviti potpuno reparirani modeli, kod kojih su svi ključni dijelovi obnovljeni, često sa ugrađenim novim motorom i modernijim vitlom. Na lokalnom tržištu postoje specijalizovane kompanije koje se bave remontom i modernizacijom ovih mašina, čime se produžava njihov radni vijek i poboljšava efikasnost u radu.

Tabela 17. Tehničke karakteristike skidera LKT 81T i Timberjack 240A (Marčeta et al., 2024b)

Vrsta skidera	Dužina (mm)	Širina (mm)	Visina (mm)	Težina (kg)	Motor	Snaga (kW)	Broj cilindara	Vrsta vitla	Dužina sajle (m)
LKT 81T	5600	2260	2990	7145	Martin	74	4	ZTS, 2 bubnja	60
Timberjack 240A	5840	2600	2900	8400	Cummins 4BT	77	4	Gearmatic, 1 bubanj	60



Slika 30. LKT 81T (Foto: Đukić) (Marčeta et al., 2024b)



Slika 31. Timberjack 240A (Foto: Handžić) (Marčeta et al., 2024b)

Mjerenje utroška radnog vremena skidera obavljeno je metodom povratnog snimanja (povratnom metodom), odnosno mjerenjem trajanja svake radne operacije, pri čemu su vremena bilježena u snimačkim listovima. Struktura radnog vremena podijeljena je na sljedeće radne operacije: „Prazna vožnja“, „Manevrisanje“, „Izvlačenje užeta“, „Vežanje“, „Primicanje“, „Puna vožnja“, „Odvezivanje“ i „Megljanje“. Zastoji su razvrstani na tehničke, lične i organizacione. Asistent snimača je mjerio distance i zapremine privučenih sortimenata. Faktori čiji je uticaj na radni proces analiziran izabrani su na osnovu nekoliko prethodnih istraživanja (Behjou et al., 2008; Horvat et al., 2007; Marčeta et al., 2014). Posmatrani faktori uključivali su: distancu vožnje, distancu primicanja, veličinu tereta, zapeminu komada i broj komada po turi. Organizacija rada bila je uspostavljena po sistemu 1+1, što znači da su radnu grupu činili vozač skidera i pomoćnik. Širina transportne zone bila je 100 m, odnosno 50

m sa svake strane traktorske vlake, pri čemu je dužina zavisila od dužine sajle (užeta), a svi ciklusi privlačenja na odabranoj vlaci su snimani.

Skider LKT 81T je radio u odjelu 32, gdje je evidentirano ukupno 29 tura, tokom kojih je privučeno 212 komada. Ukupna privučena drvena masa iznosila je 159,98 m³, sa prosječnom zapreminom tereta od 5,52 m³ po turi. Skider Timberjack 240A bio je angažovan u odjelu 99, gdje su evidentirane 84 ture i ukupno 398 privučenih komada. Ukupna privučena drvena masa za Timberjack 240A iznosila je 657,34 m³, sa prosječnom zapreminom tereta od 7,83 m³ po turi. Tereti su se u prosjeku sastojali od 7,81 komada za LKT 81T i 4,74 komada za Timberjack 240A. Razlike u zapremini tereta između dva skidera mogu se objasniti razlikama u prečniku oborenih stabala, kao i subjektivnim odlukama prilikom krojenja stabala tokom izrade sortimenata (Marčeta et al., 2024b).

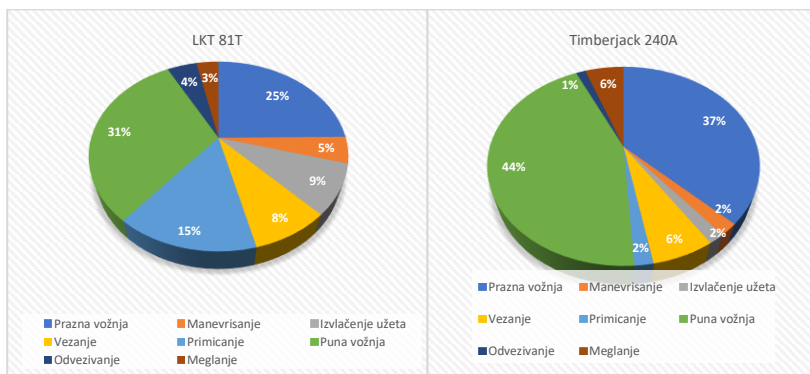
Prosječna distanca privlačenja prilikom pune vožnje iznosila je 1080,34 m za skider LKT 81T i 727,98 m za skider Timberjack 240A. Raspon udaljenosti za LKT 81T varirao je od 150 m do 1880 m, dok je kod Timberjacka 240A distanca bila u rasponu od 480 m do 1000 m. Ove udaljenosti su znatno duže od uobičajeno preporučenih za skidere opremljene sajлом, posebno u slučaju skidera LKT 81T. Uzrok ovih dužih distanci je neadekvatna mreža šumskih puteva i stovarišta u odjelima. Kraće distance privlačenja su generalno poželjne jer smanjuju poremećaje tla, rizik od oštećenja mehanizacije i poboljšavaju ukupnu efikasnost privlačenja (Mousavi et al., 2013). Međutim, kraće distance zahtijevaju bolju otvorenost primarnom putnom mrežom, što podrazumijeva značajna ulaganja i dugoročno planiranje (Marčeta et al., 2024b).

Prilikom manevrisanja, skider LKT 81T je prešao veće udaljenosti (149,2 m u prosjeku) u poređenju sa skiderom Timberjack 240A (11,96 m). Ovo se može objasniti većom koncentracijom stabala u odjelu 32, gdje je radio LKT 81T, kao i manjom prosječnom zapreminom po komadu, što je zahtijevalo veći broj komada za

formiranje optimalnog tereta. Takođe, prosječna distanca izvlačenja užeta kod LKT 81T bila je 29,35 m, dok je kod Timberjacka 240A iznosila 21,87 m, uz slične vrijednosti za distancu primicanja vitlom (29,48 m za LKT 81T i 22,67 m za Timberjack 240A). Ove razlike dodatno naglašavaju varijacije u sastojinskim uslovima i načinu formiranja tereta (Marčeta et al., 2024b).

Relativni udio radnih operacija prikazan je na Slici., gdje se jasno vidi da najveći udio u produktivnom radnom vremenu zauzimaju puna i prazna vožnja. Kod skidera LKT 81T, puna vožnja čini 31%, a prazna vožnja 25% produktivnog radnog vremena. S druge strane, kod skidera Timberjack 240A, puna vožnja čini 44%, dok prazna vožnja zauzima 37% produktivnog radnog vremena (Marčeta et al., 2024b) (Slika 32).

Slični rezultati zabilježeni su u istraživanju Borz et al. (2023), gdje su prazna i puna vožnja činile dominantan dio radnog vremena bez zastoja, sa udjelima većim od 40%. Ovaj visoki udio vožnje objašnjava se velikim distancama privlačenja, gdje je prosječna distanca u tom istraživanju iznosila 687,2 m.



Slika 32. Relativni udio radnih operacija u produktivnom radnom vremenu - (a) LKT 81T; (b) Timberjack 240A (Marčeta et al., 2024b)

Orlovský i et al., (2020) analizirali su radne operacije skidera LKT 81T i utvrdili da su dvije dominantne operacije, privlačenje tereta i manipulacija teretom, zauzimale 22,5 % ukupnog radnog vremena.

Prazna vožnja činila je 17 %, dok je sakupljanje tereta obuhvatalo 11,5 % vremena. Prosječan broj trupaca po tovaru iznosio je 5,06, dok je prosječna zapremina trupca bila 5,43 m³.

Sabo i Poršinsky (2005) potvrdili su da radovi na sječini zauzimaju najveći udio u strukturi produktivnog radnog vremena, sa 44,6 % i 46,4 % na dva analizirana lokaliteta. Borz et al., (2014; 2015) su utvrdili učešće neproduktivnog vremena u iznosu od 29,3 % i 28 %, dok su Sabo i Poršinsky (2005) zabilježili 32,15 % neproduktivnog vremena za skider Timberjack 240C.

Zbog različitih sastojinskih i terenskih uslova (mješavina vrsta drveća, gustina sastojine, reljefne karakteristike i uslovi rada), rezultati ovakvih analiza radnog vremena i razvijeni modeli mogu biti primjenjivi samo u uslovima sličnim ili istim onima u kojima su prikupljeni podaci (Mousavi et al., 2012; Marčeta, 2019).

Istraživanje je pokazalo da tip skidera, distanca privlačenja i zapremina tereta imaju statistički značajan uticaj na efektivno trajanje ciklusa, što je potvrđeno primjenom multiple regresione analize sa kategoričkim varijablama. Rezultati analize ukazali su na visok stepen statističke značajnosti ($p < 0,05$), što je uslovalo potrebu za daljom analizom svakog skidera pojedinačno. Distanca privlačenja se pokazala kao faktor sa najizraženijim uticajem, što je dodatno potvrđeno analizom parcijalnih korelacija, gdje je ovaj faktor imao najviši koeficijent korelacije u poređenju sa tipom skidera i zapreminom tereta. Analiza varijanse pokazala je visoku pouzdanost regresionog modela, pri čemu su utvrđene značajne razlike između predviđenih i zabilježenih rezultata, čime se potvrdila značajna zavisnost trajanja ciklusa od analiziranih faktora. Faktori koji su najviše uticali na trajanje radnih operacija uključuju praznu vožnju, vožnju sa teretom i manevrisanje, pri čemu su svi ovi faktori pokazali zavisnost od distance privlačenja. Ove zavisnosti su predstavljene linearnim ili kvadratnim modelima, a rezultati su konzistentni za oba istraživana skidera (Tabela 18).

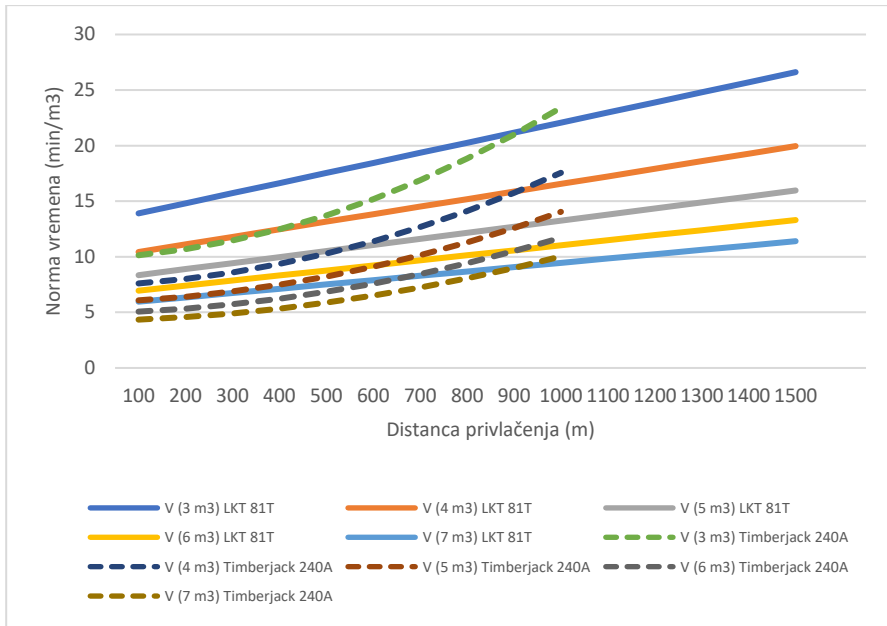
Operacija prazne vožnje pokazala je značajnu zavisnost od distance privlačenja, što se slaže sa rezultatima ranijih istraživanja (Wang et al., 2004; Nurminen et al., 2006; Mousavi et al., 2012; Marčeta et al., 2014). Operacija izvlačenja užeta zavisila je isključivo od distance izvlačenja, što su takođe potvrdili Marčeta et al. (2014) i Borz et al. (2014). Mousavi (2012) je utvrdio da kod skidera sa vitlom vrijeme prikupljanja tereta statistički značajno zavisi od broja komada u tovaru, dok su Najafi et al. (2007) prilikom analize rada skidera HSM-904 utvrdili da trajanje privlačenja zavisi od distance privlačenja i broja komada u teretu. Lotfalian et al. (2011) su u svom istraživanju pokazali da trajanje privlačenja zavisi od distance privlačenja i nagiba terena. Ovo istraživanje je potvrdilo da su distanca privlačenja i zapremina tereta statistički značajni faktori koji utiču na trajanje privlačenja pomoću skidera sa sajlom, što je u skladu sa rezultatima ranijih radova (Marčeta et al., 2014). Dodatno, istraživanje Orlovskog i saradnika (2020) pokazalo je da broj trupaca u tovaru i zapremina tovara značajno utiču na trajanje privlačenja kod skidera sa hvataljkama, dok je kod sajla-skidera samo broj trupaca u tovaru imao značajan uticaj na trajanje otkaćivanja tereta.

Tabela 18. Analiza zavisnosti vremena pri radu skidera LKT 81T i Timberjack 240A (Marčeta et al., 2024b)

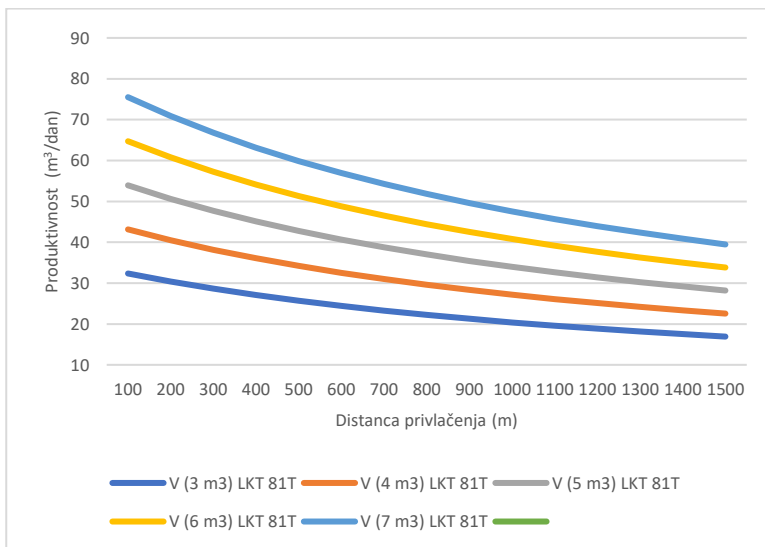
	Work operation	N	Independent variable	Model	R ²	R	p
LKT 81T	Prazna vožnja (min)	29	Distanca prazne vožnje (m) x_1	$y = 3.9288 + 0.0104x$	0.61	0.78	0.000
	Manevrisanje (min)	18	Distanca manevrisanja (m) x_2	$y = 2.2941 + 0.0137x$	0.80	0.89	0.000
	Izvlačenje užeta (min)	29	Distanca izvlačenja užeta (m)	$y = 1.5323 + 0.1224x$	0.30	0.55	0.001
	Veživanje	29	Zapremina komada (m ³)	4.93 min/tura			nema značajnosti
	Primicanje (min)	29	Distanca primicanja (m)	$y = 0.7481 + 0.2764x$	0.27	0.51	0.004
	Puna vožnja (min)	29	Distanca pune vožnje (m) x_1	$y = 3.808 + 0.0138x$	0.55	0.74	0.000
	Otkaćivanje (min)	29	Zapremina tereta (m ³)	2.67 min/ tura			nema značajnosti
	Meglanje (min)	18	Zapremina tereta (m ³)	2.40 min/ tura			nema značajnosti
	Prazna vožnja (min)	84	Distanca prazne vožnje (m) x_1	$y = 0.557 + 0.0211x$	0.97	0.98	0.000
	Manevrisanje (min)	84	Distanca manevrisanja (m) x_2	$y = 0.1356 + 0.0574x$	0.86	0.87	0.000
Timberjack-240A	Izvlačenje užeta (min)	80	Distanca izvlačenja užeta (m)	$y = 0.3586 + 0.0192x$	0.59	0.77	0.000
	Veživanje	84	Zapremina komada (m ³)	2.67 min/ tura			nema značajnosti
	Primicanje (min)	79	Distanca primicanja (m)	$y = 0.3211 + 0.0251x$	0.70	0.83	0.000
	Puna vožnja (min)	84	Distanca pune vožnje (m) x_1	$y = 14.2656 - 0.0162x + 2.963E-5x^2$	0.96	0.98	0.000
	Otkaćivanje (min)	84	Zapremina tereta (m ³)	0.55 min/ tura			nema značajnosti
	Meglanje (min)	65	Zapremina tereta (m ³)	3.05 min/ tura			nema značajnosti

Koeficijenti dodatnog vremena utvrđeni u ovom istraživanju iznose 1,13 za skider LKT 81T i 1,18 za skider Timberjack 240A. Ovi koeficijenti su određeni empirijski tokom terenskog prikupljanja podataka. Međutim, definisanje faktora dodatnog vremena često je predmet grešaka, jer na njega utiče veliki broj faktora. Što je veći broj posmatranja, veća je vjerovatnoća da će dodatno vrijeme biti preciznije utvrđeno. Ipak, povećanje broja snimanja često je u suprotnosti sa ekonomičnošću provođenja studija rada. Stoga je potrebno pronaći kompromis, gdje se podaci iz vlastitih istraživanja kombinuju sa podacima iz drugih relevantnih istraživanja.

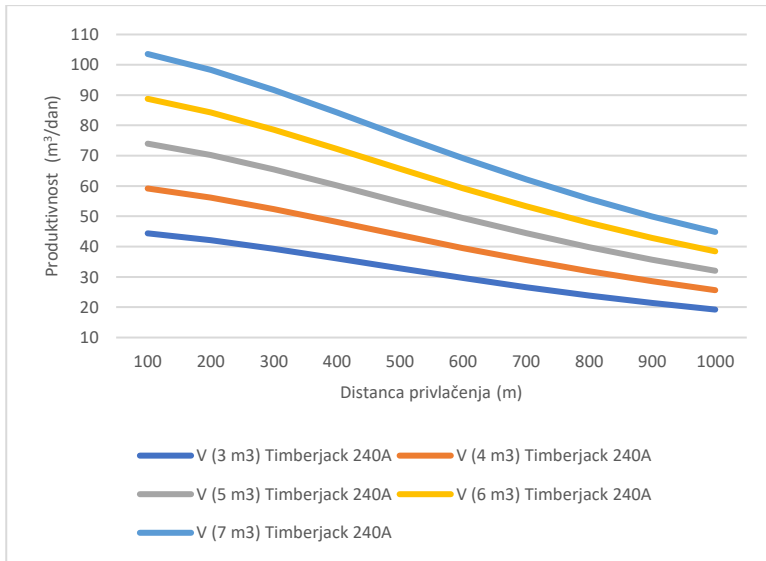
Na Slici 33 predstavljena je uporedno norma vremena za različite distance privlačenja i zapremine tereta, uz fiksnu distancu primicanja od 30 m. Raspon korišten za analizu kreće se od 100 m do 1000 m, a u skladu sa terenskim mjerenjima, obuhvaćene su distance i do 1500 m za obje mašine. Može se primijetiti da u uporedivom rasponu (do 900 m) skider Timberjack 240A postiže nižu normu vremena, odnosno veću produktivnost u poređenju sa skiderom LKT 81T za istu veličinu tereta. Produktivnost skidera u zavisnosti od distance privlačenja i zapremine tereta po osmočasovnom radnom danu (m^3/dan) prikazana je na Slikama 34 i 35.



Slika 33. Norma vremena skidera LKT 81T i Timberjack 240A za distancu primicanja od 30 m (Marčeta et al., 2024b)



Slika 34. Produktivnost skidera LKT 81T na osnovi distance i zapremine tereta (Marčeta et al., 2024b)



Slika 35. Produktivnost skidera Timberjack 240A na osnovi distance i zapremine tereta (Marčeta et al., 2024b)

Većina dosadašnjih istraživanja na području BiH o efikasnosti privlačenja drveta obavljena je na relativno zastarjeloj opremi, što može ograničiti njihovu primjenjivost s obzirom na značajna tehnička unapređenja kod novijih generacija mašina, poput poboljšanja motora, sistema prenosa i ergonomije. U mnogim šumarstvima, uključujući Bosnu i Hercegovinu, nabavka savremenih mašina je više izuzetak nego pravilo, a većina radova se obavlja starijom mehanizacijom, često starom i više od decenije. Takva situacija će vjerovatno ostati i dalje, što opravdava istraživanja s relativno starijim mašinama. Gustina mreže transportnih puteva direktno utiče na distance privlačenja. Često šumski kamionski putevi ne dosežu dublje dijelove odjela, što povećava distance privlačenja i troškove. U takvim slučajevima, planeri se nerijetko odlučuju za korištenje zglobnih skidera u prvoj fazi transporta, iako su troškovi viši, jer je to bolje rješenje nego neizvođenje sječe uopšte u dijelovima odjela. Budući da se u BiH primjenjuje prebirni sistem gazdovanja, svaka sječa je ujedno i uzgojna mjera, pa čekanje na izgradnju puteva može dovesti do neispunjavanja planova gazdovanja.

9. SKIDERI U JPŠ „ŠUME REPUBLIKE SRPSKE“ a.d. SOKOLAC

U ovom poglavlju je urađena i predstavljena analiza stanja brojnosti skidera koji su u vlasništvu JPŠ „Šume Republike Srpske“ a.d. Sokolac, kao i određeni parametri njihove upotrebe, kao što su iskoristivost u toku godine, produktivnost, utrošak goriva i dr.

Javno preduzeće šumarstva (JPŠ) "Šume Republike Srpske" a.d. Sokolac predstavlja jedno od najvažnijih javnih preduzeća u Republici Srpskoj, koje upravlja šumskim resursima u vlasništvu Republike Srpske. Osnovano je s ciljem održivog upravljanja, zaštite, uzgajanja i korišćenja šuma, u skladu sa savremenim principima šumarstva i ekološkim standardima. Sjedište preduzeća nalazi se u Sokocu, a njegovo poslovanje obuhvata cijelu teritoriju Republike Srpske. Preduzeće upravlja sa približno 1,3 miliona hektara šuma i šumskog zemljišta, i zapošljava oko 4700 radnika. Ukupan godišnji etat, odnosno količina drvne mase koja se može koristiti u okviru održivih principa, iznosi oko 2,5 miliona m³. Ova kvota se utvrđuje na osnovu višegodišnjih planskih dokumenata kao što su šumskoprivredne osnove, koje se izrađuju za period od deset godina. Etat je prilagođen ekološkim, ekonomskim i socijalnim ciljevima, te uzima u obzir specifične karakteristike pojedinih šumskih područja. Takođe, značajan dio aktivnosti preduzeća usmjeren je na uzgoj, zaštitu i obnovu šuma, pri čemu se posebna pažnja posvećuje prirodnom pomlađivanju i očuvanju autohtonih vrsta. U okviru preduzeća funkcioniše više organizacionih jedinica (27) kao što su šumska gazdinstva, rasadnici, istraživački centri i druge poslovne jedinice, koje omogućavaju efikasno upravljanje šumama i njihovim resursima. Šumska gazdinstva su osnovne operativne jedinice koje sprovode radove na terenu, uključujući sječu, transport i preradu drvne mase, kao i zaštitu i pošumljavanje. Ekonomsku održivost preduzeća omogućava racionalno korišćenje drvne mase, ali i razvoj drugih proizvoda i usluga vezanih za šume, kao što su lovni turizam, rekreacija i edukacija. Takođe, značajna sredstva se ulažu u

modernizaciju opreme i tehnologije koje se koriste u procesima sječe, transporta i prerade drveta, s ciljem povećanja efikasnosti i smanjenja negativnog uticaja na životnu sredinu.

JPŠ "Šume Republike Srpske" d.o.o. Sokolac ima i važnu društvenu ulogu, posebno u ruralnim područjima gdje šumarstvo predstavlja jedan od osnovnih izvora zapošljavanja i razvoja lokalnih zajednica. Kroz različite oblike saradnje sa obrazovnim institucijama, nevladinim organizacijama i lokalnim zajednicama, preduzeće treba da doprinosi unapređenju znanja, zaštiti prirode i promociji ekološke svijesti među građanima.

9.1. Stanje brojnosti skidera u vlasništvu JPŠ „Šume Republike Srpske“ a.d. Sokolac

U vlasništvu JPŠ „Šume RS“ a.d. Sokolac, evidentirano je ukupno 83 skidera, od čega najveći dio otpada na model LKT 81T, sa ukupno 80 jedinica, što čini 96,39% ukupnog broja. Preostala tri skidera su tipa Timberjack, i to: 2 jedinice Timberjack 350 i 1 jedinica Timberjack 450 B, što zajedno čini tek 3,61% udjela u ukupnom voznom parku.

Raspodjela po šumskim gazdinstvima ukazuje na značajne razlike u stepenu opremljenosti gazdinstava za vlastito izvođenje radova. Najveći broj skidera ima ŠG „Oštrelj–Drinić“ sa 14 jedinica, zatim slijede ŠG „Maglić“ (11) i ŠG „Gradiška“ (10). Nasuprot tome, gazdinstva poput ŠG „Botin“, ŠG „Vrbanja“ i ŠG „Lisina“ imaju po jedan ili dva skidera, što može ukazivati na niži intenzitet izvođenja radova vlastitom mehanizacijom ili potencijalnu potrebu za dodatnom mehanizacijom (Tabela 19).

Preovlađujući model LKT 81T predstavlja osnovu voznog parka, što govori u prilog standardizaciji i mogućem olakšanju održavanja i logistike. Međutim, činjenica da se ovaj model gotovo isključivo koristi ukazuje i na određene slabosti sistema, kao što su:

- Oslanjanje na jednu, tehnički relativno zastarjelu tehnologiju (LKT 81T je razvijen u drugoj polovini 20. vijeka),

- Ograničena funkcionalnost u različitim terenskim uslovima,
- Manja efikasnost u poređenju sa savremenim modelima (npr. John Deer ili HSM serija).

Nešto savremeniji modeli Timberjack 350 i 450 B su zastupljeni u izuzetno malom broju – ukupno samo tri jedinice u cijelom JPŠ. Njihova prisutnost ograničena je isključivo na ŠG „Vučevica“, što može ukazivati na pilot-projekte, donacije ili specifične potrebe tog područja. Ovi traktori su tehnički napredniji, produktivniji i energetski efikasniji, ali istovremeno i skuplji za nabavku i održavanje.

Tabela 19. Stanje brojnosti skidera u vlasništvu JPŠ „Šume Republike Srpske“ 2025. godine

R.B.	ŠUMSKO GAZDINSTVO	KOMADA Ukupno	LKT 81T	Timberjack 350	Timberjack 450 B
1	ŠG Oštrelj-Drinić	14	14		
2	ŠG Gradiška	10	10		
3	ŠG Čemernica	2	2		
4	ŠG Vrbanja	2	2		
5	ŠG Lisina	2	2		
6	ŠG Botin	1	1		
7	ŠG Ribnik	10	10		
8	ŠG Sjemeć	2	2		
9	ŠG Romanija	4	4		
10	ŠG Drina	2	2		
11	ŠG Maglić	11	11		
12	ŠG Visočnik	7	7		
13	ŠG Vučevica	5	2	2	1
14	ŠG Gorica	8	8		
15	ŠG Klekovača-Potoci	3	3		
	UKUPNO	83	80	2	1

S obzirom na evidentnu dominaciju LKT 81T skidera, postavlja se pitanje dugoročne održivosti ovog sistema. Oslanjanje na jedan tip skidera može biti rizično, naročito u slučaju prekida proizvodnje rezervnih dijelova ili većeg tehničkog otkazivanja. Preporučljivo je planirati:

- Modernizaciju voznog parka, uz nabavku savremenijih skidera prilagođenih uslovima šuma Republike Srpske,
- Diverzifikaciju mehanizacije radi smanjenja zavisnosti od jednog proizvođača,
- Tehničku obuku kadra za rad na savremenim mašinama s većim stepenom digitalizacije i automatizacije.

Važno je naglasiti da trenutno raspoloživi podaci obuhvataju isključivo šumska gazdinstva u okviru JPŠ „Šume Republike Srpske“, dok stanje mehanizacije u privatnom sektoru, kao i u Federaciji Bosne i Hercegovine, nije poznato. Ovo predstavlja značajan nedostatak u sveobuhvatnoj analizi trenutne tehničke opremljenosti za eksploataciju šuma na teritoriji cijele Bosne i Hercegovine.

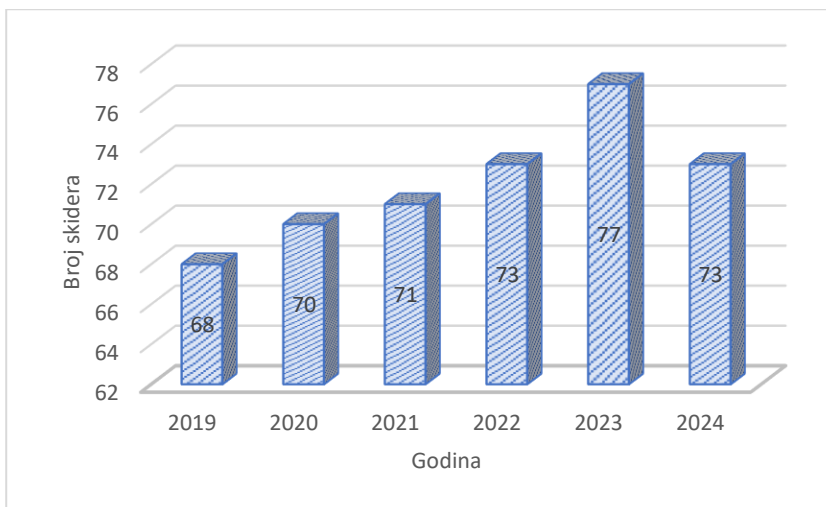
Uvažavajući činjenicu da u Bosni i Hercegovini postoji jedinstveno tržište rada u šumarstvu, često dolazi do situacija da preduzeća iz Federacije Bosne i Hercegovine obavljaju radove na području Republike Srpske i obrnuto. Ova praksa dodatno otežava precizno sagledavanje stvarnog stanja broja skidera koji se koriste u šumarstvu u oba entiteta. Pored toga, značajan udio šumskih radova u Republici Srpskoj se izvodi angažovanjem privatnih firmi ili samostalnih izvođača koji posjeduju vlastitu mehanizaciju, a čiji broj i struktura nisu evidentirani u zvaničnim podacima JPŠ „Šume Republike Srpske“.

Nedostatak ovih podataka predstavlja prepreku za adekvatno planiranje modernizacije mehanizacije, kao i za izradu preciznih procjena tehničkih potreba u budućnosti. Preduzeća iz privatnog sektora, kao i preduzeća iz Federacije Bosne i Hercegovine, potencijalno mogu posjedovati znatno moderniju i efikasniju mehanizaciju u poređenju s modelom LKT 81T koji se koristi u javnom sektoru šumarstva Republike Srpske. S obzirom na to, neophodno je prikupiti podatke o broju, tipu i tehničkim karakteristikama skidera koji se koriste u privatnom sektoru i Federaciji Bosne i Hercegovine.

Za sveobuhvatnu i tačnu sliku stanja mehanizacije u šumarstvu na nivou Bosne i Hercegovine potrebno je sprovesti detaljno istraživanje koje bi uključivalo:

- Prikupljanje podataka od nadležnih institucija i preduzeća iz Federacije Bosne i Hercegovine,
- Prikupljanje podataka od privatnih firmi i samostalnih izvođača na teritoriji Republike Srpske i Federacije Bosne i Hercegovine,
- Upoređivanje tehničkih karakteristika, starosti i tipova skidera u svim segmentima (javni sektor Republike Srpske, privatni sektor i Federacija Bosne i Hercegovine).

Kada je u pitanju broj skidera koji su u upotrebi u JPŠ „Šume RS“ u periodu 2019-2024 godine treba naglasiti da je svake godine broj skidera u upotrebi bio različit, jednim dijelom zbog tog što su nabavljani novi, a drugim dijelom zbog tog što je jedan dio njih bio u kvaru ili nisu korišćeni iz organizacionih razloga. Brojno stanje je vidljivo u narednoj slici.

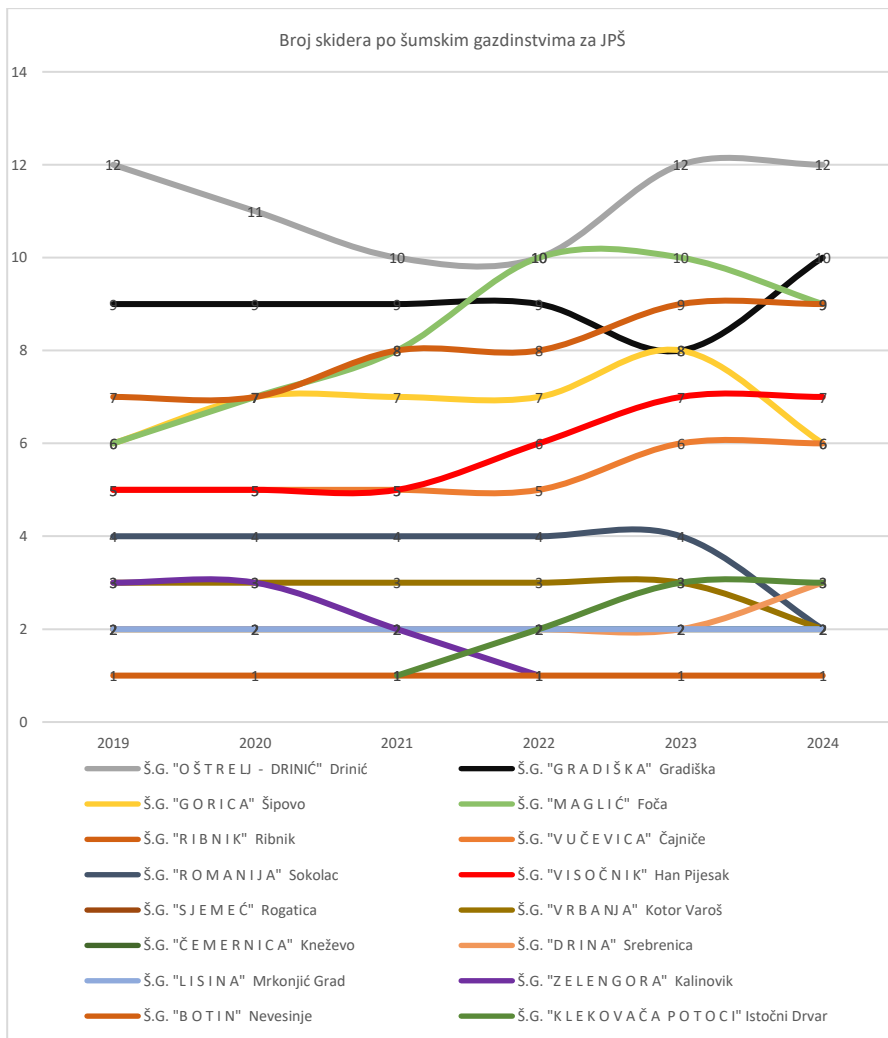


Slika 36. Broj skidera u upotrebi u JPŠ u periodu 2019-2024

Slika prikazuje prosječan broj aktivnih skidera u JPŠ „Šume RS“ u periodu od 2019. do 2024. godine, pri čemu je vidljiv postepen rast

od 68 jedinica u 2019. godini do maksimalnih 77 u 2023. godini, nakon čega dolazi do blagog pada na 73 skidera u 2024. godini. Ovaj trend ukazuje na kontinuirano povećanje broja aktivnih skidera tokom većine posmatranog perioda, što je rezultat nabavke novih jedinica i eventualnog popravka postojećih, ali pad u 2024. godini može biti posljedica tehničkih kvarova, povremenog nekorišćenja iz organizacionih razloga ili zastarjelosti pojedinih skidera. Fluktuacija između godina naglašava potrebu za dodatnom modernizacijom i unapređenjem održavanja kako bi se osigurala stabilnost u raspoloživosti mehanizacije.

Kada je u pitanju broj aktivnih skidera po šumskim gazdinstvima u periodu 2019-2024 analiza je prikazana na narednoj Slici 37.



Slika 37. Broj aktivnih skidera po šumskim gazdinstvima 2019-2024

Analiza ukazuje na postojanje različitih trendova među šumskim gazdinstvima, koji mogu biti rezultat nabavke novih skidera, tehničkih kvarova, povremenog nekorišćenja ili organizacionih promjena unutar samih gazdinstava. Primjetno je da određena šumska gazdinstva poput ŠG „Oštrelj-Drinić“ i ŠG „Ribnik“ konstantno održavaju visok nivo aktivnih skidera tokom cijelog posmatranog perioda, s brojem koji se kreće u rasponu od 7 do 12. Ovo može biti rezultat bolje opremljenosti, veće efikasnosti u održavanju ili većih potreba za

radovima u ovim gazdinstvima. Posebno se ističe ŠG „Oštrelj-Drinić“ koje u 2023. i 2024. godini ima konstantno 12 aktivnih skidera, što ga čini vodećim gazdinstvom po broju raspoloživih jedinica.

S druge strane, gazdinstva poput ŠG „Botin“, ŠG „Zelengora“ i ŠG „Klekovača Potoci“ imaju značajno manji broj aktivnih skidera, u rasponu od 1 do 3, bez većih oscilacija tokom analiziranog perioda. Ovi niski brojevi mogu ukazivati na manji obim šumskih radova u tim područjima ili na organizacione i tehničke poteškoće u održavanju postojeće mehanizacije.

Takođe, primjetno je da neka gazdinstva, poput ŠG „Romanija“, bilježe pad broja aktivnih skidera u 2024. godini, sa 4 na 2 jedinice. Nasuprot tome, ŠG „Visočnik“ pokazuje rast tokom perioda, dostižući 7 aktivnih skidera u 2024. godini.

Analiza takođe otkriva specifične skokove u broju skidera kod određenih gazdinstava, kao što je slučaj sa ŠG „Maglič“ koje bilježi porast sa 6 u 2019. godini na 10 u 2022. godini, te se održava na tom nivou do 2024. godine. Sličan trend rasta je prisutan i kod ŠG „Visočnik“ i ŠG „Ribnik“, što može ukazivati na povećane potrebe za eksploatacijom šumskih resursa ili poboljšanja u održavanju voznog parka.

Generalno, analiza prikazanih podataka ukazuje na značajne varijacije među šumskim gazdinstvima u pogledu raspoloživosti skidera. Ovi rezultati sugerišu potrebu za dodatnim istraživanjem uzroka varijacija, sa posebnim fokusom na tehničko održavanje, organizacione promjene i eventualne investicije u modernizaciju voznog parka. Takođe, preporučljivo je sprovesti detaljnije analize u kontekstu godišnjih etata, što bi moglo dodatno objasniti fluktuacije u broju aktivnih skidera kroz analizirani period.

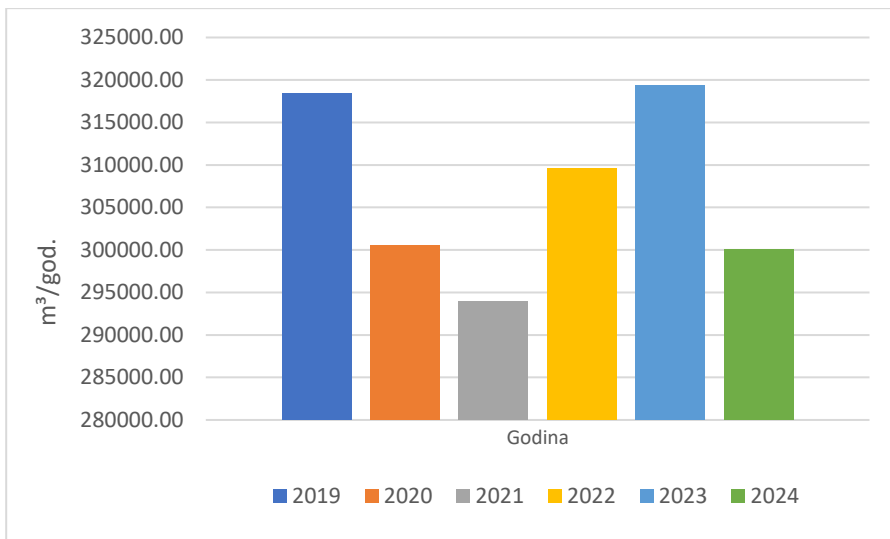
9.2. Učinak skidera u vlasništvu JPŠ za period 2019-2024

Na narednim slikama ilustrovani su ukupni godišnji učinak izražen u kubnim metrima (m^3) i učinak po radnom danu (m^3/RD) koji ostvaruju skideri u vlasništvu JPŠ „Šume Republike Srpske“ a.d. Sokolac za period od 2019. do 2024. godine. Analiza pokazuje značajne oscilacije u ukupnom godišnjem učinku tokom posmatranog perioda, dok učinak po radnom danu pokazuje trend povećanja.

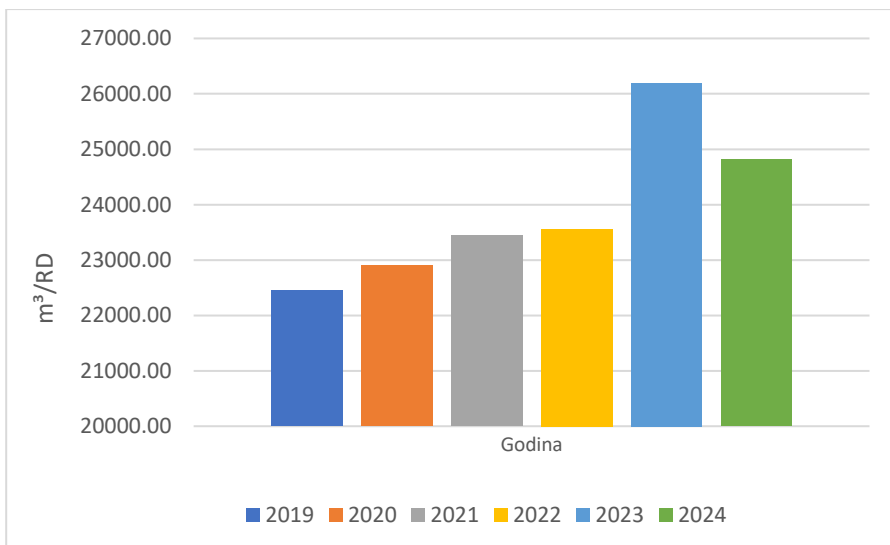
U periodu od 2019. do 2024. godine, najveći godišnji učinak ostvaren je u 2023. godini sa vrijednošću od 319417,16 m^3 , dok je najniži zabilježen u 2021. godini kada je ukupno ostvareno 293888,63 m^3 . Ovaj pad u 2021. godini može biti rezultat različitih faktora, uključujući tehničke kvarove skidera, smanjen obim posla zbog korona virusa, manji broj aktivnih jedinica u upotrebi ili specifične organizacione prepreke. Osim toga, 2020. godina takođe bilježi nešto niži učinak (300587,89 m^3), što se može dovesti u vezu sa smanjenjem broja aktivnih skidera u tom periodu (Slika 38).

Povećanje učinka u 2022. i 2023. godini može biti posljedica efikasnijeg korišćenja mehanizacije, tehničkog održavanja ili eventualne nabavke novih jedinica. Međutim, primjetan je pad u 2024. godini sa ukupnim učinkom od 300082,67 m^3 , što može ukazivati na određene tehničke ili organizacione poteškoće, ili promjene u obimu proizvodnje.

S druge strane, učinak po radnom danu pokazuje uzlazni trend tokom posmatranog perioda, pri čemu je najveća vrijednost zabilježena u 2023. godini sa 26199,52 m^3/RD . Ovo povećanje može biti rezultat racionalizacije radnih procesa, poboljšanja organizacije rada ili unapređenja tehničkog stanja skidera. Uočljivo je da, i pored pada u ukupnom učinku u 2024. godini, učinak po radnom danu ostaje relativno visok (24813,64 m^3/RD)(Slika 39).



Slika 38. Godišni učinak skidera u vlasništvu JPŠ



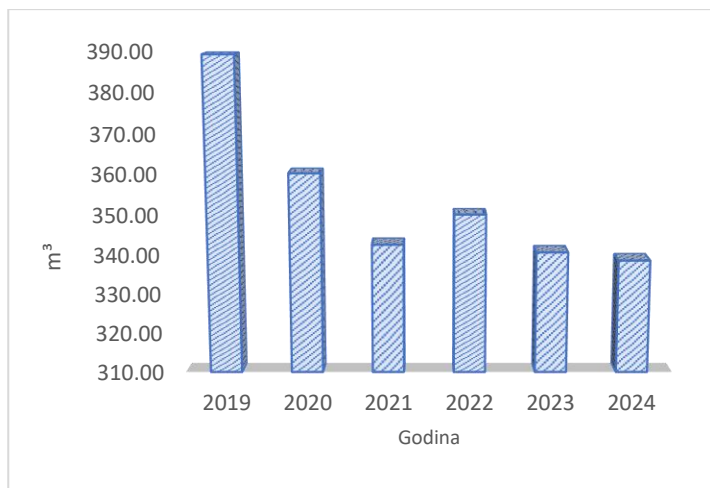
Slika 39. Učinak po radom danu svih skidera u vlasništvu JPŠ

Posmatrajući oba pokazatelja, može se zaključiti da, iako dolazi do povremenih padova u ukupnom godišnjem učinku, učinak po radnom danu generalno pokazuje pozitivne trendove. Ovi rezultati sugeriraju potrebu za daljom modernizacijom i unapređenjem održavanja skidera kako bi se osigurao stabilan rast ukupnog učinka na godišnjem

nivou. Takođe, preporučuje se dodatna analiza kako bi se utvrdili uzroci pada u 2024. godini i osigurala konzistentnost u postizanju maksimalnog kapaciteta voznog parka.

Analiza prosječnog mjesečnog učinka skidera u vlasništvu JPŠ „Šume Republike Srpske“ a.d. Sokolac za period od 2019. do 2024. godine ukazuje na umjereno opadajući trend efikasnosti. Na osnovu prikazanih podataka, može se primijetiti da je najveći prosječni mjesečni učinak po skideru zabilježen u 2019. godini, sa vrijednošću od 388.96 m³/mjesec. Nakon toga slijedi značajan pad u 2020. godini na 360.18 m³/mjesec, dok se opadajući trend nastavlja u 2021. godini sa 342.44 m³/mjesec.

Blagi oporavak u učinku može se uočiti u 2022. godini, kada je prosječan mjesečni učinak dostigao 349.95 m³/mjesec. Ipak, ovaj pozitivan trend nije nastavljen u 2023. godini, gdje dolazi do ponovnog pada na 340.51 m³/mjesec. Konačno, 2024. godina bilježi dalji blagi pad na 338.45 m³/mjesec, što predstavlja najnižu zabilježenu vrijednost u analiziranom periodu (Slika 40).



Slika 40. Prosječan učinak po skideru za period 2019-2024

Opadajući trend u prosječnom mjesečnom učinku skidera može biti rezultat više različitih faktora. Mogući razlozi uključuju: tehničku

zastarjelost mehanizacije, neadekvatno održavanje, manjak kvalifikovanih radnika ili promjene u organizaciji i načinu rada. Takođe, promjene u eksploatacionim područjima, koje mogu uključivati složenije i nepristupačnije terene, mogu negativno uticati na prosječan mjesečni učinak.

Iako postoje povremeni pozitivni pomaci, kao što je slučaj sa 2022. godinom, ukupni trend ukazuje na potrebu za modernizacijom voznog parka i unapređenjem tehničkog održavanja kako bi se osigurala stabilna produktivnost. Pored toga, dalja istraživanja trebala bi uključivati analizu radne efikasnosti u odnosu na tehničke karakteristike pojedinačnih skidera, njihove godine proizvodnje i ukupno stanje.

Rezultati ove analize predstavljaju važan indikator trenutnog stanja mehanizacije u JPŠ „Šume Republike Srpske“, te naglašavaju potrebu za strateškim planiranjem u cilju poboljšanja produktivnosti i efikasnosti u narednim godinama.

9.2.1. Učinak po šumskim gazdinstvima

Ukupan učinak skidera u vlasništvu JPŠ „Šume Republike Srpske“ a.d. Sokolac za period od 2019. do 2024. godine pokazuje značajne varijacije među šumskim gazdinstvima, kao i unutar pojedinih gazdinstava tokom različitih godina. Ukupni učinak predstavlja zbirni godišnji učinak svih aktivnih skidera po gazdinstvu, izražen u m³.

Najveći učinak kroz analizirani period generalno ostvaruju gazdinstva ŠG „Oštrelj-Drinić“, ŠG „Ribnik“ i ŠG „Maglić“. ŠG „Oštrelj-Drinić“ postiže najveći ukupni učinak u 2024. godini sa 48109,54 m³. Ovo gazdinstvo pokazuje konzistentnost u postizanju visokih rezultata, što može biti posljedica adekvatne organizacije rada, kvalitetne mehanizacije i održavanja. Slično tome, ŠG „Ribnik“ kontinuirano ostvaruje visoke rezultate, sa maksimumom od 44803,04 m³ u 2023. godini, što ga čini jednim od vodećih gazdinstava po produktivnosti.

Nasuprot tome, neka gazdinstva poput ŠG „Vrbanja“ i ŠG „Lisina“ pokazuju značajno niže rezultate kroz cijeli period. ŠG „Vrbanja“ bilježi svoj najniži učinak u 2024. godini sa 4769,07 m³, što je primjetan pad u odnosu na 2019. godinu kada je ukupan učinak bio 8711,38 m³. Sličan negativan trend može se primijetiti kod ŠG „Lisina“, gdje dolazi do opadanja sa 7590,89 m³ u 2019. godini na samo 3980,76 m³ u 2024. godini. ŠG „Klekovača Potoci“ pokazuje znatan napredak tokom analiziranog perioda. U 2020. godini bilježi 5849,05 m³, dok se u 2024. godini učinak penje na 18601,23 m³ (Tabela 20).

Tabela 20. Ukupni učinci skidera po gazdinstvima

ŠUMSKA GAZDINSTVA	Ukupni učinci po godinama					
	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Š.G. „OŠTRELU - DRINIĆ“ Drinić	52113,33	39429,08	37951,35	40724,24	47613,77	48109,54
Š.G. „GRADIŠKA“ Gradiška	38487,59	33718,41	30358,85	30307,40	28267,51	31927,23
Š.G. „GORICA“ Šipovo	24520,10	20505,47	25771,02	26052,15	25902,35	20389,46
Š.G. „MAGLIĆ“ Foča	27680,00	32294,00	35513,00	41482,00	37332,00	39224,00
Š.G. „RIBNIK“ Ribnik	29009,88	37066,73	36177,63	39714,26	44803,04	43841,63
Š.G. „VUČEVICA“ Čajniče	30435,01	27928,09	26772,33	27186,85	29211,82	18709,38
Š.G. „ROMANIJA“ Sokolac	18630,44	21242,59	20105,33	15357,23	15627,34	9765,00
Š.G. „VISOČNIK“ Han Pijesak	28940,35	22364,77	22030,83	26758,00	27717,00	29286,98
Š.G. „SJEMEĆ“ Rogatica	17859,78	11146,42	10839,26	12400,24	12221,78	10771,75
Š.G. „VRBANJA“ Kotor Varoš	8711,38	10333,57	7955,81	6645,87	8174,39	4769,07
Š.G. „ČEMERNICA“ Kneževo	10649,00	11818,00	12208,00	7849,74	7163,92	6922,20
Š.G. „DRINA“ Srebrenica	8911,00	9974,88	9030,39	9469,46	7406,97	9077,97
Š.G. „LISINA“ Mrkonjić Grad	7590,89	8801,25	6837,67	5513,97	6871,42	3980,76
Š.G. „ZELENGORA“ Kalinovik	10666,00	10062,78	3147,67	3608,23		
Š.G. „BOTIN“ Nevesinje	4260,68	3901,85	3340,44	5168,47	6168,43	4706,47
Š.G. „KLEKOVAČA POTOCI“ Istočni Drvar			5849,05	11303,52	14935,42	18601,23
<i>Ukupno JPŠ</i>	318465	300587	293888	309541	319417	300082

Iako većina gazdinstava pokazuje oscilacije u ukupnom učinku, ŠG „Maglić“ ostvaruje relativno stabilne rezultate, sa maksimumom u 2022. godini (41482,00 m³), Nakon toga dolazi do blagog pada, ali se produktivnost zadržava na visokom nivou u 2024. godini sa 39224,00 m³.

Analiza takođe otkriva da neka gazdinstva poput ŠG „Romanija“ i ŠG „Drina“ bilježe uglavnom niže rezultate u odnosu na ostala gazdinstva, ŠG „Romanija“ postiže svoj maksimum u 2020. godini sa 21242,59 m³,

nakon čega dolazi do opadanja do najniže vrijednosti od 9765,00 m³ u 2024. godini. Nasuprot tome, ŠG „Drina“ ostvaruje postepen rast od 2019. do 2024. godine, dostigavši 9077,97 m³ u posljednjoj analiziranoj godini. Ukupna proizvodnja JPŠ „Šume Republike Srpske“ vlastitom mehanizacijom iznosi oko 30% od etata i pokazuje oscilacije tokom perioda od 2019. do 2024. godine, sa najvećom proizvodnjom zabilježenom u 2019. godini (318465 m³), dok je najniži učinak postignut u 2024. godini (281481 m³). Rezultati sugerišu da su različiti nivoi produktivnosti među gazdinstvima vjerovatno rezultat kombinacije tehničkih, organizacionih i radnih faktora.

Analiza prosječnog mjesečnog učinka po skideru u šumskim gazdinstvima u vlasništvu JPŠ „Šume Republike Srpske“ a.d. Sokolac za period od 2019. do 2024. godine pokazuje značajne razlike između gazdinstava, kao i unutar pojedinih gazdinstava tokom različitih godina. Podaci prikazani u tabeli ukazuju na to da prosječni mjesečni učinak po skideru oscilira zavisno od više faktora koji uključuju tehničko stanje, intenzitet eksploatacije, organizacione promjene i specifične uslove rada unutar svakog gazdinstva.

Gazdinstvo ŠG „Klekovača Potoci“ u 2020. godini postiže izuzetno visok prosječni mjesečni učinak od 731,13 m³/mjesec, što je daleko iznad prosjeka za ostala gazdinstva u istom periodu. Iako dolazi do pada u narednim godinama, i dalje bilježi visoku produktivnost, posebno u 2024. godini sa 563,67 m³/mjesec.

Nasuprot tome, gazdinstva kao što su ŠG „Vrbanja“ i ŠG „Zelengora“ bilježe konstantno niske prosječne mjesečne učinke kroz većinu posmatranog perioda. Na primjer, ŠG „Vrbanja“ pokazuje značajan pad u 2024. godini na 198,71 m³/mjesec, dok ŠG „Zelengora“ postiže najniži učinak od samo 157,38 m³/mjesec u 2021. godini. Ovi rezultati mogu ukazivati na specifične probleme u radu ovih gazdinstava, uključujući nedostatak adekvatne mehanizacije, nepristupačne terene ili organizacione poteškoće.

Još jedan interesantan slučaj predstavlja ŠG „Sjemeć“ koje u 2019. godini bilježi impresivan učinak od 716,30 m³/mjesec, dok se u

narednim godinama taj učinak značajno smanjuje, ali i dalje ostaje iznad prosjeka u većini perioda. Sličan slučaj je i sa ŠG „Čemernica“ koje bilježi vrlo visok učinak od 492,42 m³/mjesec u 2020. godini, dok dolazi do opadanja u narednim godinama, osim u 2024. godini, kada se prosječan mjesečni učinak povećava na 361,36 m³/mjesec (Slika 41).



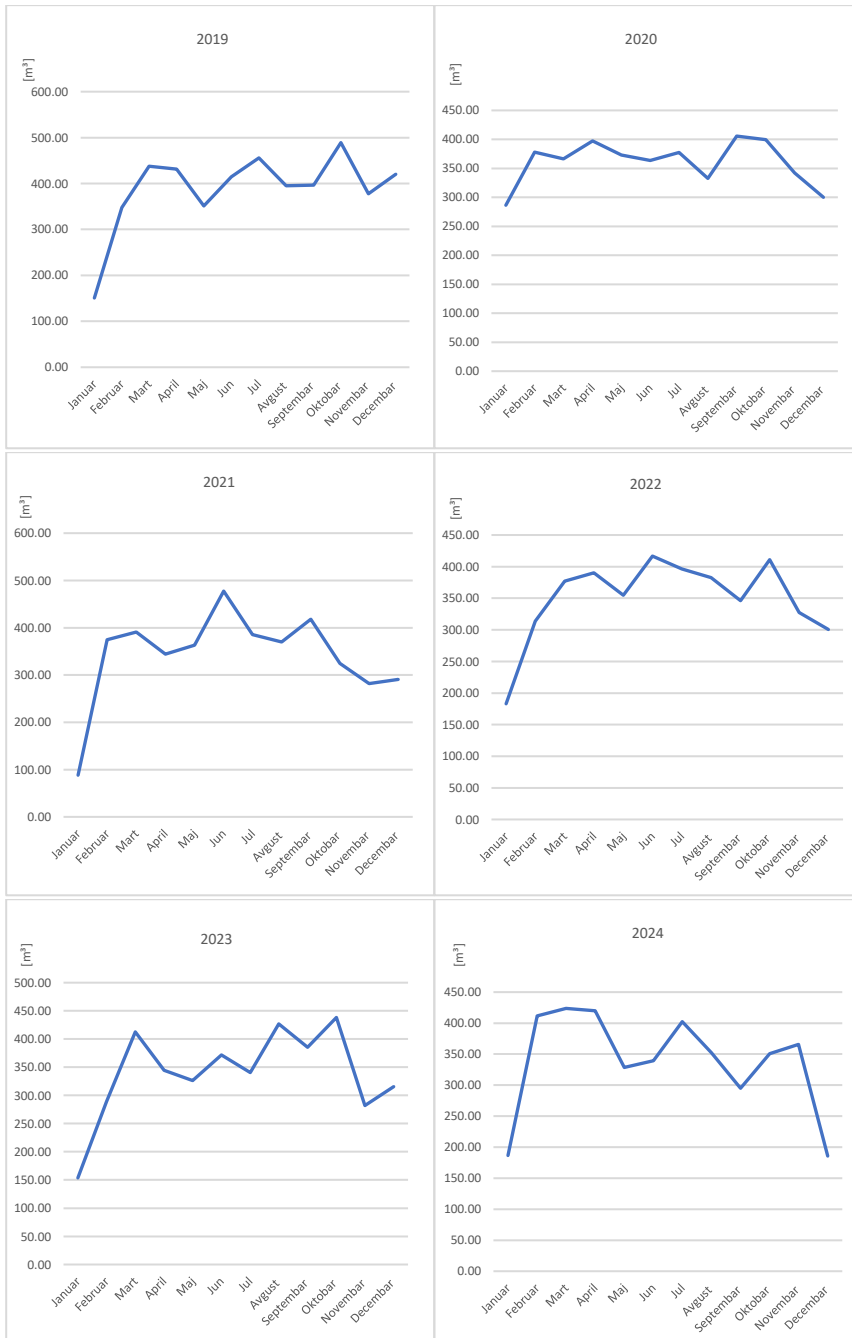
Slika 41. Prosječni mjesečni učinak po skideru po gazdinstvima 2019-2024

Trendovi unutar gazdinstava ukazuju na fluktuacije koje mogu biti rezultat sezonskih aktivnosti, različitih vrsta drveća koje se eksploatišu, kao i promjena u tehnološkim procesima. Uočava se i da neka gazdinstva, poput ŠG „Ribnik“ i ŠG „Maglič“, pokazuju stabilnost u visokim prosječnim mjesečnim učincima, sa manjim oscilacijama tokom cijelog posmatranog perioda. Ovo može biti rezultat bolje organizacije rada, modernizacije skidera ili prilagođenih metoda eksploatacije koje odgovaraju specifičnim uslovima rada.

Opšti zaključak je da postoji znatan prostor za unapređenje u određenim gazdinstvima, posebno u pogledu organizacije rada i tehnološkog održavanja skidera. Takođe, detaljna analiza uspjeha gazdinstava sa visokim učincima može poslužiti kao osnova za donošenje preporuka za poboljšanje efikasnosti u drugim područjima. Dalje istraživanje bi trebalo uključiti i analizu faktora koji direktno utiču na učinak, uključujući tehničke karakteristike skidera, godišnje planove eksploatacije i klimatske uslove.

9.2.2. Učinak po mjesecima

Analiza prosječnog učinka po skideru po mjesecima za period od 2019. do 2024. godine pokazuje izražene varijacije između mjeseci tokom cijele godine, sa uočenim sezonskim oscilacijama koje se ponavljaju iz godine u godinu. Na osnovu prikazanih grafikona, moguće je identifikovati obrasce i trendove koji su karakteristični za različite faze eksploatacije šumskih resursa. U svim analiziranim godinama početak godine, tačnije januar, konstantno bilježi najniži prosječni mjesečni učinak. Ovaj trend može se objasniti otežanim radnim uslovima tokom zimskih mjeseci, uključujući snijeg, niske temperature i smanjen pristup određenim područjima. S druge strane, kako se bliži proljeće, dolazi do naglog povećanja produktivnosti, pri čemu su mart i april najčešće među najefikasnijim mjesecima. Ovaj rast može biti rezultat poboljšanih vremenskih uslova, bolje dostupnosti terena i povećane organizacione aktivnosti nakon zimske pauze (Slika 42).



Slika 42. Prosječan učinak skidera po mjesecima u periodu 2019-2024

Period od maja do septembra pokazuje relativno stabilan prosječan mjesečni učinak sa povremenim oscilacijama. Tokom ovih mjeseci učinak je uglavnom visok, što se može povezati sa optimalnim vremenskim uslovima za rad skidera, kao i većim intenzitetom radnih aktivnosti koje su usmjerene na maksimalno korišćenje raspoloživih resursa. U većini godina, jul i avgust bilježe nešto niže vrijednosti u poređenju sa proljećem, što može biti posljedica godišnjih odmora, smanjenog intenziteta rada ili uticaja ljetnih padavina.

Jesenji period, koji uključuje septembar, oktobar i novembar, često pokazuje blagi pad u prosječnom učinku. Ovaj trend je posebno uočljiv u novembru, što može biti rezultat kraćeg dnevnog svjetla, lošijih vremenskih uslova i pripreme za zimski period. Oktobar, međutim, u nekim godinama dostiže visoke vrijednosti, što može biti posljedica intenziviranja aktivnosti prije pogoršanja vremenskih uslova.

Decembar redovno pokazuje pad u učinku, što je vjerovatno povezano sa kombinacijom loših vremenskih uslova i smanjenog intenziteta rada zbog prazničnog perioda. U većini analiziranih godina, decembarski učinak je među najnižim, uz povremene izuzetke kada se radovi produžavaju radi postizanja godišnjih ciljeva.

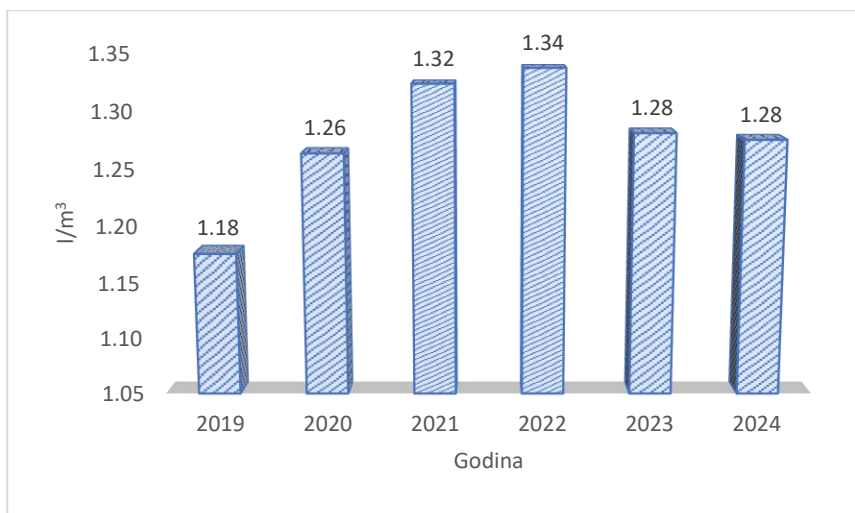
Generalno posmatrano, najviši prosječni mjesečni učinci u svim godinama se ostvaruju u periodu od marta do juna, dok su najniži evidentirani tokom januara i decembra. Ovi obrasci sugerišu da su sezonski uticaji ključni faktor koji određuje produktivnost skidera. Takođe, uočeno je da su oscilacije u pojedinim godinama manje izražene, što može biti rezultat poboljšane organizacije rada, tehničke modernizacije skidera ili bolje prilagođenosti klimatskim uslovima.

U budućim analizama, preporučuje se detaljnije istražiti uticaj specifičnih klimatskih uslova, tehnološkog stanja mehanizacije i organizacionih faktora na prosječni mjesečni učinak, Ovo bi omogućilo preciznije planiranje eksploatacionih aktivnosti i bolje iskorištavanje perioda sa optimalnim vremenskim uslovima.

9.3. Ostvareni utrošak goriva

Utrošak goriva po m^3 privučenog drveta predstavlja jedan od ključnih parametara u ocjenjivanju efikasnosti rada skidera i ima značajan uticaj na ekonomsku isplativost korišćenja šumskih resursa. Kao pokazatelj energetske efikasnosti, ovaj parametar se izražava kao količina goriva potrošena za izvlačenje jednog kubnog metra drvne mase (l/m^3) i direktno utiče na ukupne operativne troškove. Niži utrošak goriva po jedinici proizvodnje ukazuje na efikasnije iskorišćavanje mehanizacije, smanjene troškove rada i, potencijalno, manji negativan uticaj na životnu sredinu. Efikasnost rada skidera u pogledu potrošnje goriva zavisi od više faktora, uključujući tehničke karakteristike skidera, snagu motora, starost mašine, vrstu terena, konfiguraciju reljefa, dužinu transportnog puta i vremenske uslove. Takođe, na ovaj parametar utiču i organizacioni faktori, kao što su način rada, kvalifikacije radnika, tehničko održavanje i optimalno planiranje radnih operacija. Na primjer, skideri sa zastarjelom tehnologijom ili koji su loše održavani mogu pokazivati veći utrošak goriva po jedinici proizvodnje, čak i ako su ostali uslovi optimalni. Pored tehničkih faktora, i karakteristike drvne mase (npr, vrsta drveta, prečnik stabala, vlaga) takođe mogu uticati na varijabilnost ovog parametra. Primjera radi, sječa i izvoz težih ili vlažnijih sortimenata zahtijevaju veći energetska input, što može povećati utrošak goriva. S obzirom na to da troškovi goriva čine značajan dio ukupnih troškova eksploatacije u šumarstvu, smanjenje ovog parametra kroz modernizaciju mehanizacije, poboljšanje tehničkog održavanja i optimizaciju radnih procesa može imati direktne ekonomske koristi. Stoga, analiza potrošnje goriva po jedinici proizvodnje predstavlja jedan od osnovnih elemenata prilikom planiranja eksploatacionih aktivnosti, ocjenjivanja performansi skidera i donošenja odluka o zamjeni ili modernizaciji postojećih mašina. Ovaj pokazatelj se sve češće koristi i u kontekstu održivog razvoja, gdje se efikasno iskorišćavanje goriva smatra ključnim faktorom za smanjenje emisije štetnih gasova i očuvanje prirodnih resursa.

Analiza prosječne potrošnje goriva po jedinici drvene mase u JPŠ „Šume Republike Srpske“ a.d. Sokolac za period od 2019. do 2024. godine ukazuje na izražene oscilacije u potrošnji goriva po kubnom metru drveta (Slika 43).



Slika 43. Prosječna potrošnja goriva u radu skidera u JPŠ „Šume RS“ za period 2019-2024

Prema Slici 43 najniža prosječna potrošnja goriva zabilježena je u 2019. godini sa vrijednošću od 1,18 l/m³. Ovo ukazuje na relativno visok nivo efikasnosti rada skidera u odnosu na naredne godine. Međutim, nakon ovog perioda dolazi do postepenog povećanja potrošnje goriva, pri čemu je najviša vrijednost registrovana u 2022. godini sa 1,34 l/m³. Rast potrošnje goriva u periodu od 2019. do 2022. godine se može objasniti različitim faktorima kao što su tehničko stanje skidera, uslovi rada, dužina distanci privlačenja, terenski uslovi i sl. Blagi pad prosječne potrošnje goriva primijetan je u 2023. i 2024. godini, gdje se vrijednost stabilizuje na 1,28 l/m³.

Generalno posmatrano, tokom cijelog analiziranog perioda uočava se blagi trend povećanja prosječne potrošnje goriva, sa povremenim oscilacijama. Ukupan porast od 1,18 l/m³ u 2019. godini do 1,34 l/m³ u 2022. godini može biti pokazatelj većih opterećenja skidera,

promjena u uslovima rada ili starosti mehanizacije. Preporučuje se kontinuirano praćenje ovog parametra, kao i sprovođenje dodatnih istraživanja u cilju identifikovanja glavnih faktora koji utiču na potrošnju goriva i njihove optimizacije. Takođe, modernizacija mehanizacije i poboljšanje održavanja mogu imati značajan uticaj na dalji pad prosječne potrošnje goriva u budućnosti (Slika 44).

Analiza prosječne potrošnje goriva po mjesecima za period od 2019. do 2024. godine ukazuje na jasne sezonske oscilacije koje su izražene u većini godina. Prosječna potrošnja goriva skidera, izražena u litrima po kubnom metru (l/m^3), značajno varira u zavisnosti od mjeseca, što ukazuje na uticaj klimatskih i terenskih uslova, intenziteta radova i organizacionih faktora na efikasnost eksploatacije. U svim analiziranim godinama, januar redovno bilježi visoku prosječnu potrošnju goriva. Na primjer, u 2021. godini, januar dostiže vrhunac sa gotovo $2,0 l/m^3$, što je znatno više u poređenju sa ostalim mjesecima. Ovaj trend može se objasniti otežanim radnim uslovima tokom zimskih mjeseci, uključujući niske temperature, snijeg i slabiju pristupačnost terena, što uzrokuje veći utrošak goriva po jedinici proizvodnje.

Nasuprot tome, proljećni mjeseci, posebno april i maj, u pravilu pokazuju značajno nižu potrošnju goriva. Ovaj pad može biti posljedica boljih vremenskih uslova, povoljnije dostupnosti terena i nižeg energetskeg opterećenja skidera. Primjera radi, u 2019. godini, prosječna potrošnja goriva u maju iznosila je približno $1,10 l/m^3$, što je među najnižim vrijednostima zabilježenim tokom cijele godine. Tokom ljetnih mjeseci (juli i avgust), potrošnja goriva obično se stabilizuje na umjerenom nivou. Uočava se da u nekim godinama, kao što su 2020. i 2021., dolazi do blagog povećanja potrošnje u avgustu, što može biti posljedica specifičnih terenskih uslova koji zahtijevaju veći energetske input.



Slika 44. Prosječna potrošnja goriva po mjesecima u radu skidera u JPŠ „Šume RS“ za period 2019-2024

Jesenji period, uključujući septembar i oktobar, često bilježi povišene vrijednosti potrošnje goriva. Ovo je posebno izraženo u 2020. godini, gdje septembar dostiže prosječnu potrošnju od 1,50 l/m³, što može biti posljedica povećanih aktivnosti u pripremi za zimu ili složenijih terenskih operacija. Na kraju godine, novembar i decembar pokazuju tendenciju smanjene potrošnje goriva, posebno u slučajevima kada dolazi do smanjenja radnih aktivnosti zbog nepovoljnih vremenskih uslova ili smanjenog obima posla. Potrošnja goriva u JPŠ „Šume Republike Srpske“ je generalno niža u poređenju sa rezultatima iz Hrvatske do kojih su došli Šušnjar et al., (2024) na skideru Ecotrac 140V tokom osam radnih dana u Hrvatskoj s prosječnom potrošnjom goriva od 2,09 l/m³, dok je prosječna potrošnja goriva zabilježena u istraživanju Mioča (2022) na skiderima Timberjack 240B i 240C 1,1 l/m³, što je vrlo blizu prosječnim vrijednostima zabilježenim u JPŠ „Šume Republike Srpske“ (1,18 l/m³ do 1,34 l/m³). Sabo i Poršinsky (2005) su ostvarili prosjek od 6,9 l po satu rada, što odgovara potrošnji od 0,52 l po m³ privučenog drveta na skideru Timberjack 240C.

Generalno, analiza prosječne potrošnje goriva po mjesecima pokazuje da su visoke vrijednosti dominantno vezane za zimske mjesece, dok su prolječni i rani ljetni mjeseci najefikasniji u pogledu potrošnje goriva. Sezonske oscilacije su očigledne i sugerišu da je organizacija rada ključni faktor za optimizaciju potrošnje goriva. Preporučuje se dalje istraživanje koje bi uključilo dublju analizu uticaja terenskih uslova, vrste drveta koje se eksploatiše, tehničkog stanja skidera i organizacionih faktora na potrošnju goriva.

10. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Preteći istraživanja i tendencije u oblasti inženjerstva u šumarstvu lako se može doći do utiska da je CTL tehnologija (harvester+forvarder) preuzela u potpunosti primat nad tradicionalnijim kao što se privlačenje drveta. Ipak, utisak o takvoj dominaciji može biti varljiv. Lundbäck et al. (2018) navode da CTL metoda zapravo čini približno 60% ukupne sječe u centralnoj i južnoj Evropi, uz značajne razlike među državama. U Evropskoj uniji skideri, bilo specijalizovani ili improvizovani, i dalje učestvuju u transportu najmanje 40% godišnje sječe, što predstavlja preko 100 miliona m³ godišnje, posebno u istočnim dijelovima Evrope (Lundbäck et al., 2018). Ovi podaci opravdavaju dalja istraživanja stablovnog i deblovnog metoda sječe, s posebnim naglaskom na skidere (Spinelli et al., 2021).

Mnogi istraživači su tokom posljednjih decenija pokazivali intenzivno interesovanje za harvestere i forvardere kao modernija sredstva, što je rezultovalo manjim brojem istraživanja posvećenih skiderima. Pored toga, pažnja usmjerena na skidere je znatno manja u poređenju sa istraživanjima koja se bave CTL tehnologijom. Iako je skider po svojoj konstrukciji jednostavniji od harvestera ili forvardera, i ova vrsta mehanizacije prati tehnološki napredak, što potvrđuju redovna unapređenja novih modela i verzija koja se razvijaju iz godine u godinu.

Iako se manji broj evropskih istraživača posvećuje proučavanju skidera postavlja se pitanje da li je to opravdano i da li su skideri u opadanju u centralnoj i južnoj Evropi. Za to ne postoji jasan dokaz, uglavnom zbog činjenice da nikada nije sprovedeno sveobuhvatno istraživanje i inventarizacija evropske flote skidera. Ostali pokazatelji su donekle kontradiktorni – u šumama se i dalje mogu sresti brojne mašine ovog tipa, a još je prisutniji veliki broj adaptiranih poljoprivrednih traktora, prilagođenih za izvoženje drvne mase (Spinelli et al, 2021).

Ova pojava se može objasniti ograničenom primjenom mehanizovane CTL tehnologije u ovim zemljama, usljed ekonomskih i/ili tehničkih faktora, kao što je rasprostranjenost šuma na strmim i nepristupačnim terenima (Spinelli et al, 2021).

Većina evropskih izvođača radova u šumarstvu, pa i u Republici Srpskoj koriste manje mašine u poređenju sa onima koje su uobičajene kod njihovih kolega u Sjevernoj Americi. Očekivane buduće preferencije evropskih korisnika mogle bi se kretati unutar raspona koji definišu neki od trenutno najprodavanijih modela u Evropi, poput LKT 81ITL ili HSM 805 (do 100 kW, 8 t), kao i noviji, veći modeli poput Bijol 160 ili Equus 175 (oko 150 kW, 12 t). Prisutnost brojnih lokalnih proizvođača u centralnoj i istočnoj Evropi omogućava brzi odgovor na specifične zahtjeve tržišta. Ukoliko izvođači u određenom području traže mašinu sa posebnim tehničkim karakteristikama, često se mogu obratiti lokalnim proizvođačima koji su u mogućnosti da odgovore na takve zahtjeve, Lokalni proizvođači su često karakterisani manjim obimom proizvodnje i fleksibilnijim procesima odlučivanja. Iako je u savremenom globalnom tržištu geografska blizina manje važna nego ranije, ona i dalje nudi prednosti, kao što je prevazilaženje jezičkih i kulturnih barijera. Globalni proizvođači, s druge strane, uživaju prednosti masovne proizvodnje, što može rezultovati nižim cijenama i većom mehaničkom pouzdanošću mašina (Spinelli et al., 2021).

Kada su u pitanju mogući budući trendovi razvoja i korišćenja skidera ističu se dva glavna momenta koji bi mogli učiniti tehnologiju sječe privlačenja cijelog stabla ili debla posebno atraktivnom: (1) sve češća pojava velikih šteta u šumama koje zahtijevaju hitno saniranje i (2) sve veći stepen profesionalizacije sektora sječe i izvoza drvne mase.

Zbog klimatskih ekstrema, narušenih šumskih ekosistema, produženih sušnih perioda i epidemija potkornjaka, širom Evrope dolazi do značajnog porasta šumskih šteta, što uzrokuje potrebu za masovnim sječama, posebno u centralnoj Evropi (Seidl et al., 2014). Istorijski, mehanizovana sječa u centralnoj Evropi bila je povezana s

masovnim akcijama sanacije šuma nakon velikih oštećenja, poput oluja iz 1990. u Njemačkoj i 1999. u Francuskoj. Predviđanja ukazuju da će ovakvi događaji postati učestaliji u budućnosti, što će vjerovatno podstaći dalji proces podizanja stepena mehanizovanosti, jer stablovni metod i korišćenje skidera omogućava brzo čišćenje velikih površina.

Povećana dostupnost prostora za privremena stovarišta, koja proističe iz sječe velikih površina, mogla bi dodatno smanjiti jedan od glavnih nedostataka metoda cijelog stabla u Evropi – potrebu za prostranim stovarištima (Borz et al., 2013).

Pored toga, rastuća potražnja za uslugama sječe i izvoza drveta podudara se sa smjenom generacija, pri čemu mlađi operateri sve rjeđe prihvataju rad sa nemodernizovanom opremom. Dok su motorne testere i adaptirani poljoprivredni traktori u nekim zemljama bili standard prije dvadesetak godina, sve više operatera danas preferira specijalizovane forvardere i skidere (Ferrari et al., 2012). Spinelli et al, (2017) su takođe zaključili da proizvodni radnici u šumarstvu često odbijaju rad sa zastrajelom improvizovanom opremom, insistirajući na korišćenju namjenski konstruisanih modernijih šumskih mašina. To bi moglo dovesti do postepenog prelaska korisnika adaptiranih poljoprivrednih traktora, koji su još uvijek prisutni kod mnogih manjih izvođača radova, na modernije mašine.

Ova tranzicija je vjerovatno više privlačna za korisnike adaptiranih traktora za privlačenje stabala nego za forvardere, s obzirom na to da adaptirani poljoprivredni traktori ostaju efikasniji od specijalizovanih forvardera kada se koriste na lošijim šumskim putevima. Zbog toga se često koriste za kombinovane zadatke izvoženja i međutransporta u planinskim predjelima (Spinelli et al., 2015). Forvarderi, kao isključivo izvozne mašine, nisu pogodni za istovremeno izvoženje i međutransport, što važi i za skidere. Ipak, skideri se takmiče s poljoprivrednim traktorima opremljenim vitlima, koji su takođe

namijenjeni isključivo privlačenju drveta, budući da se međutransport privučenih stabala ne vrši skiderima.

Primjena skidera u šumarstvu Republike Srpske ima dugogodišnju tradiciju i predstavlja jedan od ključnih metoda privlačenja drveta, posebno u brdsko-planinskim područjima koja dominiraju u ovom regionu. Iako su u nekim evropskim zemljama forvarderi preuzeli primat u primarnom transportu drveta, specifičnosti lokalnih šumarstava, poput terenskih uslova i načina gazdovanja, omogućavaju skiderima da i dalje zadrže značajan udio u ukupnom obimu privlačenja drveta.

Uprkos prepoznatim prednostima primjene skidera, kao što su prilagodljivost teškim i nepristupačnim terenima, uočeno je nekoliko značajnih problema. Prvenstveno, flota skidera u Javnom preduzeću JPŠ „Šume Republike Srpske“ a.d. Sokolac karakteriše se jednoličnošću i tehnološkom zastarjelošću. Većina skidera su jednostavniji modeli koji ne zadovoljavaju savremene ekološke standarde i koji ostvaruju ograničene rezultate u pogledu produktivnosti i efikasnosti.

Pored toga, istraživanja su pokazala da se skideri često koriste u uslovima koji premašuju optimalne operativne parametre. To se posebno odnosi na distance privlačenja koje često prelaze 800 m, što prema relevantnoj literaturi predstavlja dvostruko veću udaljenost od preporučene (Pentek et al., 2008; Zečić et al., 2010; Lotfalian et al., 2011; Borz et al., 2014; Borz et al., 2015). Ovakvi uslovi rada dodatno povećavaju troškove, smanjuju produktivnost i negativno utiču na kvalitet šumskog zemljišta. Knežević et al. (2018) su u svom istraživanju evidentirali distancu pune vožnje skidera Ecotrac 120V do čak 1526 m.

Norme koje se trenutno koriste u šumarstvu su zastarjele, a iako su nove norme djelimično rađene, nisu dovršene i ne primjenjuju se zbog tog što su ocijenjene od prakse kao neadekvatne. Potrebno je izraditi savremene norme i uspostaviti novi način njihove izrade kako bi se obuhvatili različiti sastojinski i terenski uslovi. S obzirom na

raznolike uslove u šumarstvu, kao što su mješavina vrsta drveća, gustina sastojine, reljefne karakteristike i radni uslovi, rezultati analiza radnog vremena i razvijeni modeli često su primjenjivi samo na lokalnom nivou, odnosno u uslovima sličnim ili istim onima u kojima su prikupljeni podaci (Mousavi et al., 2012; Marčeta, 2019). Ograničena primjenjivost postojećih normi dodatno naglašava potrebu za uspostavljanjem savremenih standarda prilagođenih specifičnim uslovima rada.

Potrebno je razmotriti uvođenje dinamičkog pristupa izradi i upotrebi normi, gdje bi se na nivou šumskog gazdinstva ili čak pojedinačnih revira obučili radnici koji bi kontinuirano pratili proizvodne procese i različita mehanizovana sredstva. Takav pristup bi omogućio stalno praćenje i evaluaciju učinkovitosti rada, uz prilagođavanje normi specifičnim lokalnim uslovima. Pružanjem mogućnosti za kontinuirano poboljšavanje normi na osnovu prikupljenih podataka i uočenih promjena u radu, omogućila bi se njihova veća preciznost i prilagodljivost, što bi rezultiralo efikasnijim upravljanjem šumskim resursima.

Jedan od ključnih problema identifikovanih tokom istraživanja jeste nedostatak diverzifikacije mehanizacije. Oslanjanje na jedan tip skidera, posebno na modele LKT 81T, predstavlja rizik po održivost sistema, posebno u slučaju prekida proizvodnje rezervnih dijelova ili ozbiljnijih tehničkih otkaza. S tim u vezi, preporučuje se planiranje modernizacije voznog parka, uz nabavku savremenijih skidera prilagođenih uslovima šuma Republike Srpske, diverzifikaciju mehanizacije radi smanjenja zavisnosti od jednog proizvođača, te tehničku obuku kadra za rad na savremenim mašinama s većim stepenom digitalizacije i automatizacije.

Skideri LKT, iako zadovoljavajuće morfoloških karakteristika, pokazuju tehnička ograničenja, posebno u pogledu ekoloških standarda i ergonomije, što zahtijeva njihovu modernizaciju (Zečić, 2006).

Posebno se ističe činjenica da je u Republici Srpskoj vrlo malo modernih skidera opremljenih dizalicom i vitlom, dok su najčešće u

upotrebi klasični skideri s vitlom. Ovakva struktura flote ograničava mogućnosti za unapređenje produktivnosti i efikasnosti u radu. Izuzetak predstavlja samo jedan skider sa grajferom koji se koristi u ŠG „Klekovača Potoci“.

Opšta karakteristika operativnog sektora u šumarstvu Republike Srpske je da se, zbog nedostatka investicionih sredstava, u upotrebi nalazi veliki broj zastarjele mehanizacije, koja prema amortizacionim standardima više ne bi trebala biti u upotrebi, ali se i dalje aktivno koristi iz različitih razloga. Poznato je da mehanizacija koja je amortizovana ima veću sklonost prema kvarovima, što uzrokuje zastoje u radu i velike troškove. Međutim, izvođači radova su često prinuđeni koristiti takvu mehanizaciju ili pak pronalaze opravdanje u činjenici da su im dostupne jeftine lokalne usluge održavanja od strane „neovlašćenih“ radionica i neoriginalni rezervni dijelovi, kojih ima mnogo na tržištu i potiču uglavnom iz Kine (tzv. no name robne marke dijelova). Takođe, mnoge lokalne radionice specijalizovale su se za složenije popravke, poput konstruisanja i dorade cijelih sklopova, kao što su vitla, dozerske daske i drugi elementi.

Planiranje korišćenja šuma u Republici Srpskoj se i dalje obavlja na zastarjeli način prema lokalnim propisima koji se oslanjaju na istraživanja stara nekoliko decenija, dok savremeni alati i nova mehanizacija predstavljaju nužnost zbog nedostatka radne snage, što zahtijeva pažljivo planiranje investicija u nove tehnologije (Marčeta et al., 2020).

Takođe, značajan problem u istraživanju primjene skidera u privatnom sektoru predstavlja nepostojanje jedinstvene evidencije o njihovom broju i tehničkim karakteristikama. Nedostatak relevantnih podataka onemogućava adekvatno planiranje tehnologija rada koje bi trebalo biti zasnovano na raspoloživoj mehanizaciji. Stoga se predlaže sprovođenje inventarizacije skidera koji su u upotrebi kod privatnih preduzeća, kako bi se stvorila sveobuhvatna baza podataka koja bi olakšala planiranje i unapređenje korišćenje drveta.

Uprkos navedenim problemima, mogućnosti za unapređenje postoje. Reparacija mašina predstavlja dobru opciju za produžavanje njihovog vijeka trajanja i poboljšanje funkcionalnosti, naročito kada su u pitanju skupi ili teško dostupni modeli. Takođe, racionalniji pristup organizaciji rada, uključujući odabir odgovarajuće opreme u skladu sa specifičnim terenskim uslovima, može značajno poboljšati efikasnost i ekonomičnost primarne eksploatacije drveta.

Preporučuje se upotreba skidera različitih kategorija, pri čemu bi izbor trebao biti zasnovan na jasno definisanim kriterijumima prilagođenim specifičnim uslovima terena i sastojina. Ovakav pristup omogućio bi bolje prilagođavanje tehnologije specifičnim uslovima rada i povećanje ukupne produktivnosti šumarskih operacija.

Uvođenje forvardera u šumarstvo Republike Srpske predstavlja logičan korak ka unapređenju primarnog transporta drveta, posebno u područjima gdje se primjenjuje sortimentni metod rada. Da bi se njihov rad optimalno uklopio sa postojećim sistemom rada skidera, preporučuje se:

Kombinovana primjena: Forvarderi bi trebali biti korišćeni u ravničarskim područjima i na umjereno nagnutim terenima, gdje mogu ostvariti visoku produktivnost u eksploataciji drveta. U brdsko-planinskim područjima, gdje su skideri efikasniji, njihov rad bi trebalo koordinirati tako da manji skideri privlače drvo do linija gdje forvarderi preuzimaju dalji transport.

Otklanjanje zakonskih prepreka: Potrebno je analizirati postojeće zakonske i podzakonske akte koji se odnose na primjenu forvardera, posebno u vezi sa dozvolama za kretanje po šumskom radilištu, zaštitom zemljišta i ekološkim standardima. Na osnovu te analize, predložiti izmjene i dopune propisa kako bi se omogućila njihova šira primjena.

Tehnička obuka kadra: Organizovanje kontinuirane edukacije radnika za rukovanje forvarderima, kao i njihovu koordinaciju sa skiderima u procesu privlačenja drveta.

U konačnici, povećanje udjela proizvodnje vlastitom mehanizacijom, unapređenje voznog parka, kao i sistemska tehnička obuka zaposlenih, predstavljaju ključne korake za unapređenje primjene skidera u šumarstvu Republike Srpske. Ovi zaključci i preporuke treba da posluže kao osnova za dalje istraživanje i razvoj savremenih metoda u primarnoj eksploataciji drveta.

Na kraju, predlažu se određene terminološke preporuke.

U cilju standardizacije i preciznijeg određivanja pojmova, preporučuje se da se u šumarstvu Republike Srpske za zglobne šumske traktore koristi termin „skider“. Ovaj termin koji vuče korijen iz engleske riječi skidding (privlačenje) se ustalio u međunarodnoj literaturi i naučnoj zajednici, gdje se koristi za označavanje specijalizovanih šumskih mašina namijenjenih za privlačenje drveta. Upotreba termina „skider“ je sve češća i u našem govornom području, te bi njegovo uvođenje u zvaničnu upotrebu pomoglo u izbjegavanju konfuzije koja može nastati primjenom izraza kao što su „šumski traktor“, „zglobni šumski traktor“ i slični termini.

Ova konfuzija je posebno izražena zbog činjenice da postoje traktori koji se koriste u šumarstvu, ali sa potpuno drugačijim tehničkim karakteristikama i namjenom u odnosu na skidere. Takođe, postoje zglobni traktori koji se ne koriste u šumarstvu, što dodatno otežava jasno definisanje i kategorizaciju ovih mašina. Dosljedna upotreba termina „skider“ omogućila bi jasnije razlikovanje specijalizovanih šumskih mašina od drugih tipova traktora i smanjila rizik od netačnih evidencija i pogrešnog planiranja.

Ovo terminološko diferenciranje bilo bi korisno i za stvaranje preciznih evidencija i statističkih pregleda o upotrebi šumskih mašina.

LITERATURA

Acuna, M., Bigot, M., Guerra, S., Hartsough, B., Kanzian, C., Kärhä, K., Lindroos, O., Magagnotti, N., Manner, J., Murphy, G., & Spinelli, R. (2012). Good practice guidelines for biomass production studies. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 33(2), 291–302.

Aščić, A. (2022). Tehničke značajke skidera sa hidrauličkim dizalicama i šumskim vitlima (Završni rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije. 1-23 Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:770477>

Behjou, F. K., Majnounian, B., Namiranian, M., & Dvořák, J. (2008). Time study and skidding capacity of the wheeled skidder Timberjack 450C in Caspian forests. *Journal of forest science*, 54(4), 183-188.

Bekker, M. G. (1956). *Theory of land locomotion*. The University of Michigan Press 1-499.

Bembenek, M., Mederski, P. S., Eler, J., & Giefing, D. F. (2011). Results of large-size timber extracting with a grapple skidder. *Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar*, 10(3), 5-14.

Björheden, R. (1991). Basic time concepts for international comparisons of time study reports. *Journal of Forest Engineering*, 2(2), 33-39.

Björheden, R., Apel, K., Shiba, M., & Thompson, M. A. (1995). IUFRO forest work study nomenclature. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Operational Efficiency.

Borz, S. A., Dinuličă, F., Bîrda, M., Ignea, G., Ciobanu, V. D., & Popa, B. (2013). Time consumption and productivity of skidding Silver fir (*Abies alba* Mill.) round wood in reduced accessibility conditions: a case study in windthrow salvage logging form Romanian Carpathians. *Annals of Forest Research*, 56(2), 363-375.

Borz, S. A., Ignea, G., & Popa, B. (2014). Assessing timber skidding efficiency in a group shelterwood system applied to a fir-beech stand. *African Journal of Agricultural Research*, 9(1), 160-167.

Borz, S. A., Ignea, G., Popa, B., Spârchez, G., & Iordache, E. (2015). Estimating time consumption and productivity of roundwood skidding in group shelterwood system—a case study in a broadleaved mixed stand located in reduced accessibility conditions. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 36(1), 137-146.

Borz, S. A., Mariš, A. C., & Kaakkurivaara, N. (2023). Performance of skidding operations in low-access and low-intensity timber removals: A simulation of productivity and fuel consumption in mature forests. *Forests*, 14(2), 265.

Bura, D. (1978). Stanje i perspektive šumske proizvodnje, mehanizacija sječe i izrade šumskih sortimenata i kooperativna proizvodnja motornih pila u Jugoslaviji – “Stihl” - “Kordun”. *Mehanizacija šumarstva*, 1978.

Costa, C., Menesatti, P., & Spinelli, R. (2012). Performance modelling in forest operations through partial least square regression. *Silva Fennica*, 46(2), 241-252.

Doležal, B. (1984). Štete u šumi izazvane primenom mehanizacije. (Dokumentacija za tehniku i tehnologiju u šumarstvu, 81). Beograd, Jugoslovenski poljoprivredno-šumarski centar, Služba šumske proizvodnje: 47 str.

Egan, A. F., & Baumgras, J. E. (2003). Ground skidding and harvested stand attributes in Appalachian hardwood stands in West Virginia. *Forest products journal*, 53(9), 59-63.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2002). Applying reduced impact logging to advance sustainable forest management: International conference proceedings, 26 February to 1 March 2001, Kuching (p. 35). Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ferrari, E., Spinelli, R., Cavallo, E., & Magagnotti, N. (2012). Attitudes towards mechanized Cut-to-Length technology among logging contractors in Northern Italy. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27(8), 800-806.

Forestry Work Nomenclature. (1995). Test edition valid 1995-2000 (IUFRO, WP3.04-02). Garpenberg, Sweden: Sveriges Lantbruksuniv. 16 p

Ghaffariyan, M. R., Naghdi, R., Ghajar, I., & Nikooy, M. (2013). Time prediction models and cost evaluation of cut-to-length (CTL) harvesting method in a mountainous forest. *Small-scale Forestry*, 12, 181-192.

Gregov, G. (2012). Prilog istraživanju modeliranja hidrostatske transmisije na šumskom vozilu (Doctoral dissertation, University of Rijeka. Faculty of Engineering) 171 p.

Gužvinac, H., Zorić, M., Šušnjar, M., Horvat, D., & Pandur, Z. (2012). Utjecaj načina sidrenja na vrijednosti horizontalne sastavnice vučne sile i faktor prijanjanja prilikom privlačenja drva skiderom i adaptiranim poljoprivrednim traktorom. *Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva*, 33(1), 23-33.

Han, H. S., & Kellogg, L. D. (2000). Damage characteristics in young Douglas-fir stands from commercial thinning with four timber harvesting systems. *Western Journal of Applied Forestry*, 15(1), 27-33.

Handžić, S. (2023). Produktivnost privlačenja drveta skiderom Timberjack 240A pri sortimentnom metodu rada na dužim distancama (Master rad). Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet.

Horvat, D. (1993). Prilog proučavanju prohodnosti vozila na šumskom tlu. *Disertacija, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu*, 1-234.

Horvat, D. (2000). Neke značajke šumskih strojeva nove generacije. In *Znanstveni skup (Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo, HAZU)* (pp. 65-84).

Horvat, D., Zečić, Ž., & Šušnjar, M. (2007). Morphological characteristics and productivity of skidder ECOTRAC 120V. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 28(1), 11-25.

Jeličić, V. (1983). Šumski putevi i ceste. *SIZ odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije SRH, Zagreb*, str. 1–193.

Jeličić, V. (1988). *Otvaranje šuma i savremeni transport drveta*. Beograd: Jugoslovenski poljoprivredno-šumarski centar.

Kantola, A., & Harstela, P. (1988). Handbook on appropriate technology for forestry operations in developing countries (Part 2) (p. 192). National Board of Vocational Education of the Government of Finland.

Kluender, R. A., & Stokes, B. J. (1996). Felling and skidding productivity and harvesting cost in southern pine forests. *Proceedings: Certification–*

Environmental implications for forestry operations; 1996 September 9-11; 35-39.

Knežević, J., Gurda, S., Musić, J., Halilović, V., & Vranović, A. (2018). Productivity of the ECOTRAC 120V skidder for timber skidding in the area of MU „IGMAN “. *Radovi Šumarskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu*, 48(2), 17-32.

Kocel, J. (2010). Development of the forestry services sector in Poland. *Folia Forestalia Polonica. Series A. Forestry*, 52(1).

Konciner, D. (1988). Traktor-IMT 561, Traktor Caterpillar Challenger 65. *Mehanizacija šumarstva*, 1-2, 3–20.

Košir, B., & Lipoglavšek, M. (1999). Entwicklung des forstlichen Knickschleppers WOODY mit hydrostatischem Antrieb in Slowenien. In *Mechanisierung der Waldarbeit: 33. Internationales Symposium : Zalesina, Delnice, Senj, 1.-6. Juli 1999 : sammelbuch* (pp. 123-139). Zagreb: Universität Zagreb, Forstliche Fakultät, Institut für Forstbenutzung.

Košir, B., Krajnc, N., & Piškur, M. (2009). Uvajanje tehnologije strojne sečnje in izkorišćanja sečnih ostatkov: Konačno poročilo projekta. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, 177 str.

Krpan, A. P. B. (2000). Mogućnosti primjene vrhunskih tehnologija pri iskorištavanju šuma u Hrvatskoj. *Zbornik radova znanstvenog skupa "Vrhunske tehnologije u uporabi šuma"*, HAZU, Zagreb, 45-63.

Krpan, A. P. B., & Zečić, Ž. (2001). Učinkovitost i troškovi traktora Timberjack 240 C pri privlačenju drva u brdskim oplodnim sječama. U S. Matić, A. P. B. Krpan, & J. Gračan (Ur.), *Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama* (str. 477-490). Zagreb: Šumarski fakultet Zagreb – Šumarski institut Jastrebarsko.

Krpan, A. P. B., Poršinsky, T., & Zečić, Ž. (2003). Studija o potrebnoj veličini zglobnog traktora (skidera) temeljem sastojinskih prilika glavnoga prihoda i primjenjene tehnologije. Znanstvena studija izrađena u sklopu tehnološkog projekta Ministarstva znanosti i tehnologije "Razvoj, ispitivanje i proizvodnja specijalnog šumskog vozila skidera mase do 7 t (TP–C37/2002)". Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–41.

Kulak, D., Stańczykiewicz, A., & Szewczyk, G. (2017). Productivity and time consumption of timber extraction with a grapple skidder in selected pine stands. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 38(1), 55-63.

Kulak, D., Szewczyk, G., & Stańczykiewicz, A. (2023). Productivity and working time structure of timber forwarding in flatland thinned pine stand with the use of farm tractors. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 44(1), 57-67.

Kulušić, B. (1981). Tehnološka tipizacija bukovih šuma i mješovitih šuma bukve, jele i smrče u SR BiH. Prilog poznavanju tehnologije iskorišćavanja bukovih šuma u SR BiH. Sarajevo: Šumarski fakultet, 83 str.

Kulušić, B. (1990). Karakteristike šumskih terena kao indikatori izbora tehnologije privlačenja drveta. *Šumarski list*, 114(11-12), 463-473.

Lepoglavec, K., Landekić, M., Kanižaj, M., Nevečerel, H., & Šporčić, M. (2019). Mobilne aplikacije—korisna inovacija u šumarstvu?. *Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva*, 40(1), 79-89.

Lotfalian, M., Moafi, M., Foumani, B. S., & Akbari, R. A. (2011). Time study and skidding capacity of the wheeled skidder Timberjack 450C. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 2(7), 120-124.

Lundbäck, M., Häggström, C., & Nordfjell, T. (2018, April). Worldwide trends in the methods and systems for harvesting, extraction and transportation of roundwood. In *Proceedings of the 6th International Forest Engineering Conference, Rotorua, New Zealand* (pp. 16-19).

Ljubojević, D., Danilović, M., Marčeta, D., & Petković, V. (2018). Winching distance in function of the optimization of skid network. *South-east European forestry: SEEFOR*, 9(2), 97-106.

Ljubojević, S. (1990). Uticaj nekih faktora na učinke privlačenja bukove i jelove deblovine zglobnim traktorom Timberjack 350A na teškim terenima. *Mehanizacija šumarstva*, 15(5-6), 101–106.

Ljubojević, S. (2010). Principi otvaranja šuma u zavisnosti od terenskih uslova i načina prirodne obnove. Materijal za seminara „Sistemi gazdovanja

u šumarstvu i njihova praktična primjena“. Agencija za šume Republike Srpske, Banja Luka, str. 39–51.

MacDonald, A. J. (Ed.). (1999). Harvesting systems and equipment in British Columbia. Forest Practices Branch. 1-197.

Maglica, J. (2023). Poređenje produktivnosti skidera „Timberjack 350A“ i „Tree Farmer C5D“ u sličnim sastojinskim uslovima (Master rad). Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet.

Marčeta, D., Petković, V., & Košir, B. (2014). Comparison of two skidding methods in beech forests in mountainous conditions. Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva, 35(1), 51-62.

Marčeta, D. (2019). Tehnologije korišćenja bukovih sastojina. Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, 173 str.

Marčeta, D., Petković, V., Ljubojević, D., & Potočnik, I. (2020). Harvesting system suitability as decision support in selection cutting forest management in northwest Bosnia and Herzegovina. Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering, 41(2), 1-17.

Marčeta, D., Handžić, S., Đukić, M., & Petković, V. (2024b). Productivity of TIMBERJACK 240A and LKT 81T Skidders at Selective Cutting and Longer Distances. South-east European forestry: SEEFOR, 15(1), 59-68.

Marčeta, D., Maglica, J., Petković, V., & Čomić, D. (2024a). Productivity of Timberjack 350A and Tree Farmer C5D skidders in group-selective cutting and assortment method. Šumarski list, 148(1-2).

Mioč, M. (2022). Potrošnja goriva skidera na području šumarije Kupres (Master's thesis). Zagreb: University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology. 1-37 Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:023136>

Mitchell, J. (2000). Productivities and costs of harvesting small openings in the Cariboo Forest Region. FERIC, Vancouver, BC. Advantage, 1(22), 8.

Mousavi, R. (2009). Comparison of productivity, cost and environmental impacts of two harvesting methods in Northern Iran: short-log vs. long-log. Dissertationes Forestales, 82, 93.

Mousavi, R., Nikooy, M., NezhadA, E., & Ershadfar, M. (2012). Evaluation of full tree skidding by HSM-904 skidder in patch cutting of aspen plantation in Northern Iran. *Journal of Forest Science*, 58(2), 79-87.

Mousavi, R., Nikoye Seyahkal, M., & Naghdi, R. (2013). Comparison of timber skidding using two ground-based skidding systems: grapple skidding vs. cable skidding. *International Journal of Forest, Soil and Erosion (IJFSE)*, 3(3), 79-86.

Mrđenović, S. (1979). Informacija o nabavi traktora gusjeničara TDT 55A. *Mehanizacija šumarstva*, 1979, 15–28.

Najafi, A., Sobhani, H., Saeed, A., Makhdom, M., & Marvi Mohajer, M. R. (2007). Time study of Skidder HSM 904. *Journal of the Iranian Natural Resources*, 60, 921–930.

Nikolić, S. (1993). *Iskorišćavanje šuma*. Beograd: Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet.

Nurminen, T., Korpunen, H., & Uusitalo, J. (2006). Time consumption analyses of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica*, 40(2), 335–363.

Orlovský, L., Messingerová, V., & Danihelová, Z. (2020). Analysis of the time efficiency of skidding technology based on the skidders. *Central European Forestry Journal*, 66(3), 177-187.

Pandur, Z., Đuka, A., Šušnjar, M., Bačić, M., Ostović, K., & Lepoglavec, K. (2018). Analiza gaženja tla prilikom strojne sječe, izrade i izvoženja drva u prorednoj sastojini listača. *Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva*, 39(1), 1-12.

Pentek, T., Poršinsky, T., Šušnjar, M., Stankić, I., Nevečerel, H., & Šporčić, M. (2008). Environmentally sound harvesting technologies in commercial forests in the area of Northern Velebit—functional terrain classification. *Periodicum biologorum*, 110(2), 127-135.

Petković, V., Marčeta, D., Ljubojević, D., & Jovan, K. (2017a). Determination of average skidding distance using GIS. *Nova mehanizacija šumarstva*, 38, 33–42. <https://doi.org/10.1845-8815>

Petković, V., Marčeta, D., Ljubojević, D., & Potočnik, I. (2017b). Optimization of wood skidding factor calculation in the area of FM" Prijedor" Prijedor.

Poršinsky, T. (2005). Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske (Doktorska disertacija). Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb. 1-170

Poršinsky, T., Đuka, A., & Busić, O. (2014). Utjecaj propisnosti mjerenja oblovine na transport drva. Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva, 35(1), 1-9.

Porter B., Strawa P. 2006. Analiza pozyskiwania i zrywki drewna w drzewostanach jodłowych (Analysis of logging and skidding operations in fir stands). Sylwan, 1: 67-72

Sabo, A., & Poršinsky, T. (2005). Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar. Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering, 26(1), 13-27.

Samset, I. (1990). Some observations on time and performance studies in forestry, Communications of the Norwegian Forest Research Institute, (Vol. 43, No. 5, pp. 80-pp).

Sarikhani, N. (2001). Forest utilization. Tehran University, Tehran, 1-728.

Seidl, R., Schelhaas, M. J., Rammer, W., & Verkerk, P. J. (2014). Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. Nature climate change, 4(9), 806-810.

Sever, S. (1980). Istraživanje nekih eksploatacijskih parametara traktora kod privlačenja drva (Doktorska disertacija). Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1–301.

Sever, S., & Horvat, D. (1985). Šumski zglobni traktor snage oko 60 kW. Studija, Zagreb, ZIŠ, 1-187.

Sever, S., & Horvat, D. (1987). Neki problemi određenja stabilnosti zglobnih traktora. Zbornik radova I stručnog skupa sekcije JUMV» Teramehanika i vozila visoke prohodnosti, 11(3), 1997.

Sever, S., & Horvat, D. (1990). Vozila za privlačenje drva na teškim terenima. *Mehanizacija šumarstva*, 15(3–4), 75–80.

Sever, S., & Horvat, D. (1992). Skidders and forwarders database as source and help in determining morphological relationships. In *Proceedings of IUFRO workshop „Computer supported planning of roads and harvesting“*, Feldafing, Germany (pp. 196-200).

Sokolović, Dž., & Musić, J. (2009). Privlačenje drveta šumskim žičarama. *Naše šume*, 14-15, 33-41.

Sokolović, D., & Bajrić, M. (2013). *Otvaranje šuma*, Univerzitet u Sarajevu, Šumarski fakultet: 250 p.

Sowa, J. M., & Szewczyk, G. (2013). Time consumption of skidding in mature stands performed by winches powered by farm tractor. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 34(2), 255-264.

Spinelli, R., & Magagnotti, N. (2012). Wood extraction with farm tractor and sulky: estimating productivity, cost and energy consumption. *Small-scale Forestry*, 11(1), 73-85.

Spinelli, R., Magagnotti, N., Pari, L., & De Francesco, F. (2015). A comparison of tractor-trailer units and high-speed forwarders used in Alpine forestry. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 30(5), 470-477.

Spinelli, R., Magagnotti, N., Jessup, E., & Soucy, M. (2017). Perspectives and challenges of logging enterprises in the Italian Alps. *Forest Policy and Economics*, 80, 44-51.

Spinelli, R., Magagnotti, N., Visser, R., & O’Neal, B. (2021). A survey of the skidder fleet of Central, Eastern and Southern Europe. *European Journal of Forest Research*, 140, 901-911.

Šušnjar, M. (2023). Razvoj hibridnog skidera. *Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva*, 44(1), 75-78.

Šušnjar, M., Pandur, Z., Bačić, M., & Korseak, H. (2024). Potrošnja goriva skidera pri privlačenju drva iz proredne bukove jednodobne sastojine u gorskom području—studija slučaja. *Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva*, 45(1), 1-8.

Tinta, B. (1983). Istraživanje upotrebljivosti zglobnog traktora GV-50 BELT-Črnomelj. *Mehanizacija šumarstva*.

Tomašić, Ž. (2012). Razvoj tehnologije i tehničkih sredstava u pridobivanju drva s obzirom na posebnosti šuma i šumarstva u Republici Hrvatskoj. *Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva*, 33(1), 53-67.

Trninić, A. (2024). Productivity of skidders "Timberjack 240A" and "LKT 81 ITL" in selective logging in beech and fir with spruce stands (Master's thesis, University of Banja Luka, Faculty of Forestry) 1-83.

Uusitalo, J., & Pearson, M. (2010). Introduction to forest operations and technology (p. 287). Hämeenlinna: JVP Forest Systems Oy.

Vasiliauskas, R. (1993). Wound decay of Norway spruce associated with logging injury and bark stripping. *Proceedings of Lithuanian Forest Research Institute*, 33, 144-156.

Wang, J., Long, C., McNeel, J., & Baumgras, J. (2004). Productivity and cost of manual felling and cable skidding in central Appalachian hardwood forests. *Forest products journal*, 54(12).

Wenger, K. F. (Ed.). (1984). *Forestry handbook* (Vol. 84, No. 1). John Wiley & Sons. 1360p

Zečić, Ž., & Krpan, A. P. (2004). Efficiency of group work in harvesting mountainous broadleaf thinning stands. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, (74), 41-57.

Zečić, Ž., Krpan, A., Poršinsky, T., & Šušnjar, M. (2004). Djelotvornost traktora Steyr 8090 i 9078 u oplodnim sječama sastojina požeškog gorja. *Šumarski list*, 128(5-6), 245-254.

Zečić Ž., Marenče J. (2005). Mathematical models for optimization of group work in harvesting operations. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26, 1: 29-37

Zečić, Ž. (2006). Usporedba djelotvornosti traktora Ecotrac 120 V pri privlačenju drva u brdskim i gorskim uvjetima. *Glasnik za šumske pokuse, (Posebno izdanje)*, 557-571.

Zečić, Ž., Vusić, D., Prka, M., & Klepac, S. (2010). Utjecaj nagiba traktorskog puta na proizvodnost traktora Timberjack 240C pri privlačenju drvnih sortimenata u prebornim šumama. *Šumarski list*, 134(3-4), 103-113.

Zečić, Ž. (2015). Optimiziranje sustava pridobivanja drva skupnim radom u prorednim sječinama Grđevačke Bilogore. *Radovi Zavoda za znanstvenoistraživački i umjetnički rad u Bjelovaru*, 9, 245-264

Zečić, Ž., Benković, Z., Papa, I., Marenče, J., & Vusić, D. (2019). Proizvodnost traktora Ecotrac 120V pri privlačenju drva u brdskom području središnje Hrvatske. *Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva*, 40(1), 1-10.

Zečić, Ž., Martinić, I., Vusić, D., Bakarić, M., Pečnjak, D., & Landekić, M. (2019a). Učinkovitost skidera Timberjack 240 C pri privlačenju drva u brdskim uvjetima primjenom sortimentne metode. *Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva*, 40(1), 19-29.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

631.372:630*305/307(497.6 PC)(0.034.4)

МАРЧЕТА, Дане, 1979-

Skidéri u šumarstvu Republike Srpske / Dane Marčeta. - Banja
Luka : Univerzitet u Banjoj Luci Šumarski fakultet, 2025 ([S. l. : s.
n.]). - 1 USB флеш меморија : текст, слика ; 1 x 2 x 7 cm

Системски захтјеви: Нису наведени. - Насл. са насл. екрана. -
Ел. публикација у PDF формату опсега 175 стр. -
Библиографија: стр. 165-175.

ISBN 978-99938-56-59-7

COBISS.RS-ID 143070721