

UDK: 630*3

ISSN 1845-8815

NOVA MEHANIZACIJA ŠUMARSTVA



Nova meh. šumar. • Godište (Volume) 26

2005

TIBOTRAC FM 03 - prvi hrvatski šumski zglobnik na biodizelsko gorivo

Indeks kotača kao parametar procjene okolišne prihvatljivosti vozila za privlačenje drva

Prilog poznavanju iznošenja drva šumskim žičarama



Novi časopis – Nova mehanizacija šumarstva

Časopis *Mehanizacija šumarstva* počeo je izlaziti 1976. godine. Uglavnom je izlazio četiri puta na godinu. Od 2005. godine pravni su sljednici časopisa *Mehanizacija šumarstva* časopis *Croatian Journal of Forest Engineering* (CROJFE) i časopis *Nova mehanizacija šumarstva* (NMŠ). CROJFE izlazi dva puta na godinu (30. lipnja i 31. prosinca) na engleskom jeziku uz naslove i podnaslove, opise slika i tablica te širi sažetak rada na hrvatskom jeziku. NMŠ izlazi jednom u godini (31. prosinca) na hrvatskom jeziku uz naslove i podnaslove, opise slika i tablica te kraći sažetak rada na engleskom jeziku.

U časopisu NMŠ želimo objavljivati stručne članke, pregledne članke, prethodna priopćenja, ali i znanstvene radove iz područja šumarskoga inženjerstva koji će kontinuirano pridonositi uspješnijoj razmjeni informacija, predstavljanju ideja i vizija,

suprotstavljanju mišljenja s konačnim ciljem razvitka i boljitka šumarskoga inženjerstva u Hrvatskoj.

Pronaći će se tu, zasigurno, i pokoji koristan savjet, sugestija ili smjernica djelovanja kolegama šumarima koji se sličnom problematikom bave izvan granica naše zemlje. Nadamo se, vjerujemo i znamo kako jedino zajedničkim djelovanjem i stalnim nastojanjem svih sastavnica hrvatskoga šumarstva možemo ostvariti napredak prema još boljemu gospodarenju hrvatskim šumama i još snažnijemu prožimanju bioloških, tehničkih i organizacijsko-ekonomskih sastavnica šumarstva.

Stoga upućujemo otvoren poziv svim potencijalnim autorima da pošalju članak za jedan od idućih brojeva NMŠ. Svi će prispjeli članci biti recenzirani, a oni pozitivno ocijenjeni objavljeni u časopisu.

T. Pentek

TIBOTRAC FM 03 – prvi hrvatski šumski zglobnik na biodizelsko gorivo¹

Stanislav Sever, Stjepan Puljak

Nacrtak – Abstract

Zbog vrijednosti dobivenoga drva glavnomu se prihodu u iskorištavanju šuma tijekom mehaniziranja posvećivala (i posvećuje) posebna pažnja, jer se time ostvaruje (naj)veći prihod i postiže (naj)veća proizvodnost pri pridobivanju najvrjednijih sortimenata. Šezdesetih su se godina počeli konstruirati i proizvoditi šumski traktori namijenjeni samo za privlačenje drva. Bili su to traktori mase preko 6 t, pa i dvostruko veći. Budući da i u glavnome prihodu sudjeluju sitniji sortimenti, njih se nastojalo i dalje privlačiti prilagođenim poljoprivrednim traktorima ili, ako nije bilo posla za velike zglobne traktore, tzv. skidere, privlačenje se obavljalo njima. U hrvatskome je šumarstvu sredinom osamdesetih godina jasno iskazana potreba za stvaranjem domaćega srednjega šumskoga traktora mase do 4 t koji je trebao zadovoljiti barem dvije zadaće: (a) biti svojim svojstvima pogodan za privlačenje drva iz redovitoga prethodnoga prinosa drva u proredama te iz prethodnoga slučajnoga prinosa (sušci, snjegolom, vjetrolom, ledolom...) odnosno ogrjevnoga i industrijskoga drva, tzv. višemetrice, (b) trebao je pomoći u diobi privlačenja drva vučom po tlu vitlom odnosno s jednim podignutim krajem, između srednjih i teških zglobnika, jer je nerijetko obujamni udio prethodnoga prinosa dosizao i polovinu ukupnoga etata. Tako je koncem osamdesetih nastala prva generacija domaćih zglobnika mase do 4 t. Nakon oko 50 proizvedenih traktora ECOTRAC V-1033 F, zbog novonastalih okolnosti u hrvatskome gospodarstvu početkom 90-ih nastavljena je ta proizvodnja, ali se i odvojeno pokušavala tražiti nova, druga generacija zglobnika, ponajprije s poboljšanim ergonomskim značajkama. Mnoge su okolnosti pridonijele ubrzanju osmišljaja treće generacije traktora. Predmet su ovoga članka opisi prototipova druge i treće generacije navedenih srednjih šumskih zglobnih traktora.

Ključne riječi: srednji šumski skider, biodizelsko gorivo, istovrsno ulje za sve traktorske sastavnice, ergonomska svojstva

1. Uvodne pripomene – Introductory notes

O 20-oj godišnjici dogovora hrvatskih šumara da se iz domaćih sastavnica izradi srednji šum(ar)ski zglobni traktor (18. svibnja 1985), prvi je put u hrvatskim šumama, u Nacionalnome parku Risnjak (4. svibnja 2005), privlačeno drvo trećom generacijom

hrvatskoga srednjega zglobnika čiji je motor koristio obnovljivo biorazgradljivo biodizelsko gorivo iz repičina ulja. U odnosu na prvu generaciju traktora, koji je bio namijenjen ponajprije radu u proredama i privlačenju tanje oblovine i koji je bio konstruiran i izrađen s domaćim Dieselskim motorom, mjenjačem, prijenosnikom, mostovima, radnim sastavnicama (ECOTRAC V-1033 F), druga i treća generacija trak-

¹ Izradbu je prototipa srednjega šumskoga zglobnika novčano potpomoglo Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa RH-a prema odabiru Tehnologijskoga vijeća, a u okviru programa TEST-HITRA. U ostvaraju projekta sudjelovala je ustanova glavnoga istraživača Brodarski institut d.o.o., Zagreb, te suradnička ustanova »3. MAJ« – TIBO d.d., Matulji. Tijekom izgradnje, a posebno tijekom probnoga rada, mnogim objavama traktor je promicala Akademija tehničkih znanosti Hrvatske. Konačno, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva RH-a organiziralo je 15. srpnja prvo veće javno predstavljanje zglobnika. Autori su članka predlagatelji i konzultanti pri ostvaraju projekta.

tora zadržala je istu namjenu, tek je u dva koraka unapređivala ergonomske i ekološke značajke: povećana je humanizacija rada, a šumom se kretao znatno pogodniji traktor, okolišno prijateljsko vozilo naše, šumarske strane. Dakle, dosegnuta su dva cilja: (I) zaštita okoliša koja je postala značajan čimbenik pri odlučivanju o radnim postupcima i izboru radnih sredstava prestala je to biti samo prazan izričaj i (II) zahtjevi za humanizacijom šumskoga rada približili su se onima iz (naj)razvijenih zemalja u slučaju da se stvarno želi raditi u mnogim hrvatskim šumskim ekosustavima koji se preko pola stoljeća zaštićuju raznim stupnjevima zaštite, npr. trenutno postoji 8 nacionalnih parkova i 10 parkova prirode, što uz druge oblike zaštite obuhvaća oko 11 % hrvatskoga ozemlja, a preko 60 % njihova zaštićenoga teritorija pokriveno je šumom kojom treba gospodariti prema mnogo strožim pravilima, ako nisu potpuno izuzeti iz gospodarenja. Dakle, više nije trebalo tražiti izvan Hrvatske pogodno sredstvo rada za najosjetljiviji posao, privlačenje sitnoga drva po bespuću. Nadalje, u ovodobnosti se od Hrvatske traži prilagodba zakonima i propisima EU-a tijekom pristupnih pregovora kao predloženice za članstvo u EU-u, što razumijeva i odgovornost za zaštitu okoliša, zahtijeva se i potiče uporaba obnovljivih energenata, te biorazgradljivih goriva i ulja na vozilima u prometu i posebno onima koja se kreću izvan putova. Sve je to, i još mnogo neiskazanoga, bilo sažeto u projektnome zadatku tehnologijskoga projekta (TP) programa TEST nekadašnjega Ministarstva znanosti i tehnologije, ovodobnoga Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa za novčanu pomoć pri stvaranju nove generacije traktora, što je i podržano i što je omogućilo oživotvorenje projekta izradbe prototipa srednjega šumskoga zglobnika treće generacije.

2. Sažeti pregled dosadašnjega rada na razvoju srednjega zglobnika – *Short review of past research on medium skidder development*

O dvije bitne zadaće, (1) kako kao pogonsko gorivo koristiti biodizelsko gorivo, a sve traktorske sastavnice podmazivati jednom vrstom biorazgradljivoga ulja (nefosilno, sintetsko ili ulje biološkoga podrijetla) te (2) kako ostvariti humanizaciju rada vozača približno onakvoj kakva je postignuta u traktorima višestruko veće mase (pogodnije sjedalo, dvostruko upravljanje – svesmjernikom i volanom, dalje poboljšanje ergonomske značajki radne okoline, posebno što se tiče buke, vibracija, klimatskih uvjeta i dr.), bilo je podosta objava i priopćenja, ponajčešće temeljenih na međunarodnim dogovorima, deklaracijama i sl., kao i smjernicama i odredbama

EU-a. U okviru možebitno novoga programa i raspoloživih sredstava traktor će se ispitati, kao što je već ispitana kabina, u nekoj od zemalja EU-a u skladu s njihovim i međunarodnim normama i smjernicama. Naravno da se u slijed razvoja druge i treće generacije srednjega šumskoga zglobnika ubraja i sva djelatna na prvoj generaciji istovrsnoga traktora. U nizu objava (Goglia i Gnjilac 1997, Goglia i dr. 2002, HATZ, 2005, Klak i dr. 2005a, Klak i dr. 2005b, Klak 2005a, Klak 2005b, Pleše 2005, Radaković 2005, Radić i Beatović 2005, Sever i dr. 1985, Sever i dr. 1986, Sever i dr. 2005, Sever 2005, Sever i Klak 2005, ostale objave novinskih agencija i novina, na internetskim stranicama tvrtki i dr.) obrazloženi su razlozi stvaranja domaćega srednjega zglobnoga traktora, njegova svojstva, odlike i nedostaci, sve u odnosu na plan želja. Masa mu je bila 3460 kg, omjer opterećenja prednjega i stražnjega mosta 56 : 44, nazivna snaga pogonskoga motora 33 kW, imao je 6 brzina naprijed i 2 natraške, kut loma zgloba $\pm 42^\circ$, dvobubanjno vitlo s vučnom silom 35 kN po bubnju (početni je usporedni raspored vratila bubnja napušten i zamijenjen redno smještenim bubnjevima), najveća širina traktora bila je 1600 mm, razmak osovine 1900 mm, transportna duljina na putu 4400 mm, vanjski polumjer okretanja 3,5 m, udaljenost najnižega mjesta traktora od tla 400 mm itd. Poslije oko 50 proizvedenih traktora u Tvornici traktora u Bjelovaru, dijelom sklopljenih u radionici Šumarije Bjelovar Uprave šuma Bjelovar, proizvodnja je nastavljena u bjelovarskoj tvornici Metalservis TAD, danas Hittner d.o.o., naravno s određenim unapređenjima. Stvarna druga i treća generacija srednjega šumskoga zglobnika započela se razvijati koncem 1999. u tvrtki »3. MAJ« – TIBO, d.d., Matulji, onoj istoj u kojoj je projektirano i izrađeno podvozje (šasisija) za veliki šumski skider SILVA S-101 koji je proizvelo ŠG Vrbovsko u svojoj Mehaničkoj radionici. Druga je generacija srednjega zglobnika predstavljena javnosti na Slovenskim danima šumarstva u Kočevju 2002, a treća 2005. na Danima hrvatskoga šumarstva u Karlovcu. Stvarni je rad traktora treće generacije s uporabom biodizelskoga goriva u proizvodnim uvjetima započeo 4. svibnja 2005. u NP Risnjak, gdje je četrdesetak dana poslije, 15. srpnja, u organizaciji Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva RH-a pokazan i javnosti.

3. Druga i treća generacija srednjega šumskoga zglobnika – *The second and third generation of medium skidder*

Početak se razvoja druge generacije odnosio na unapređenje ergonomske značajki traktora: gradnje nove kabine, poboljšanja nekoliko bitnih sastavnica

upravljanja traktorom, kao i radnim sastavnicama (vitlo, motor, prednja i stražnja daska...), ali i nekih mehaničkih svojstava poput snage motora, konstrukcije pogodnijih daski s novim mogućnostima rukovanja vučenoga tereta i dr., te svekolikoga podizanja razine sigurnosti.

3.1. Neke odrednice i ostvaraji pri razvoju druge generacije zglobnika – *Some guidelines and achievements in the development of the second generation skidder*

Uz zadržavanje temeljne namjene – privlačenja drva iz srednjih i kasnih proreda, tzv. sušaca i tanke oblovine iz konačnoga sijeka – dimenzijama i zglobnim upravljanjem te rasporedom brzina (naprijed – natraške) s nužnim prilagođavanjem karakteristika za rad u šumi, druga je generacija zglobnoga traktora zadržala ostvaraje dosegnute prvom generacijom. Tako su četiri nesinkronizirane brzine naprijed i jedna natraške udvostručene s reduktorom za brzi/spori hod, dakle vozač sada raspolaže s 8 + 2 brzine, diferencijali se automatski blokiraju, a ručno/nožno ponovno uključuju, nema preticanja traktorskih mostova – sve je to zadržano i pri drugoj generaciji traktora. Nadalje, svrhovita okretljivost po bespuću i traktorskim putovima te relativno mali polumjer okretanja omogućili su smanjeno ozljeđivanje preostalih stabala te održano neznatno gaženje i zbijanje šumskoga tla. Uz šumsko se vitlo (tip, proizvođač) i druga oprema isporučuje po izboru kupca: tip prednje i stražnje daske, s daljinskim upravljanjem ili bez njega i dr. Proizvođač traktora »3. MAJ« – TIBO d.d., Matulji, konstruirao je i izrađivao sve prijenosnike, uključujući i završne planetarne reduktore u traktorskim kotačima (za prvu generaciju zglobnika planetare je izrađivala zagrebačka tvornica alatnih strojeva i druge opreme »Prvomajska«, Zagreb, s prijenosnim odnosom 1 : 8). U mehaničke dorade vrijedi pribrojiti i poboljšanje pogona vitla preko uključno-isključne spojke. Inačice su (a) izborno upravljanje vitlom iz kabine ili daljinski radijskim putem, (b) prednja odzivna daska uobičajena na skiderima, ili prednja podizno-odrivna okretna daska/žlica (okretanje oko 90°) kojom se može ograničeno uhrpavati privučeno drvo na pomoćno stovarište te (c) stražnja daska koja može biti čvrsto vezana na traktor ili hidraulično podizana, čime služi za sidrenje te time zaštitu preostalih dubećih stabala, na primjer, od oslanjanja traktorskih kotača tijekom privlačenja drva vitlom od panja odnosno mjesta izradbe do traktorskoga stajališta, pri oblikovanju snopa tereta te podizanja njegova prednjega, tanjega ili debljega kraja tijekom vuče. Upravljanje je traktora zglobno preko servoupravljača i dvaju hidrauličnih cilindara za međusobno zakretanje prednjega i stražnjega dijela

samonoseće konstrukcije traktorskoga podvozja ($\pm 36^\circ$). Pri privlačenju vitlom stabilnost se traktora povećava blokadom zglobnih cilindara te zauzimanja traktorskoga položaja bez loma u zglobu, uz istodobno automatsko isključivanje mogućnosti pokretanja traktora. Poprečne se neravnine pri kretanju po šumištu svladavaju prednjim njihajućim mostom ($\pm 19^\circ$). Kabina je traktora zvučno i toplinski izolirana te s podvozjem elastično povezana s četiri gumena prigušivača na samonoseću šasiju. Krutost je kabine ostvarena sa zaštitnim okvirom i zaštitnim profilima ispred kabine radi zaštite od udara grana te zaštitnom mrežom na stražnjem i bočnim prozorima s otvorima manjima od 40 cm \times 40 cm. Potpuno novi dizajn kabine i motornoga pokrova ostvaren je izdvojenim projektom pod vodstvom Z. Novaka i tvrtke M.T.A. d.o.o., Rijeka, te konstrukcijskoga odjela tvrtke »3. MAJ« – TIBO d.d., Matulji, proizvođača traktora (kolovoz – rujan 2001). U kabinu je ugrađen i klimatizacijski uređaj. Stražnje kaljeno, sigurnosno staklo te istovrsna stražnja bočna stakla zaštićena su uklonjivom mrežom. Pogonski 3-cilindrični Dieslov motor HATZ 3 M 41 zračno je hlađen, s izravnim ubrizgavanjem goriva, stapajnoga obujma 2574 cm³. Najveća je snaga motora pri 3000 min⁻¹ 42 kW, a najveći se moment od 164 Nm ostvaruje pri 2000 min⁻¹. Motor ima ugrađen dvorežimski regulator frekvencije vrtnje.

Traktori za privlačenje drva dijele se prema KWF-u u tri razreda (Backhaus i Bandt 2003): (I) mali traktori <50 kW, (II) srednji traktori >50 – 80 kW, (III) veliki traktori >80 kW. Razlog što se razmatrani tip traktora uvriježeno smješta u skupinu srednjih, a ne u male traktore kako bi prema snazi motora i navedenoj razredbi odgovaralo, leži u činjenici da se treba razlikovati od svojedobno u Hrvatskoj razvijanoga miniskidera (maloga traktora za privlačenje odnosno iznošenje sitnoga drva), tzv. šumskoga konja.

Hidraulični sustav radi s dvije crpke radnoga tlaka 120 bar (12 MPa) (i) protoke 16 cm³/okr. (48 L/min) za potrebe upravljanja traktorom te radom prednje i stražnje daske, odnosno (ii) 4 cm³/okr. za blokadu zgloba. Radne su odnosno parkirne kočnice (isti kočnični sustav) nožno i ručno uključivane, dvije s po dvije lamele u prednjem mostu uronjene u ulju, smještene u prostoru lijevo i desno između diferencijala i završnoga planetarnoga reduktora. Dužina je traktora druge generacije u vožnji 4700 mm, najveća 4850 mm, širina 1740 mm, visina 2400 mm, međuosovinski razmak 1900 mm. Ukupna je masa neopterećenoga traktora 3843 kg: 65,4 % otpada na prednje kotače, 34,6 % na stražnje. Polumjer je okretanja 3,77 m. Najveća je izmjerena nazivna sila praznoga bubnja vitla 34 kN. Rezultati ispitivanja nekih tehničkih i ergonomskih značajki ove generacije trak-

tora izneseni su u izvješću iz lipnja 2002. (Goglia i dr. 2002). Izvješće je rađeno na osnovi Pravilnika o temeljnim zahtjevima za traktore za poljoprivredu i šumarstvo (DZNM 2001). Tim je ispitivanjem obuhvaćeno cjelokupno utvrđivanje značajki traktora osim određenih provjera sigurnosti kabine, provjera karakteristika motora (koje se obvezno dobivaju od proizvođača motora) te vučne snage vozila. Naveden je bio razlog posebne pažnje posvećene ispitivanju sigurnosti kabine treće generacije traktora u skladu s normama ISO-a. Vrijedi naglasiti da se hrvatski Pravilnik temelji na odgovarajućem OECD-ovu Pravilniku za službena ispitivanja poljoprivrednih i šumarskih traktora (OECD 1998). Vlastito šumsko vitlo ispitano je i ocijenjeno na temelju odgovarajućih normi ISO-a. Buka i vibracija mjerene su i ocijenjene u skladu sa Zakonom o zaštiti na radu RH-a i odgovarajućim hrvatskim normama, jer su njihovi zahtjevi sveobuhvatniji od Pravilnika OECD-a. Ergonomske su ocjene traktora ustanovljene na temelju ispitnih provjernih, ponajprije njemačkih, kanadskih i skandinavskih (npr. Frumerie /ur./ 1999).

3.2. TIBOTRAC FM 03 – treća generacija srednjega šumskoga zglobnika – *TIBOTRAC FM 03 – the third generation medium skidder*

Uz mnoge druge okolnosti, nekoliko ih je ubrzalo početak rada na trećoj generaciji manjega šumskoga zglobnika, npr. rast zahtjeva za zaštitom okoliša, sve stroža propisnost oko humanizacije šumskoga rada, pa tako i rada vozača traktora koji često sjedinjuju posao traktorista s radom kopčaća pri prihvatu tereta, rast zaštićenosti hrvatskoga ozemlja, posebno vrijednih šumskih ekosustava. Trenutno, uz mnoge nove poticaje, Hrvatska ima 8 nacionalnih parkova te 10 parkova prirode, tako da je uz druge vrste niže razine zaštite oko 11 % hrvatskoga teritorija na neki način zaštićeno, a na njemu oko 60 % površine čini šumište, što zahtijeva mnogo stroža pravila gospodarenja. A pristupni pregovori s Europskom unijom već u razdoblju provjere pouzdanosti i sklada hrvatskoga zakonodavstva s onima u EU-u, gdje i oko uporabe obnovljivih energenata, biorazgradljivih ulja, ograničenja emisije Dieselovih motora, novih ergonomske uvjeta na radnim mjestima vozača vozila koja se kreću po bespuću, ali i šinskih i plovnih prometala, te njegove izloženosti buci i vibracijama i dr., upravo traže i zahtijevaju nastavak razvoja druge generacije srednjega šumskoga zglobnoga traktora.

Sve to, kao i mnoge druge okolnosti, ubrzale su koncem 2003. osmišljaj tehnologijskoga projekta (TP) pri programima TEST-a da kod tadašnjega Ministarstva znanosti i tehnologije, odnosno ovodobnoga njegova sljednika Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa, ostvari povezu društva (države), znanosti

(znanja na sveučilištu i institutima) i proizvodnoga gospodarstva. To je u svijetu poznati model tzv. trostruke zavojnice (engl. *triple helix*) kojim se dolazi do uspješnih tvorevina, okolišno pogodnijih postupaka, pa time i zaštićenijega okoliša. Svakako da je dobra ugođenost svih sudionika preduvjet uspjeha projekta te iznošenja novoga uratka na tržište. To je ovodobni i sutrašnji hrvatski izazov.

3.2.1. Opojmljenje mehaniziranja privlačenja tzv. sitnoga tehničkoga drva – *Explanation of skidding mechanization of the so-called small technical wood*

Iz mnogo je razloga mehaniziranje pridobivanja tzv. sitnoga tehničkoga drva zahtjevnije od, primjerice, ostvaraja traktora koji se kreću po šumskome bespuću ili traktorskim vlakama i privlače krupne sortimente, njegove višekratnike ili cijela stabla. Ponajprije, takvo se drvo dobiva šumskim proredama kada se mora preostala sastojina sačuvati od ozljeđivanja, tlo od prekomjernoga gaženja i zbijanja, a tržišna je vrijednost pridobivenoga drva za približno isti posao mnogo manja od, na primjer, pilanskih i furnirskih trupaca iz konačnoga sijeka. A pritom se istodobno želi i zahtijeva da takva mehanizacija bude energetski štedljiva i jeftinija po jedinici urađenoga posla, npr. po privučenome kubnome metru drva po metru udaljenosti privlačenja ($\text{kn/m}^3 \cdot \text{m} = \text{kn/m}^4$), bez štetne emisije u okoliš i sl. (Sever i Knežević 1989).

3.2.2. Ekološko i ergonomsko motrište uporabe šumske mehanizacije – *Ecological and ergonomic aspects of forest mechanization*

Abeels (1994) razmatra posljedice za okoliš pri mehaniziranju šumskih radova. Pritom naglašava da neusiljeni i prirodni rast šume treba podržavati i proredama i sječom za uspješni napredak. A to se osim ručno uspješno ostvaruje i mehanizirano za sve vrijeme života sastojine te tako ubrzava rast u visinu i postizanje kakvoće pridobivenoga drva. No, svaki zahvat nosi rizike, bilo zbog uporabljenoga alata, različitih strojeva, a ponajprije traktora kao glavnoga pogonskoga stroja za vuču ili pogon drugih radnih strojeva koji se kreću po sastojini. Sve to kao i mnoge posebnosti hrvatskih šuma, gospodarstva, tehničke osposobljenosti i sl., razmatrane su i u okviru mogućnosti ostvaraja pogodnoga prorednoga traktora nove generacije usklađene s postojećim i sutrašnjim smjericama EU-a.

Skup FORSITRISK (ljetu 1994; Abeels 1994) FAO/ECE/ILO-a navodi da međudjelovanje tla, drveća i strojeva u šumskim postupcima treba razmatrati s različitih motrišta: *tlo i bilje ususretno se sudaraju s mehanizacijom; poremećuju se, preinačuju, mijenjaju, pa*

se i oštećuju i šuma i alati i strojevi pri mehaniziranju radova, mjernim postupcima i tehnici obnove (uzgajanja) šuma. Pri pripremi tehnologijskoga projekta, jednako kao i prije 20 godina pri izradbi idejnoga projekta, temeljnom se raščlambom nastojalo pomiriti suprotnosti dviju strana, šumskoga ekosustava i tehnike (Sever i dr. 1985, 1986).

Jednako kao ekološkim čimbenicima, pristupilo se i rješavanju suodnosa čovjeka i tehnike odnosno radne okolice, nastojeći zadovoljiti mnoge ergonomske zahtjeve. Obje su zadaće veoma isprepletene i zahtjevne pri tražnji što manje dodirljivosti i međudjelovanja. Što se tiče vozača traktora, koji istodobno mora obavljati i neke poslove šumskoga radnika, osim prikladne odjeće i obuće, važna je zadaća bila održati buku i vibracije na što nižoj razini. Pritom je kabina posebno ispitana zadovoljava li međunarodne sigurnosne norme (ISO, OECD...), odabrano je vrhunsko sjedalo, sustav je rukovanja razvijen u skladu s normama koje se ostvaruju kod velikih skidera i forvardera, odnosno procesora i harvesteri. Zadovoljenje i ovodobnih kriterija što se tiče razine buke u kabini i njegovoj okolini već je druga generacija osigurala granicu dopuštene vrijednosti od 85 dB(A) razine buke kraj vozačeva uha u kabini njezinim smanjenjem od 14 do 20 % u odnosu na prvu generaciju (Goglia i dr. 2002). Budući da je time riješeno izričito nezadovaljavajuće stanje buke u kabini prve generacije zglobnika ECOTRAC V-1033 F (Goglia i Gnjilac 1997), u trećoj su generaciji razvojni naponi usmjereni na sjedalo, poboljšanje zvučne i toplinske izolacije kabine te provjeru njezine čvrstoće.

3.2.3. Tehničke značajke zglobnika TIBOTRAC FM 03 – *Technical characteristics of skidder TIBOTRAC FM 03*

Pogonski motor s prijenosnicima zadržan je u trećoj generaciji i istovjetan je onomu ugrađenom u drugu generaciju. Sve su promjene, osim popravaka ili unapređenja sastavnica čiji su nedostaci uočeni tijekom probnoga rada u šumi, usmjerene na približavanje smjernicama EU-a u svezi s ekološkim i ergonomskim zahtjevima. Tako su, na primjer, motor i njegovi priključci, uporabljeni u drugoj generaciji, dorađeni zamjenom crijeva, filtra i brtvi kako bi se moglo koristiti biodizelsko gorivo. Radi što jednostavnijega rukovanja hidrauličnim sustavima, osim uporabe bioulja, odabrano je jedno ulje za podmazivanje motora, prijenosnika i hidrauličnih sastavnica. Da bi se smanjile posljedice zbijanja tla, odabrani su šumski pneumatici i lanci, koji uz to osiguravaju i veću trakciju. Na tehničke značajke u svezi s ergonomskim zahtjevima bitno je utjecalo preinačenje načina upravljanja traktorom i radnom opremom, ponajprije vitlom i prednjom odnosno

stražnjom daskom. Novoodabrano sjedište omogućuje upravljanje traktorom te svim radnim sastavnicama i motorom (vitlom, s obje daske i dr.), svesmjernikom, tzv. džojstikom, učvršćenim na naslonu uz, u skladu sa smjernicama EU-a, zadržano upravljanje traktorom i volanom pri vožnji brzinom većom od 20 km/h. Povezba je kabine s podvozjem u odnosu na prethodnu generaciju traktora poboljšana izborom četiriju povoljnijih gumenih prigušnika. Od ostalih poboljšanja vrijedi spomenuti unapređenje elemenata zgloba, izbor vjerodostojnijega proizvođača hidraulične glave volana, zamjena hidrauličnih ventila na daskama, dodatno ugrađene poluge za uključivanje/isključivanje kardanskoga vratila za pogon vitla, dodatno ugrađen uljni hladnjak s termostatom za rashlađivanje ulja u sustavu upravljanja traktorom i njegovim radnim dijelovima, unapređeno daljinsko upravljanje vitlom i traktorom. Tako su iz sigurnosnih razloga stalno na raspoložbi dva predajnika i dr.

U odnosu na drugu generaciju TIBOTRAC-a težište se traktora s blokiranim zglobovima (ISO 789-6: 1993) nalazi približno na uzdužnoj osi traktora, oko 1246 mm udaljeno od osi stražnjega mosta, na visini od 906 mm. U prvome desetljeću uporabe zglobnih traktora u šumarstvu bilo je jasno da zglobno upravljanje omogućuje, pod istim uvjetima, raspolavljanje polumjera okretanja, ali i da donosi probleme stabilnosti u odnosu na traktore upravljane preko prednjih kotača. Upravo je to bio razlog posebne izobrazbe i pripreme vozača skidera za rad sa zglobnim traktorom, iako je prije već radio na privlačenju drva prilagođenim poljoprivrednim traktorom. Stabilnost traktora određuje razmak kotača, vozni trag i položaj težišta (Krohn 1979, Sever i Horvat 1987). Pritom pri konstruiranju treba razmatrati visinu njihajuće osovine (uobičajeno je to kod skidera prednji most, rjeđe određeni stupanj rotacije oko zgloba), položaj pojedinačnih težišta prednjega i stražnjega dijela traktora, vrsta pogona, dinamički utjecaj pri vožnji, rad vitlom pri mirovanju traktora itd. Mehanizam za blokadu zgloba važan je tijekom privlačenja tereta vitlom do traktora jer omogućuje povećanje stabilnosti. Ovaj se postupak može ostvariti samo pri zaključenom traktoru ručnom kočnicom na kojoj je ugrađen krajnji prekidač koji isključuje električno napajanje elektromagnetnoga ventila da se ne bi tijekom vožnje mogla uključiti blokada zgloba (spuštena ručna kočnica). Klirens, najniža točka kućišta, ostala je kao u drugoj generaciji na udaljenosti 370 mm od tla.

U odnosu na prvu i drugu generaciju zglobnika treća je generacija povećane ukupne mase: druga je generacija teža za 11 %, a treća generacija za 22 % u odnosu na prvu generaciju; razlog je ojačanje kabine te prednje i stražnje daske. Omjer je opterećenja mo-

stova zadržan približno isti: oko 34 % praznoga traktora otpada na stražnji most, a 66 % na prednji most. Predmetni je traktor zadržao uvriježeni omjer prednjega i stražnjega mosta skidera oko 2/3 : 1/3.

Zadržano je samonoseće podvozje (šasijski) traktora, pri čem povezba svih kućišta bitnih dijelova prijenosnika čini nosivu cjelinu drugih sastavnica (nema samostalnu neovisnu šasiju poput većih zglobnih traktora). Osim značajki samonoseće šasije preuzete od prve generacije zglobnoga traktora (ECOTRAC V-1033 F) preuzete su i kinematske značajke prijenosnika.

3.2.4. Pogonsko gorivo i mazivo za podmazivanje traktorskih sastavnica – *Fuel and oil for lubrication of tractor components*

Pogonski motor, prijenosnici, hidraulične sastavnice traktora (upravljanje traktorom, kao i prednjom i stražnjom daskom) te hidraulične sastavnice vitla podmazuju se jednim biorazgradljivim uljem (*Planto hydramot* SL SAE 5W-40). Ukupno je za jednu izmjenu potrebno oko 85 L ulja. Upravljački se hidraulični sustav za upravljanje vitlom nastoji prilagoditi jedinstvenom ulju *Planto hydromat* te zamijeniti prije korišteno ulje API GL-3 (jedno je punjenje 4 L). Za podmazivanje pokretnih dijelova koristi se višenamjenska mast LIS 3 s većim brojem mazalica: na podvozju 18, na prednjoj daski 12 te stražnjoj daski 14. O zamjeni fosilnih teško razgradljivih ulja razgradljivima biouljima, neškodljivima za šumski okoliš, nedvojbeno je ispunjena zadaća u zaštićenim područjima (Auguštin i dr. 2000).

Pogonski motor može rabiti fosilno gorivo poput nafte, ali i različita obnovljiva goriva, kolokvijalno zvana biodizelsko gorivo (proizvedena od uljne repice, suncokreta i sl. uljarica, ali i gorivo dobiveno od ostatnoga prehrambenoga ulja). Među ostalim, ovo je prilagođavanje motora za rad s biorazgradivim obnovljivim gorivom temeljeno na svekolikoj strategiji preustroja energetskoga sektora EU-a. On je započeo objavom tzv. *Bijele knjige* te prihvaćanjem niza smjernica o zahtjevanome rastu udjela obnovljivih energenata, na primjer, Direktiva 2003/30/EC o poticanju biogoriva u prometu. Svakako je i drugo prednosno područje, zaštita okoliša i energetska učinkovitost, bilo razlogom više za poticaj unapređenja traktorskoga pogona. Zahtjev je proizvođača pogonskoga motora bio zadovoljenje svojstava goriva prema normama DIN EN 14214 i DIN EN 51606 (odnosno DIN 51605). U Hrvatskoj se gorivo mijenja u četiri određena godišnja razdoblja: (1) 16. 4. – 30. 9. → točka filtrabilnosti 0 °C; (2) 1. 10. – 15. 11. → -10 °C; (3) 16. 11. – 29. 2. → -15 °C; (4) 1. 3. – 15. 4. → -10 °C (Anon. 2004). S obzirom na klimatske značajke brdske Hrvatske, za treće razdoblje vjerojatno vrijedi

uzimati gorivo s točkom filtrabilnosti do -20 °C s obzirom na može bitno ostavljanje traktora noću na otvorenome ili u negrijanim nadstrešnicama (tako je propisano i normom DIN EN 14214). Normirani pregled zacrnjenosti ugrađenoga motora HATZ 3 M 41 pokazao je da ona iznosi 0,63 m⁻¹, što je približno četvrtina dopuštene vrijednosti, dok je tzv. širina pojasa iznosila tek 16 % od dopuštenoga iznosa. Očekuje se od biodizelskoga goriva da će sitne čestice čađi (sve čestice sitnije od 10 µm) biti još manje zastupljene u ispušnim plinovima. Direktiva 2003/30/EC Europskoga parlamenta i Vijeća o promicanju uporabe biogoriva ili drugih obnovljivih goriva za transport smjernica je mnogoga budućega ponašanja u Europskoj uniji u svezi s obnovljivim energentima, dopuštenoj emisiji stakleničkih plinova, zamjeni fosilnih goriva obnovljivima i sl. Predmet svega bavljenja pri izradbi prototipa treće generacije srednjega skidera bilo je biodizelsko gorivo. Dok je motor druge generacije skidera bio pogonjen fosilnim gorivom, naftom, emisija štetnih tvari iznosila je oko 0,3 % (čvrste čestice, sumporni dioksid, ugljikovodici, ugljični monoksid te dušični oksidi), uz preko ¾ dušika, blizu 10 % kisika te oko 7 % vodene pare i isto toliko ugljičnoga dioksida. Od uporabe biodizelskoga goriva dobivenoga od uljne repice očekuje se smanjenje CO₂ za oko 80 %, CO za oko 10 %, ugljikovodika oko 35 %, krutih čestica čađi za oko 50 %, sumpor će se pojavljivati u tragovima, dok s (di)dušičnim oksidima postoje problemi jer je njihova emisija pri uporabi biogoriva oko 13 % veća, ali (di)dušične okside katkada pretvara u bezopasne nitroгене. Naravno, neki od štetnih, pa i ozonskih plinova koji nastaju izgaranjem biodizelskih goriva nestaju u kružnom procesu biljne fotosinteze kojom se dobiva tvorivo (sirovina) za dobivanje goriva. Zbog svoje biorazgradljivosti biodizelsko se gorivo ubraja u klasu prve razredbe tekućina u svezi s opasnošću za podzemne vode, bez posebnih propisanih uvjeta za njegov prijevoz i skladištenje. I motor se bolje podmazuje pri uporabi biodizelskoga goriva te mu je vijek trajanja produljen, što je provjereno kako na cestovnim vozilima (npr. autobus s prijeđenih 270 000 km), tako i na šumskim traktorima s neprekinutim desetogodišnjim pogonom Diesellovih motora petnaestak šumskih traktora odnosno posebnih šumskih samohodnih strojeva te drugih vozila (kamioni) isključivo biodizelskim gorivom (Rakel 2005). Direktiva EU-a iz svibnja 2004. propisuje za razdoblje od srpnja 2005. do 2014. postupno pooštavanje dopuštene emisije Diesellovih motora (Sever i dr. 2005). Posebno su za šumarstvo i njegove potrebe važne promjene za traktore koji se kreću po bespuću (svi traktori na privlačenje drva), po stovarištima, može bitno šumska šinska vozila (šumske željeznice) te plovila (teglači vodnih

tegljenica) (Weise 2005). Trenutno nema proizvodnje domaćega biogoriva (2020. bi prema predviđanjima vlastita proizvodnja trebala iznositi do 260 000 t). U ovome trenutku hrvatsko šumarstvo za svoje potrebe troši oko 30 000 t nafte. Za potrebe skidera treće generacije uvezeno je biodizelsko gorivo iz Austrije. U međuvremenu je i jedan traktor druge generacije prilagođen za rad na biodizelsko gorivo.

3.2.5. Provjera tehničkih i uporabnih značajki traktora – *Checking of tractor technical and performance characteristics*

Smjernica za određenje prvenstva pri utvrđivanju slijeda provjernih mjerenja bio je hrvatski *Pravilnik o temeljnim zahtjevima za traktore za poljoprivredu i šumarstvo* (DZNM 2001). Provjeru zadovoljenja skladnosti traktora s temeljnim zahtjevima obavljale su u drugoj i trećoj generaciji pravne osobe ovlaštene odredbama *Pravilnika*. Ukupna je duljina traktora treće generacije u vožnji 5038 mm, međuosovinski mu je razmak 1900 mm, najveća širina 1740 mm, te visina do podizne omče 2380 mm. Polumjer je okretanja traktora važan pokazatelj njegove pogodnosti za rad u porednim sastojinama. Budući da za zglobne traktore nije predviđeno normom ISO-a odnosno pravilnikom o ispitivanju traktora OECD-a utvrđivanje najmanjega polumjera/promjera okretanja uz jednostranu uporabu kočnica, to je ispitivanje provedeno za dva smjera kretanja, tzv. lijevi i desni (obrnuto od smjera kazaljke na satu i u smjeru satne kazaljke) te početak iz stanja mirovanja odnosno s nekom početnom brzinom (uobičajeno vožnja brzinom 7–9 km/h). Nadalje, mjeren je najmanji polumjer/promjer i najveći utvrđen za najistaknutiju točku traktora, tzv. klirensni polumjer/promjer. Kao i pri određenju brzine vozila i kočnoga puta, i pri određivanju graničnih polumjera okretanja upotrijebljen je diferencijalni uređaj GPS-a (*Global Positioning System*) za utvrđivanje položaja određene točke na zemlji. Upravljač (volan) za sve vrijeme vožnje pri okretanju bio je držan u krajnjem lijevom/desnom položaju. Pri pokretanju iz polazne točke iz stanja mirovanja najmanji se polumjer okretanja kretao 3,71 – 3,74 m (najveći, tzv. klirensni polumjer 3,91 – 3,94 m), a pri brzini u početnoj točki od 2,2 m/s bio je oko 10 do 12 % veći. Zaustavljanje je s hladnim kočnicama za treću generaciju traktora ustanovljeno pri polaznoj brzini oko 20 km/h za oko 2,5 s na putu oko 7,5 m, uz usporenje od približno 2 m/s². Vrijedi napomenuti da je na drugoj generaciji ustanovljeno usporenje bilo gotovo 3,5 puta veće, a za zagrijane kočnice oko 13,5 % manje od onoga pri hladnim kočnicama, što nije utvrđeno na traktoru treće generacije. Za taj je traktor potvrđeno da ga parkirna kočnica zadržava u stanju mirovanja na uzbrdici i nizbrdici od oko 36 %



Slika 1. Pogled s dviju strana u kabinu zglobnika sa sjedištem, svesmjernikom i upravljačem

Figure 1 – View from both sides into skidder's cabin with seat, joystick and steering wheel

(blizu 20°). Nije obavljena provjera na većim nagibima. Provjeravane su i sve raspoložive brzine pri najvećoj frekvenciji motora. Pri vožnji naprijed ona se kretala od najmanje oko 1,3 km/h do oko 25,5 km/h, a u vožnji natraške od 2,2 do oko 11,5 km/h. Vrijedi naglasiti da pritom nisu postizavani najveći brojevi okretaja motora koje je iskazao proizvođač (oko 3000 min⁻¹).

Novoodabrano traktorsko sjedište sa svesmjernikom na naslonu, iako u relativno malome kabinskom prostoru, omogućuje njegovo okretanje od 90° na svaku stranu, prilagođenost naslona za glavu, promjenu kuta i visine preklopnoga naslona za ruke, prilagođavanje nagiba i visine sjedala, uzdužno pomicanje sjedala, pomicanje sjedećega dijela sjedala, prilagodljivi prigušivač okomitih udaraca te uzdužni prigušivač udaraca (slika 1).

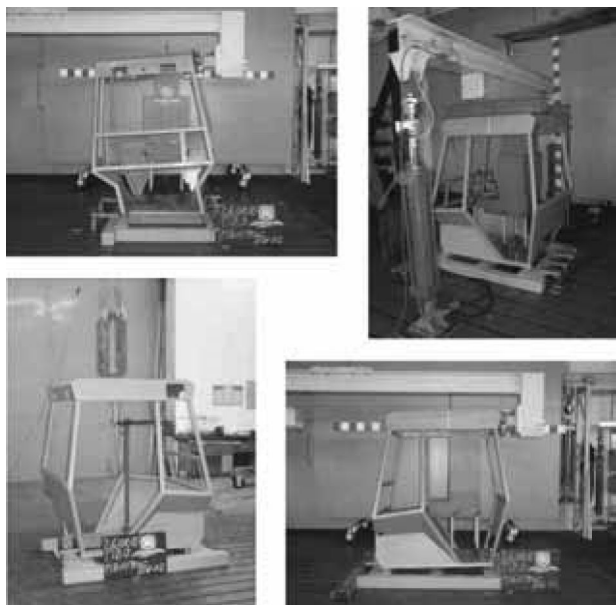
Provjera vibracija koje se prenose na tijelo radnika u sjedećem položaju učinjena je za obje razmatrane generacije zglobnika. No, zbog nevjerodostojnosti i neusporedivosti podataka ne iznose se rezultati. Zaključno će se predložiti da se sva ta i mnoga druga ispitivanja ponove kod treće neutralne strane (više v. u Sever i dr. 2005). Sve to vrijedi i za vibracije koje se prenose na vozačeve ruke te za mjerenje razine buke prema normama ISO-a. Ekstremni pokazatelj neusporedivosti mjernih rezultata utvrđena je buka koju stacionarno smješteni traktor odašilje u okolicu (najveće se ustanovljene vrijednosti odnose kao 1 : 1,76!?).

3.2.6. Normirano ispitivanje čvrstoće kabine – *Standardized testing of cabin strength*

Da bi se potvrdila ostvarena čvrstoća kabine u skladu s trima sastavnicama normiranih ispitivanja, proizvođač ju je provjerio na vlastitome privremeno ispitnome uređaju i prototipu kabine. Rezultati su bili pozitivni za prva dva ispitivanja: (a) ROPS – ISO 8082 Sigurnosti pri prevrtanju traktora (*Roll-*

-over protective structures), (b) FOPS – ISO 8083 Sigurnost traktora pri padu kojeg predmeta (*Falling-object protective structures*), dok je utvrđivanje opće sigurnosti kabine (c) OPS – ISO 4252 (*Objective protection safety*) i dr. urađeno prema naputcima za ergonomsku ocjenu pogodnosti traktora za rad na privlačenju drva (Frumerie /ur./ 1999, Rehschuh i Tzschöckel 1977, Sundquist /ur./ 1990, Hansson i Pettersson 1980, Zerbe 1979), prema kojima je i ocijenjena druga generacija TIBOTRAC-a (Goglia i dr. 2002). Zahtjev da se kabina testira u ispitivalištu pri DLG-u (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. – Prüfstelle für Landmaschinen, Gross-Umstadt, Njemačka), bio je i taj što nakon podnošenja ispitnog izvješća nije potrebno nikakvo daljnje potvrđivanje (tzv. certifikacija), odnosno utvrđivanje podudarnosti proizvoda sa znanim normama (homologacija). U izvješću ispitivanja kabine DLG Test Nr.: 2004 – 426 potvrđeno je ispunjavanje svih zahtjeva normi ISO u svezi s ispitivanjima ROPS i FOPS (DLG, 2004) (slika 2).

Opisani je zglobnik TIBOTRAC FM 03 4. svibnja 2005. prvi put privlačio drvo pri pokusnome radu rabeći biodizelsko gorivo na području NP Risnjak u Gorskom kotaru, gdje je 15. srpnja, oko četrdeset dana poslije u organizaciji MPŠVG-a te na poziv državnoga tajnika dipl. ing. šum. Hermana Sušnika pokazan hrvatskoj i slovenskoj stručnoj javnosti (slika 3).



Slika 2. Ispitivanje kabine zglobnika TIBOTRAC FM 03 prema normama ISO, tzv. ROPS i FOPS, u ovlaštenome ispitivalištu DLG-a, Njemačka

Figure 2 – Testing of skidder TIBOTRAC FM 03 cabin according to ISO standards, the so-called ROPS and FOPS, by the authorized DLG laboratory, Germany



Slika 3. Druga i treća generacija zglobnika spremna za prvo predstavljanje u radu na privlačenju drva (NP Risnjak, 15. srpnja 2005)

Figure 3 – The second and third generation of skidders ready for their first performance in timber skidding (NP Risnjak, 15. July 2005)

4. Kako dalje? – What next?

Umjesto zaključaka vrijedi nešto kazati o mogućim daljnjim putovima razvoja hrvatskoga srednjega zglobnika nakon cjelokupne provjere njegove treće generacije, no, nikako ne o ostalim programima drugih proizvođača. To je tema, možda, nekoga drugoga napisa o tome kamo ide hrvatska mehanizacija, o zagovarateljima raznih putova, a da mnogi zagovornici nisu svladali ni »m« od mehanizacije u šumarstvu ni šumarske mehanizacije [zainteresirani neka pročitaju jezično zrnice br. 36 u Meh. šumar. 21(1996)1: 20]. No, ponajprije bi u okviru programa i raspoloživih sredstava traktor trebalo ispitati, kao što je već ispitana kabina, u nekoj od zemalja EU-a u skladu s njihovim normama i smjernicama, gdje mu se ne bi događalo savijanje čelične poluge nosača stražnje daske ploštine presjeka oko 2800 mm², a da daska pri tome ostane nedirnut. Vjerojatno prvo treba sve šumske radove predati poduzetnicima, pa kada se učini dovoljno zlodjela šumi, vratiti razumni dio šumarima.

5. Literatura – References

- Abeels, P. F. J., 1994: Environmental consequences of operations in forestry. Communication to the conference »Scandinavian Forest Research in Europe: Operational Research«. Randers, Denmark, 1–7.
- Anon., 2004: Ispitivanje ispušnih plinova motornih vozila – EKO test. Centar za vozila Hrvatske, Stručni bilten, br. 107, 1–154.
- Auguštin, H., Dekanić, S., Martinić, I., Sever, S., 2000: Okolišno neškodljive hidraulične tekućine za šumarske strojeve – stanje i izglednost. Mehanizacija šumarstva 25 (1–2): 41–58.
- Backhaus, G., Bandt, W., 2003: Prüfgrundlage zur FPA-Prüfung – Rückschlepper mit Seilwinde. KWF, 1–76.

- DLG, 2004: Prüfbericht ISO 8083 (1989) und ISO 8082 (2003). Test Nr.: 2004 – 426. 6 + 10.
- DZNM – ravnatelj, 2001: Pravilnik o temeljnim zahtjevima za traktore za poljoprivredu i šumarstvo. NN, 75/2001, 1–17.
- Fruerier, G., (ur.), 1999: Ergonomic guidelines for forest machines. SkogForsk, Forestry Research Institute of Sweden, 1–85.
- Goglia, V., Gnjilac, D., 1997: Neke ergonomske značajke prototipa traktora ECOTRAC V-1033 F. Mehanizacija šumarstva 22(4): 199–207.
- Goglia, V., Horvat, D., Šušnjar, M., 2002: Izvješće o ispitivanju nekih tehničkih i ergonomske značajki šumskog prorednog skidera »TIBOTRAC«. Zagreb. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–72.
- Hansson, J.-E., Pettersson, B., 1980: An ergonomic checklist for transport and materials-handling machinery. Skogsarbeten, Stockholm, Sweden, 1–24.
- HATZ, 2005: Croatian Academy of Engineering, http://www.hatz.hr/hrv/tehnika/p35_ppt.html Accessed 7 June 2005. Prilagođeno izlaganje pod (13), 1–33.
- Horvat, D., Sever, S., 1999: Vergleichende Untersuchungen der technischen Eigenschaften von adaptierten und mit Forstwinden Ausgerüsteten landwirtschaftlichen Traktoren. Proceedings 33. International Symposium, »Mechanisierung der Walдарbeit«, Zalesina, Delnice, Senj, 1.–6. juli 1999., Zagreb, 1–11.
- Klak, S., Koroman, V., Milković, B., Krivičić, S., Puljak, S., Sever, S., 2005a: Treća generacija srednjega šumskoga zglobnika TIBOTRAC FM 03. Izlaganje na savjetovanju »Razvoj novih tehnologija i proizvoda u Hrvatskoj« Akademije tehničkih znanosti Hrvatske – HATZ, Zagreb 26. veljače 2005, 1–33.
- Klak, S., Koroman, V., Milković, B., Krivičić, S., Puljak, S., Sever, S., 2005b: Treća generacija srednjega šumskoga zglobnika TIBOTRAC FM 03 / Third generation of medium-size forest skidder TIBOTRAC FM 03. Dvojezični, hrv.-engl. zbornik sažetaka savjetovanja »Razvoj novih tehnologija i proizvoda u Hrvatskoj« / Colloquium »Development of new technologies and products in Croatia«, February 26, 2005, No: P–35, 84–86.
- Klak, S., 2005a: Treća generacija prvoga hrvatskoga srednjega šumskoga zglobnika – TIBOTRAC FM 03. Inovacijsko žarište, glasnik Odjela za tehnologijski razvitak Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH. Vol. 2(2): 8–9.
- Klak, S., 2005b: Projekt HITRA – Prvi hrvatski srednji šumski zglobni traktor. Periskop 19 (76), 16–17.
- Krohn, B., 1979: Das Kippverhalten eines Knickschleppers. FTI (Forsttechnische Informationen), 34(11): 86–87.
- Moberg, I., Nordfjell, T., Gabrielsson, L., 1988: Small Scale Forestry. Garpenberg, Sweden, 2, 7–14.
- Mučnjak, J., 2005: Mjerenje buke na prototipu srednjega šumskoga zglobnog traktora TIBOTRAC FM 03. Brodarski institut d.o.o., Zagreb, 1–5.
- OECD, 1998: Standard Code for the official testing of agricultural and forestry tractors. Paris, January 1998.
- Pampel, W., 1985: Grundlagen der Forsttechnik und Forsttechnologie. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 1–48.
- Pleše, V., 2005: Novi šumski traktor TIBOTRAC FM 03 – kao gorivo koristit će biodizel! Hrvatske šume, br. 106, 4–15.
- Radaković, M., 2005: Rezultati prototipnih ispitivanja na šumskom traktoru »TIBOTRAC FM 03«. Brodarski institut d.o.o., Zagreb, 1–16.
- Radić, S., Beatović, I., 2005: Mjerenje vibracija na prototipu srednjeg šumskog zglobnog traktora TIBOTRAC FM 03. Brodarski institut d.o.o., Zagreb, 1–7.
- Rakel, T., Baganz, K., Meissner, G., 2005: Biodiesel und Biohydraulikölle in einem Forstwirtschaftsbetrieb – 10 Jahre Einsatzerfahrung. Berlin, 1–42.
- Rehseh, D., Tzschöckel, D., 1977: Checkliste für die ergonomische Beurteilung von Forstmaschinen. KWF, Njemačka, 1–19.
- Sabor RH-a, 1996: Zakon o zaštiti na radu. NN, 59/96 te zakoni o izmjenama i dopunama Zakona o zaštiti na radu, NN, 94/96 i NN, 114/03.
- Sever, S., Knežević, I., 1989: Yugoslav experience in designing thinning machines. In: Proceedings of IUFRO P4.02.01 Conference »Machine design and working methods in thinnings«. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 355, Hyytiälä, Finland, 75–97.
- Sever, S., 1974: Primjena znanstvenih dostignuća u razvoju mehanizacije u šumarstvu. Izlaganje na međunarodnome savjetovanju. Bjelovar. Sažeti je rad pod naslovom »Neki eksploatacijski parametri koji utječu na sposobnost vuče traktora« 1975. objavljen u Biltenu Poslovna zajednica šumarstva i drvne industrije Hrvatske, 775–791.
- Sever, S., 1980: Istraživanja nekih eksploatacijskih parametara traktora kod privlačenja drva. Zagreb, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (doktorska disertacija), 1–300.
- Sever, S., Horvat, D., 1987: Neki problemi određenja stabilnosti zglobnih traktora. I. stručni skup JUMV »Teramehanika i vozila visoke prohodnosti«. Novi Sad, 93–102.
- Sever, S., Polaček, M., Horvat, D., Tomičić, B., Slabak, M., Igrčić, V., Rajić, M., 1985: Projektni zadatak (prijedlog): zglobni traktor za privlačenje sitnih sortimenata u proredama. Vinkovci, 1–18.
- Sever, S., Polaček, M., Horvat, D., Tomičić, B., Slabak, M., Igrčić, V., Rajić, M., 1986: Projektni zadatak: zglobni traktor za privlačenje sitnih sortimenata u proredama. Bjelovar, 1–9.
- Sever, S., Puljak, S., Klak, S., 2005: Third Generation Medium-Size Forest Skidder TIBOTRAC FM 03. Annual 2005 of the Academy of the Croatian Academy of Engineering (u tisku).
- Sever, S., 2005: Srednji šumski zglobnik: jučer, danas, sutra. Izlaganje na predstavljanju srednjega šumskoga zglobnika TIBOTRAC FM 03. Crni Lug, 15. srpnja 2005, str. 1–32.
- Sever, S., Klak, S., 2005: Treća generacija šumskoga zglobnika TIBOTRAC FM 03. Prvi kolokvij tehnologijskih projekata MZOŠ-a, Zagreb, 5. svibnja 2005, 1–32.

Sever, S., Risović, S., Dekanić, S., 2005: Pogonska goriva motora SUI – njihova obnovljivost, okolišna dobrota, ograničenja. Izlaganje na skupu »Energetika drvne industrije – obnovljivi izvori energije«, Zagreb, ZV – Ambianta, 1–33.

Sundquist, G., 1990: An ergonomic checklist for forestry machinery. The Forest Operations Institute, Sweden, 1–43.

Štefančić, A., 1989: Comparison investigation of productivity, production costs and tree damages at tree-length and assortment method on forest stand thinning (Komparativno istraživanje proizvodnosti rada i oštećivanja stabala primjenom deblovnice i sortimentne metode rada u proredi sastojina – na hrvatskome). *Mehanizacija šumarstva* 14(5–6): 93–102.

Tomanić, S., 1989: Can forestry production increased? (Može li šumarstvo proizvoditi više?). *Mehanizacija šumarstva* 14(1–2): 2–10.

Tomičić, B., 1986: The development of the mechanization, technology and organization of work in the exploitation of forests in the »Mojica Birta« forest enterprise in Bjelovar (Razvoj mehanizacije, tehnologije i organizacije rada u iskorišćivanju šuma u šumskom gospodarstvu »Mojica Birta« u Bjelovaru). *Šumarski list* 110(3–4): 29–44.

Weise, G., 2005: Neue Grenzwerte für die Abgasemissionen von Dieselmotoren. *FTI (Forsttechnische Informationen)* 4: 56–58.

Zerbe, W. J., 1979: Preliminary FERIC guide to ergonomic evaluation of logging equipment. FERIC TN-30, Canada, 1–46.

..... Ostale objave, npr. na internetskoj stranici HŠ-a d.o.o. www.hrsume.hr, u mjesečniku Hrvatske šume, broj 76, str. 39, u vijestima HINA-e (16. srpnja 2005), dnevnicima Novi list i Jutarnji list (16. srpnja 2005) i dr.

Abstract

TIBOTRAC FM 03 – the first Croatian skidder powered by biodiesel fuel

In the mid 1980s, a clear need arose in the Croatian forestry for the development of a domestic mid-sized forest tractor weighing up to 4 t, which had to meet at least two requirements: (a) have characteristics suitable for skidding timber produced during thinning operations and sanitary fellings (dead trees, tree breakage under snow, wind, ice, etc.) as well as fuel wood and industrial wood and (b) take part in ground skidding of timber with winch or with one end suspended on choker line, somewhere between medium and heavy skidders, as the share of the harvesting volume of thinnings used to reach half the total annual harvesting volume. In the late 1980s, the first generation of domestic skidders, weighing up to 4 t, appeared. After about 50 ECOTRAC V-1033F skidders had been produced, the production was halted due to new circumstances in the Croatian economy in the early 1990s. However, attempts were made to find a new, second generation skidder with improved ergonomic characteristics. Many circumstances contributed to the acceleration of the third generation tractors. This paper describes the prototypes of the second and third generation of these medium forest skidders.

Key words: medium skidder, biodiesel fuel, one lubricant for all tractor components, ergonomic characteristics

Adresa autora – Authors address:

Dr. sc. Stanislav Sever, sveuč. prof. u miru
Britanski trg 11
HR-10 000 Zagreb
HRVATSKA
e-mail: stanislav.sever@zg.htnet.hr

Mr. sc. Stjepan Puljak
»Hrvatske šume« d.o.o., Direkcija, Zagreb
Farkaša Vukotinovića 2
HR – 10 000 Zagreb
HRVATSKA
e-mail: stjepan.puljak@hrsume.hr

Primljeno (Received): 14. 9. 2005.
Prihvaćeno (Accepted): 2. 12. 2005.

Efektivno vrijeme farmerskih vitala Tajfun pri privlaćenju drva traktorom Steyr 8090a

Željko Zečić, Ante P. B. Krpan, Dario Marčetić

Nacrtak – Abstract

U radu su prikazani rezultati istraživanja eksploatacijskih značajki jednobubanjškoga radijski upravljana farmerskoga vitla Tajfun EGV 60A u pripremnom i dovršnom sijeku te prototipnoga radijski upravljana farmerskoga vitla Tajfun 2x50 kN u proredi. Vitla su montirana na adaptirani poljoprivredni traktor Steyr 8090a. Dob sastojina je 60, 90 i 110 godina. Privlačilo se pretežito bukovo tehničko i višemetarsko industrijsko drvo izrađeno sortimentnom metodom. Nagibi su terena u proredi od 33 % do 70 %, u pripremnom sijeku od 10 % do 70 % i u dovršnom sijeku do 30 %. Proveden je studij vremena povratnom metodom kronometrije te detaljna raščlamba utroška efektivnoga vremena traktora i vitla. Težište je dano na analizu rada farmerskih vitala, koja su prvi put ispitivana u hrvatskom šumarstvu. Utvrđena je efektivna uposlenost traktora i vitala pri privlaćenju i privitlavanju drva, i to na vlaci, u sastojini i na pomoćnom stovarištu. Istražene su brzine izvlačenja užeta i privitlavanja tovara. Utrošak efektivnoga vremena vitla po komadu obloga drva prosječno u proredi iznosi 2,48 min/kom., u dovršnom sijeku 2,82 min/kom. i u pripremnom sijeku 3,20 min/kom. Utrošak efektivnoga vremena vitla po jedinici obujma je u proredi 13,08 min/m³, u pripremnom sijeku 11,27 min/m³ te u dovršnom sijeku 8,47 min/m³.

Ključne riječi: farmerska vitla, poljoprivredni traktor, efektivno vrijeme, prorede, oplodne sječe, bjelogorica, nagib

1. Uvod – Introduction

Pridobivanje se drva u Hrvatskoj odvija na teškim terenima. Uzimajući u obzir konfiguraciju terena te promjenu nosivosti šumskoga tla s promjenama vremenskih prilika, za stručnjake koji se bave istraživanjem i primjenom strojeva pri privlaćenju i izvoženju drva iz šume do pomoćnoga stovarišta postavljeno je mnogo zahtjeva. Izborom tehnologije rada te dugoročnim planiranjem na temelju potrajnosti i vrsta prihoda procjenjuje se koji strojevi i u kojim uvjetima mogu zadovoljiti ekonomske, ekološke i ostale kriterije koji vrijede u današnjem vremenu.

Pri pridobivanju drva se koristi mnogo ljudskoga rada, osobito kod traktora gdje je potreban čovjek. Vožnja traktora, izvlačenje užeta, vezanje i odvezivanje tovara zahtijevaju osposobljenost i fizičku spremnost radnika za obavljanje postavljenih zadataka. Odabir određene metode rada ovisi o sastojinskim

uvjetima te tehničko-tehnološkim značajkama strojeva za privlačenje drva.

Dobrim poznavanjem tehničko-proizvodnih značajki sredstava rada možemo skrbiti o posljedicama za okoliš. Osobitu pozornost treba posvetiti zaštiti dubelih stabala i eroziji tla. Privlačenje se drva treba odvijati sa što manje ljudskoga rada, s većim naglaskom na zaštitu sastojine i najmanjim troškovima odabrane metode rada.

2. Problematika istraživanja – Scope of research

Vitla pripadaju šumarskoj opremi, koja omogućava skupljanje drva izrađenoga u sječini i pripremu tovara za vuču traktorom. Na taj je način pri formiranju tovara omogućeno zadržavanje traktora na vlaci, čime se pridonosi smanjenju šteta u sastojini. Nezaobilazan nedostatak privitlavanja je da se drvo

Tablica 1. Sastojinske i tehničko-tehnološke značajke objekata istraživanja**Table 1** – Stand conditions and technical-technological characteristics of research objects

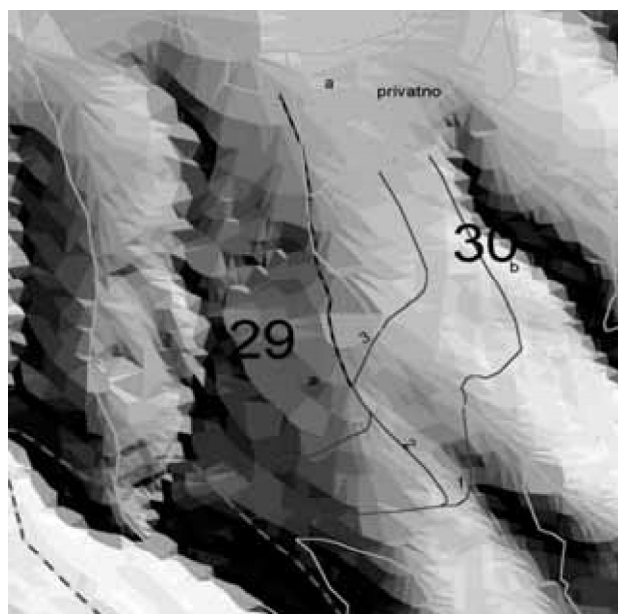
Radilište – <i>Work place</i>	Psunj (IP)	Babja gora (BG)	Papuk (P)
Sastojinske značajke – <i>Stand characteristics</i>			
Šumarija – <i>Forest Office</i>	Požega	Požega	Kamenska
Gospodarska jedinica – <i>Management unit</i>	Istočni Psunj	Sjeverna Babja gora	Zapadni Papuk I
Odjel, površina – <i>Compartment, Area</i>	30b; 14,64 ha	45d; 37,70 ha	66c; 5,28 ha
Dob sastojine, godina – <i>Stand age, years</i>	91	110	60
Nadmorska visina, m – <i>Above sea level, m</i>	650	230 – 400	720
Drvena zaliha, m ³ /ha – <i>Growing stock, m³/ha</i>	286	308	295
Prosječni obujam stabla, m ³ – <i>Mean tree volume, m³</i>	0,91	0,95	0,56
Vrsta drva – <i>Tree species</i>	93 % bukva – <i>Beech</i> 7 % OTL – <i>OHB</i>	66 % bukva – <i>Beech</i> , 31 % kitnjak – <i>Oak</i> , 3 % OTL – <i>OHB</i>	66 % bukva – <i>Beech</i> , 32 % smreka – <i>Spruce</i> , 2 % OTL – <i>OHB</i>
Vrsta sječe – <i>Type of cut</i>	Pripremni – <i>Preparatory cut</i>	Dovršni – <i>Final cut</i>	Proreda – <i>Thinning</i>
Posječeno drvo, m ³ – <i>Timber volume cut</i>	991	1589	128
Tehničko : prostorno drvo – <i>Technical : Long stackwood</i>	0,43 : 0,57	0,60 : 0,40	0,56 : 0,44
Tlo – <i>Soil</i>	Duboko – <i>Deep</i>	Duboko – <i>Deep</i>	Srednje duboko – <i>Medium deep</i>
Stanje tla – <i>Soil condition</i>	Vlažno – <i>Moist</i>	Blatno – <i>Muddy</i>	Smrzuto – <i>Frozen</i>
Tehničko-tehnološke značajke – <i>Technical-technological characteristics</i>			
Traktor – <i>Tractor</i>	Steyr 8090a		
Dimenzije, mm – <i>Dimension, mm</i>	duljina – <i>Length</i> x širina – <i>Width</i> x visina – <i>Height</i> = 4115 x 2281 x 2560		
Snaga, kW – <i>Power kW</i>	53		
Vitlo – <i>Winch</i>	Jednobubanjsko, Tajfun EGV 60A – <i>Single-drum</i>	Dvobubanjsko, Tajfun 2 x 50 kN – <i>Double drum</i>	
Upravljanje – <i>Control</i>	Daljinsko – <i>Remote</i>	Daljinsko – <i>Remote</i>	Daljinsko – <i>Remote</i>
Duljina užeta, m – <i>Cable length, m</i>	60	60 (38)	2x100
Promjer užeta, mm – <i>Cable diameter, mm</i>	12	12	12
Srednja udaljenost privlačenja, m – <i>Average skidding distance, m</i>	530	240	200
Nagib vlake – <i>Skid trail slope</i>	Niz nagib (–5°) – <i>Downhill</i>	Niz nagib (–7°) – <i>Downhill</i>	Uz nagib (+9°) – <i>Uphill</i>
Srednja udaljenost privitavanja, m – <i>Average winching distance, m</i>	55	30	56
Nagib privitavanja – <i>Winching slope</i>	Uz nagib (+5° do 30°) – <i>Up hill</i>	Pretežito uz nagib (+0° do 15°) – <i>Mostly up hill</i>	Uz nagib (+20° do 30°) – <i>Up hill</i>

cijelom duljinom oslanja na tlo te su određene štete na tlu i stablima nužne.

Traktori s trajno montiranim vitlom isključivo su namijenjeni privlačenju drva. Njihova uporaba u druge je svrhe ograničena te se dovodi u pitanje iskorisćenost stroja i opreme. Pitanje ima posebnu dimenziju ako se radi o prilagođenim poljoprivrednim traktorima i njihovu višenamjenskom korištenju bez obzira jesu li u privatnom ili državnom vlasništvu. Svjesni potrebe da šumsko vitlo postane lako promjenjivi radni alat traktora, proizvođači odavno proizvode vitla za brzu montažu i demontažu. Folkema (1986) navodi da je pretežiti broj od 40 tipova vitala, koja su se u to doba rabila u šumarstvu, proizvedena

većinom u obrtničkim radionicama u manjim serijama. Smatra da su prednosti vitla u odnosu na prikolice sadržane u ovome: ekonomičan rad za one koji već imaju traktor, manji nabavni troškovi, mogućnost rada na teškim terenima, mogućnost oslobađanja zapelih stabala ili traktora te smanjen gubitak proizvodne površine zbog većeg razmaka vlaka. Kao osnovnu manu navodi manji tovar (1 do 2 m³), što posebno dolazi do izražaja pri udaljenostima privlačenja iznad 500 m, a uz to dolazi zaprljanost trupaca i potreba za većim stovarištem.

U Hrvatskoj su nove prilike, uzrokovane nuždom ekonomičnijega poslovanja, pridonijele razmišljanju o uvođenju farmerskih vitala pri pridobivanju drva,



Slika 1. 3D-model radilišta na Psunju (IP)
Figure 1 – 3D Model of work site Psunj (IP)

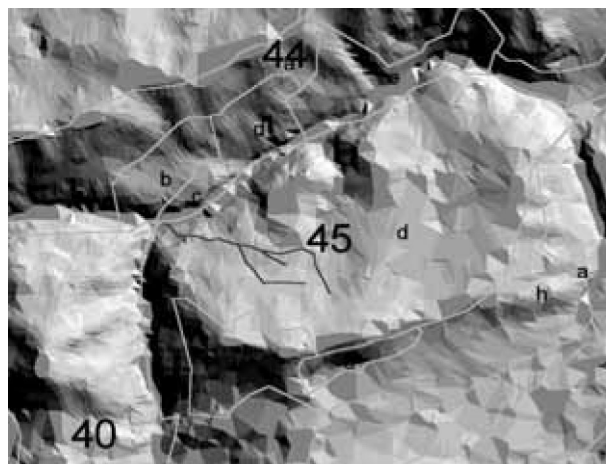
radi povećanja godišnje zaposlenosti adaptiranih poljoprivrednih traktora. Stoga su na probni rad i ispitivanje u realnim terenskim i sastojinskim uvjetima pribavljena dvobubanjska vitla Tajfun 2 x 50 kN i Tajfun 2 x 60 kN te jednobubanjsko vitlo Tajfun EGV 60A. Jednobubanjsko je vitlo u redovitoj proizvodnji, a dvobubanjska su vitla prototipovi izrađeni na zahtjev hrvatskih stručnjaka.

U ovom su radu prikazani rezultati istraživanja jednobubanjskoga vitla Tajfun EGV 60A na dvama radilištima i dvobubanjskoga vitla Tajfun 2 x 50 kN na jednom radilištu. Analiza je posvećena efektivnom vremenu privlačenja drva s osvrtnom na neke rezultate privlačenja drva traktorima.

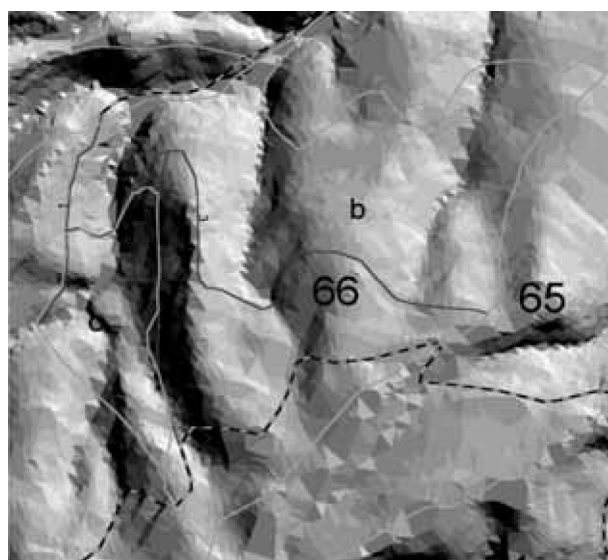
3. Opis objekata istraživanja – Description of research objects

Terenska su istraživanja obavljena na području Uprave šuma Požega u gospodarskoj jedinici »Istočni Psunj« u odsjeku 30b (Psunj) (slika 1), u gospodarskoj jedinici »Sjeverna Babja gora« u odsjeku 45d (Babja gora) (slika 2) i u gospodarskoj jedinici »Zapadni Papuk I« u odsjeku 66c (Papuk) (slika 3). Navedeno područje makroreljefno pripada središnjemu panonskomu gorju.

Na sva tri radilišta radio je traktor Steyr 8090a s istim vozačem. Na radilištima na Psunju i Babjoj gori traktor je opremljen daljinski upravljanim jednobubanjskim vitlom Tajfun EGV 60 A, s vučnim užetom



Slika 2. 3D-model radilišta na Babjoj gori (BG)
Figure 2 – 3D Model of work site Babja Gora (BG)



Slika 3. 3D-model radilišta na Papuku (P)
Figure 3 – 3D Model of work site Papuk (P)

duljine 60 m i promjera 12 mm. Za vezanje je trupaca upotrijebljeno šest lanaca duljine dva metra. Na radilištu na Papuku primijenjen je traktor Steyr 8090a, opremljen s prototipnim dvobubanjskim vitlom Tajfun 2 x 50 kN s daljinskim upravljanjem. Duljina je vučnoga užeta na svakom bubnju iznosila 100 m uz promjer užeta od 12 mm. Za vezanje trupaca je korišteno osam lanaca duljine dva metra. Podaci o sastojinskim i tehničko-tehnološkim značajkama objekata predloženi su u tablici 1.

Na radilištu na Psunju je izvršen pripremni sijek. Pri sječi i izradi primijenjena je sortimentna metoda s izradom višemetarskoga ogrjevnoga drva. Obaranje stabala nije bilo usmjereno, već su ona obarana u

najpovoljnijem smjeru s obzirom na nagib terena i dubeca stabla.

Mješovita bukova sjemenjača dobre je kakvoće i potpunoga sklopa. Prostire se na zaravnima, uvalama i strmim padinama uz potok. Tlo je duboko do srednje duboko, mjestimično isprano, pokriveno obilnim listincem i prizemnim rašćem s nešto malo grmlja. Privlačenje se obavljalo pretežito niz nagib, a privitlavanje uz nagib. Traktor se kretao po traktorskom putu. Vozač je uže izvlačio i tovar vezao. Pri privitlavanju je služio daljinskim upravljačem. Pomoćno je stovarište uz šumsku cestu. Drvni su sorti-menti razvrstani prema vrsti i kakvoći.

Na radilištu na Babjoj gori izveden je dovršni sijek. Pri sječi i izradi primijenjena je sortimentna metoda s izradom višemetarskoga prostornoga drva. Obaranje stabala nije bilo usmjereno. Mješovita je bukova sjemenjača osrednje kakvoće, potpunoga sklopa. Nalazi se na uvalama i padinama koje su ponegdje dosta strme. Teren je razveden. Tlo je srednje duboko do duboko, na strminama pliće. Pokrov je tla obilan sloj listinca i prizemnoga rašća s mjestimičnim grmljem.

Na radilištu na Babjoj gori rad se odvijao slično kao na radilištu na Psunju. Pri privitlavanju traktor je usidren na traktorskom putu ili vlaci i nije ulazio u sječinu. Od 64 turnusa u 13 turnusa je uže izvlačeno uz nagib, a kod 10 turnusa po slojnici. Privlačenje se odvijalo niz nagib. U odnosu na radilište na Psunju ovdje su traktorski putovi i pomoćno stovarište bili mokri do blatni, pa je i neopterećeni traktor češće proklizavao. Tehnička je oblovinna i višemetarsko prostorno drvo ravnomjerno raspoređeno po sječini. Drvo se na pomoćnom stovarištu razvrstavalo po vrsti sortimenata i razredima prema kakvoći.



Slika 4. Traktor Steyr s jednobubanjiskim vitlom Tajfun EGV 60A
Figure 4 - Tractor Steyr with single drum Winch Tajfun EGV 60A

Na radilištu na Papuku je obavljena proredna sječa. Pri sječi i izradi primijenjena je sortimentna metoda s izradom višemetarskoga prostornoga drva. Mješovita je bukovo-smrekova sastojina dobre kakvoće, a sklop je potpun. Nalazi se na padinama koje su dosta strme. Mjestimično izbijaju veći koma-

Tablica 2. Podaci o tovaru

Table 2 - Load data

Radilište - Work site	Psunj (IP)	Babja gora (BG)	Papuk (P)
	* - x - **	* - x - **	* - x - **
Ukupno privučeni drv. obujam, m ³ - Total skidded timber volume, m ³	96,41	113,22	58,61
Ukupan broj komada - Total number of pieces	340	340	309
Ukupna duljina komada, m - Total length of pieces, m	1523	1431,1	1702,4
Ukupan broj turnusa - Total number of cycles	62	64	49
Srednji obujam tovara, m ³ - Mean load volume, m ³	0,84 - 1,56 - 2,48	1,01 - 1,77 - 3,03	0,67 - 1,196 - 3,11
Prosječni broj komada u tovaru - Average number of pieces in a load	3 - 5,5 - 8	3 - 5,3 - 7	2 - 6,31 - 9
Srednja duljina komada, m - Mean piece length, m	2 - 4,5 - 6,5	2 - 4,2 - 6,6	2 - 5,51 - 8
Srednji obujam komada, m ³ - Mean piece volume, m ³	0,080 - 0,284 - 0,920	0,10 - 0,33 - 1,08	0,05 - 0,190 - 1,37
Srednji promjer komada, cm - Mean piece diameter, cm	15,0 - 28,8 - 60,0	16 - 31,8 - 53	11,0 - 20,35 - 57,0

- x - ** (* - najmanja vrijednost, x - ukupno, sredina, ** - najveća vrijednost) - *Minimal value x Total or mean value ** Maximal value

di kamenja. Tlo je srednje duboko, a na strminama pliće.

Na radilištu na Papuku rad se odvijao slično kao na prethodnim objektima. Posječeni i izrađeni drvni sortimenti ravnomjerno su raspoređeni po sječini. Traktor Steyr 8090a opremljen je dvobubanjским vitlom Tajfun (prototip 2 x 50 kN) s daljinskim upravljanjem. Traktor se kretao po traktorskom putu. U sječini je ulazio koliko je dopuštao nagib terena i raspored dubelih stabala. Izvlačenje se užeta odvijalo niz nagib od 40 % do 70 %, a privitlavanje tovara uz nagib.

4. Analiza utroška vremena – *Analysis of time consumption*

Na radilištima na Psunju i Babjoj gori drvo je iz pripremnoga i dovršnoga sijeka privlačio traktor Steyr 8090a opremljen jednobubanjским radijski upravljanim vitlom Tajfun EGV 60 A, a iz prorede traktor Steyr 8090a s dvobubanjским, također daljinski upravljanim vitlom Tajfun 2 x 50 kN. Studij je vremena proveden povratnom metodom kronometrije cjelodnevnim snimanjem traktora. Obrada je fiksnih i varijabilnih vremena provedena standardnim matematičko-statističkim programskim PC paketima.

4.1. Efektivno vrijeme traktora i vitla – *Tractor and winch effective time*

Na temelju studija vremena utvrđen je utrošak efektivnoga vremena rada traktora i vitla. Efektivno vrijeme traktora i vitla prikazano je u tablici 3. Efektivno je vrijeme podijeljeno po skupinama operacija koje čine varijabilno i fiksno vrijeme, a posebno se promatra vrijeme traktora i vitla, samoga vitla i samoga traktora na sječini i na pomoćnom stovarištu.

Varijabilno vrijeme (vrijeme vožnje u koje je ovdje uključeno i vrijeme privitlavanja tijekom vuče) na istraživanim objektima zauzima vrijednost od 25,9 % (BG) do 40,4 % (IP), a fiksno, tj. rad na sječini i pomoćnom stovarištu, od 59,6 % (IP) do 74,1 % (BG) ukupno utrošenoga efektivnoga vremena. Varijabilno će vrijeme u promatranim slučajevima ovisiti u prvom redu o udaljenosti privlačenja.

Traktor i vitlo u sječini utroše od 40,5 % do 51,2 % ukupnoga efektivnoga vremena ili od 62,3 % do 70,7 % fiksnoga vremena. Na pomoćnom stovarištu (istovar) traktor i vitlo u odnosu na utovar utroše mnogo manje, i to od 19,1 % do 27,9 % efektivnoga vremena, odnosno od 29,3 % do 37,7 % fiksnoga vremena. Za sam traktor troši se na sječini između 13,6 % i 18,9 % ukupnoga efektivnoga vremena ili između 20,9 % i 26,1 % fiksnoga vremena traktora i vitla. Za istovar se utroši od 10,3 % do 15,0 % ukupnoga efektivnoga,

odnosno 14,2 % do 20,2 % fiksnoga vremena traktora i vitla. U odnosu na efektivno vrijeme rada samoga traktora pri utovaru se utroši između 50,8 % i 64,8 %, a pri istovaru između 35,2 % i 49,2 % (tablica 3).

4.2. Efektivno vrijeme vitla – *Effective time of winch*

Za rad samoga vitla na sječini utroši se od 26,9 % do 32,3 %, a na pomoćnom stovarištu od 7,7 % do 12,9 % ukupnoga efektivnoga vremena. U odnosu na fiksno vrijeme trošit će se u sječini između 41,5 % i 45,2 %, a na pomoćnom stovarištu prilikom istovara između 13,0 % i 17,4 %. Na vitlo u sastojini otpada 70,4 % do 77,7 %, a pri istovaru od 22,3 % do 29,6 % (tablica 3).

U tablici 4 je raščlanjen utrošak efektivnoga vremena vitla po operacijama i zahvatima. Obuhvaćen je rad vitla u sječini, na pomoćnom stovarištu i pri vuči. Pri vuči se događa da traktor s tovarom ne može svladati kritična mjesta na traktorskom putu (prepreke, proklizavanje), što pretpostavlja otpuštanje tereta, premještanje traktora, ponovno privitlavanje i nastavak vožnje. To se događalo na sva tri objekta s utroškom od 2,30 % (P) do 13,75 % (BG) efektivnoga vremena traktora i vitla.



Slika 5. Traktor Steyr s dvobubanjским vitlom Tajfun 2 x 50 kN
Figure 5 – Tractor Steyr with double drum Winch Tajfun 2 x 50 kN

Tablica 3. Analiza utroška efektivnoga vremena traktora i vitla**Table 3** – Analysis of tractor and winch effective time consumption

Efektivno vrijeme Effective time	Radilišta – Work site														
	IP	BG	P	IP	BG	P	IP	BG	P	IP	BG	P	IP	BG	P
	min			%			%			%			%		
Efektivno vrijeme Effective time	2703,61	2076,50	1687,19	100,0	100,0	100,0									
1.1. Varijabilno vrijeme Variable time	1092,52	538,69	465,62	40,4	25,9	27,6									
1.2. Fiksno vrijeme Fixed time	1611,09	1537,81	1221,57	59,6	74,1	72,4	100,0	100,0	100,0						
1.2.1. Traktor i vitlo u sječini Tractor and winch at felling site	1095,86	958,66	863,87	40,5	46,2	51,2	68,0	62,3	70,7						
1.2.2. Traktor i vitlo na pom. stovarištu Tractor and winch at landing	515,23	579,15	357,70	19,1	27,9	21,2	32,0	37,7	29,3						
1.2.3. Rad vitla Winch work	936,97	906,35	729,08	34,7	43,6	43,2	58,2	58,9	59,7	100,0	100,0	100,0			
1.2.3.1. Vitlo u sječini Winch at felling site	727,66	638,06	544,83	26,9	30,7	32,3	45,2	41,5	44,6	77,7	70,4	74,7			
1.2.3.2. Vitlo na pomoćnom stovarištu Winch at landing	209,31	268,29	184,25	7,7	12,9	10,9	13,0	17,4	15,1	22,3	29,6	25,3			
1.2.4. Rad traktora Tractor work	674,12	631,46	492,49	24,9	30,4	29,2	41,8	41,1	40,3				100,0	100,0	100,0
1.2.4.1. Traktor u sječini Tractor at felling site	368,20	320,60	319,04	13,6	15,4	18,9	22,9	20,8	26,1				54,6	50,8	64,8
1.2.4.2. Traktor na pom. stovarištu Tractor at landing	305,92	310,86	173,45	11,3	15,0	10,3	19,0	20,2	14,2				45,4	49,2	35,2

Ukupno vitlo potroši od 40,1 % (IP) do 57,4 % (BG) ukupnoga efektivnoga vremena. Guglhör i Plettenberg (1974) navode da na privlačenje vitlom otpada 40 % efektivnoga vremena, zbog čega je za privitlavanje potrebno koristiti se traktorom manje snage. Krpan i dr. (1996) nalaze pri ispitivanju traktora u proredi (ravnicu) da na vitlo kod LPKT 40 i Ecotrac (zglobni traktori za prorede) otpada 47 % efektivnoga vremena. Kod poljoprivrednoga traktora Steyr zabilježen je iznos od 64,3 % efektivnoga vremena, a kod traktora Torpedo 56,4 %. Navedeni su traktori opremljeni dvobubanjskim čvrsto montiranim vitlima. U odnosu na fiksno vrijeme na navedena vitla otpada od 64,5 % do 79,2 %.

Promatra li se samo utrošak vremena vitla, vidljivo je da se na rad vitla pri privlačenju utroši od 4,95 % (P) do 13,8 % (IP), za rad na sječini od 66,5 % (BG) do 71,0 % (P) te za rad na pomoćnom stovarištu 19,3 % (IP) do 28,0 % (BG) efektivnoga vremena vitla. Za vezanje i odvezivanje tovara utroši se najveći dio vremena vitla, posebno pri dovršnoj sječi (BG), gdje te vrijednosti pri utovaru iznose 33,3 %, a pri istovaru 17,3 %.

Analiza vremena pojedinoga zahvata pokazuje da se za vezanje utroši od 27,5 % (P) do 50,1 % (BG) efektivnoga vremena rada vitla na sječini. Na odvezivanje se tovara utroši od 40,2 % (P) do 62,3 % (IP) efektivnoga vremena rada vitla na pomoćnom stovarištu. Za silaženje i penjanje vozača se troši od 4,6 % (IP, BG) do 8,1 % vremena vitla u sječini, odnosno od 10,6 % (IP) do 15,1 % (P) vremena vitla na pomoćnom stovarištu. Veći utrošak vremena za izvlačenje užeta i privitlavanje tovara na objektima IP i P pripisuje se nagibu terena, koji je na tim objektima bio do 70 %.

4.3. Efektivno vrijeme vitla po komadu obloga drva i jedinici obujma – Winch effective time per piece of roundwood and unit of timber volume

Raščlamba utroška efektivnoga vremena po komadu i jedinici obujma drva provedena je na temelju podataka iz tablica 2 i 4 te prikazana u tablici 5. Posebno je grafički prikazana ukupna vrijednost po jedinici obujma na slici 6. Dalje se analiza usmjerava na fiksna vremena rada u sastojini i na pomoćnom stovarištu.

Rad vitla pri privlačenju, za traktor određenih tehničkih značajki, ovisit će o nosivosti traktorskoga puta, postojanju kritičnih točaka i veličini tovara te će varirati od slučaja do slučaja. Za razliku od cikličnih vremena ne događa se u svakom turnusu te ne pripada cikličnim vremenima vitla.

Ukupno se za rad vitla na sječini najviše vremena utroši na objektu IP (2,14 min/kom.). Na objektu BG utroši se za 0,26 min/kom. manje vremena. Slično je na objektu P na kojem se utroši za 0,36 min/kom. obloga drva manje u odnosu na objekt IP.

Utrošak vremena za izvlačenje užeta varira od 0,51 min/kom. za objekt BG do najviše 0,68 min/kom. za objekt IP. Za vezanje komada obloga drva u proredi utroši se 0,49 min. U dovršnoj sječi za vezanje će se utrošiti 0,94 min/kom., a u pripremnom sijeku 0,72 min/kom. Vrijeme privitlavanja je od 0,34 min/kom. (BG) do najviše 0,64 min/kom. (IP). U proredi (P) je

privitlavanje 0,50 min/kom. Ukupno se za rad vitla na sječini najviše vremena po komadu utroši na objektu IP (2,14 min/kom.). Na objektu BG utroši se manje za 0,26 min/kom., a na objektu P za 0,36 min/kom. obloga drva.

Efektivno vrijeme rada vitla na sječini po jedinici obujma najveće je u proredi (P), gdje iznosi 9,29 min/m³. U dovršnoj sječi (BG) ono je za 3,65 min/m³, a u pripremnom sijeku (IP) za 1,74 min/m³ manje.

Efektivno vrijeme vitla po komadu obloga drva na pomoćnom stovarištu iznosi od 0,62 min/kom. (IP) do 0,79 min/kom. (BG). Po jedinici obujma obloga drva utroši se od 2,17 min/m³ (IP) do 3,14 min/m³ (P). Vrijednosti za pojedine zahvate rada u sječini i na pomoćnom stovarištu nalaze se u tablici 5.

Cjelokupni utrošak efektivnoga vremena vitla po komadu obloga drva je u prorednoj sječini s 2,48

Tablica 4. Efektivno vrijeme vitla u efektivnom vremenu traktora te postotni udjeli operacija i zahvata vitla

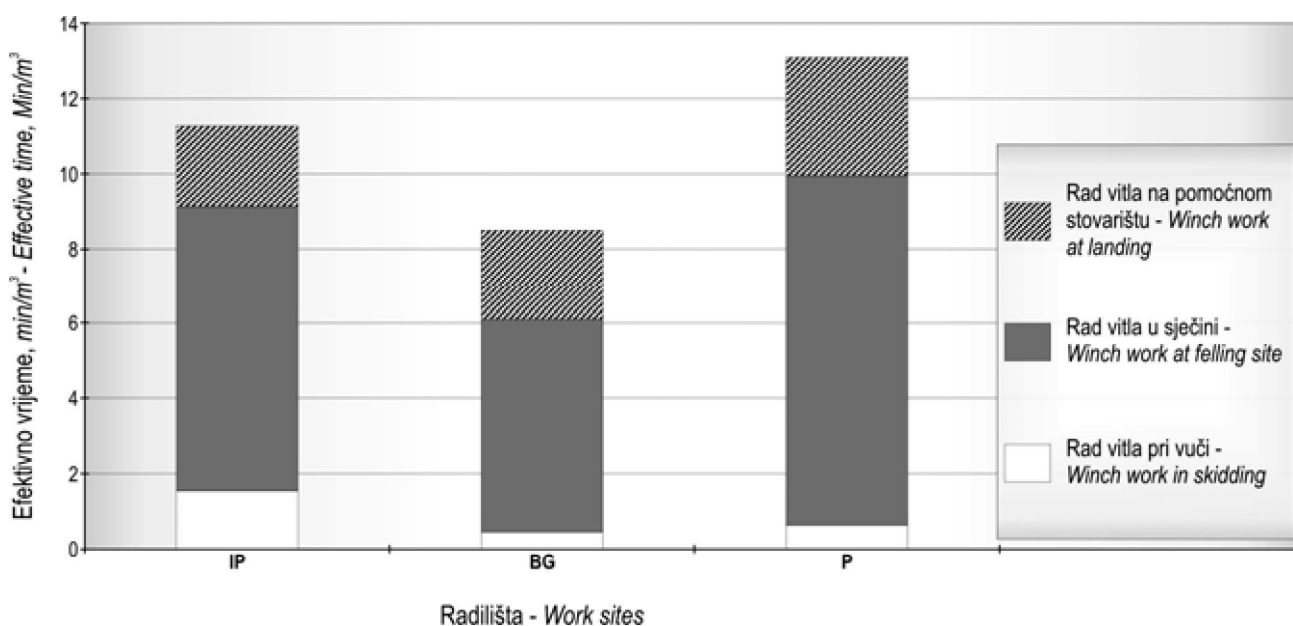
Table 4 – Share of winch effective time in tractor effective time and percentage share of winch operations

Radne operacije vitla Winch working operations	Udio vremena vitla u efektivnom vremenu traktora Share of winch time in tractor effective time						Postotni udio vremena operacija vitla u vremenu rada vitla Percentage share of winch operations in winch work time			Postotni udio vremena zahvata u vremenu operacija vitla Percentage share of opera- tions in winch work time		
	IP	BG	P	IP	BG	P	IP	BG	P	IP	BG	P
	min			%								
1. Rad vitla pri vuči Winch work in skidding	149,82	52,42	37,95	5,5	2,5	2,3	13,8	5,5	4,9	100,0	100,0	100,0
2. Rad vitla u sječini Winch work at felling site	727,66	638,06	544,83	26,9	30,7	32,3	67,0	66,5	71,0	100,0	100,0	100,0
2.1. Izvlačenje užeta Pulling the choker	230,02	173,87	194,65	8,5	8,4	11,5	21,2	18,1	25,4	31,6	27,2	35,7
2.2. Vezanje tovara Choker setting	245,50	319,59	149,97	9,1	15,4	8,9	22,6	33,3	19,6	33,7	50,1	27,5
2.3. Privitlavanje Winching	218,75	115,08	155,89	8,1	5,5	9,2	20,1	12,0	20,3	30,1	18,0	28,6
2.4. Silaženje i penjanje Moving uphill and downhill	33,39	29,52	44,32	1,2	1,4	2,7	3,1	3,1	5,8	4,6	4,6	8,1
3. Rad vitla na pomoćnom stovarištu Winch work at landing	209,31	268,29	184,25	7,7	12,9	10,9	19,3	28,0	24,0	100,0	100,0	100,0
3.1. Premještanje traktora Tractor repositioning	23,78	28,94	-	0,9	1,4	-	2,2	3,0	-	11,4	10,8	-
3.2. Privitlavanje Winching	24,80	32,17	16,82	0,9	1,6	1,0	2,3	3,4	2,2	11,8	12,0	9,1
3.3. Odvezivanje tovara Unhooking the load	130,32	165,82	74,15	4,8	8,0	4,4	12,0	17,3	9,7	62,3	61,8	40,2
3.4. Izvlačenje užeta ispod tovara Pulling the choker under the load	8,25	9,95	65,45	0,3	0,5	3,8	0,8	1,0	8,5	3,9	3,7	35,5
3.5. Silaženje i penjanje Moving uphill and downhill	22,16	31,41	27,83	0,8	1,5	1,7	2,0	3,3	3,6	10,6	11,7	15,1
4. Ukupno (1+2+3) Total	1086,79	958,77	767,03	40,1	46,1	45,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tablica 5. Efektivno vrijeme vitla po komadu i jedinici obujma drva

Table 5 – Winch effective time per piece of roundwood and unit of timber volume

Radne operacije Work operations	Po komadu obloga drva Per piece of roundwood			Po jedinici obujma drva Per unit of timber volume		
	IP	BG	P	IP	BG	P
	min/kom. – min/piece			min/m ³		
1. Rad vitla pri vuči – Winch work in skidding	0,44	0,15	0,12	1,55	0,46	0,65
2. Rad vitla u sječini – Winch work at felling site	2,14	1,88	1,76	7,55	5,64	9,29
2.1. Izvlačenje užeta – Pulling the choker	0,68	0,51	0,63	2,39	1,54	3,32
2.2. Vezanje tovara – Choker setting	0,72	0,94	0,49	2,54	2,82	2,56
2.3. Privitavanje – Winching	0,64	0,34	0,50	2,27	1,02	2,65
2.4. Silaženje i penjanje – Moving uphill and downhill	0,10	0,09	0,14	0,35	0,26	0,76
3. Rad vitla na pomoćnom stovarištu – Winch work at landing	0,62	0,79	0,60	2,17	2,37	3,14
3.1. Premještanje traktora – Tractor repositioning	0,07	0,09	–	0,25	0,26	–
3.2. Privitavanje – Winching	0,07	0,09	0,06	0,26	0,28	0,29
3.3. Odvezivanje tovara – Unhooking the load	0,39	0,49	0,24	1,35	1,46	1,26
3.4. Izvlačenje užeta ispod tovara – Pulling the choker under the load	0,02	0,03	0,21	0,08	0,09	1,12
3.5. Silaženje i penjanje – Moving uphill and downhill	0,07	0,09	0,09	0,23	0,28	0,47
4. Ukupno (1+2+3) – Total	3,20	2,82	2,48	11,27	8,47	13,08



Slika 6. Efektivno vrijeme vitla po jedinici obujma drva

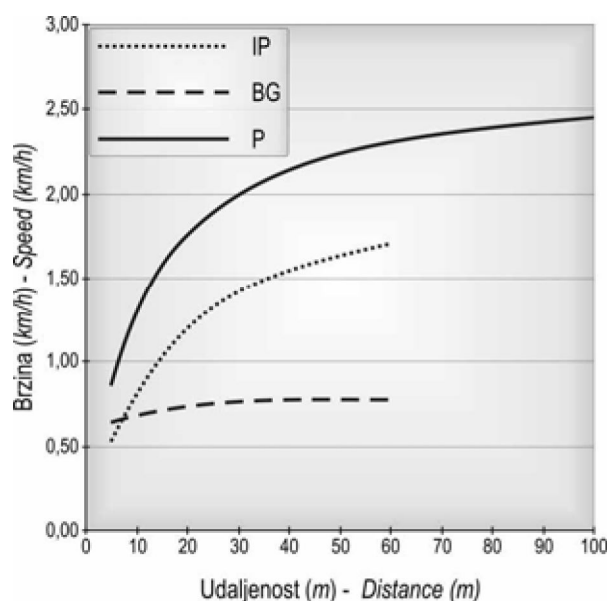
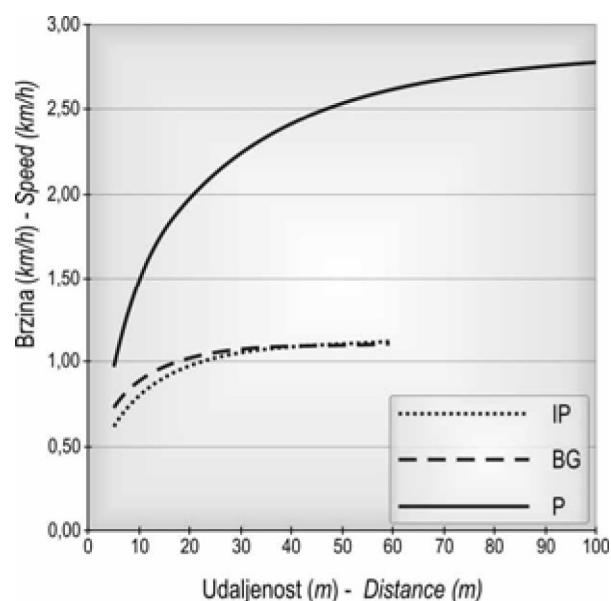
Figure 6 – Winch effective time per unit of timber volume

min/kom. najmanji, dok je na objektu IP pri pripremnom sijeku s 3,20 min/kom. najveći. Promatrajući utrošak vremena po jedinici obujma, efektivno je vrijeme vitla s 8,47 min/m³ najmanje pri dovršnoj sječi (BG). Najveći utrošak s 13,08 min/m³ zabilježen

je pri proredi (P). Efektivno vrijeme dvobubanjskih vitala po jedinici obujma u nizinskim proredama iznosilo je za zglobne traktore 4,87 min/m³ i 5,70 min/m³, a kod poljoprivrednih 6,66 min/m³ i 7,28 min/m³ (Krpan i dr. 1996).

Tablica 6. Efektivna su vremena izvlačenja užeta i privitlavanja tovara izjednačena jednadžbama pravca:**Table 6** – Effective times required for pulling the choker and load winching have been regressed by direction equations:

	Radilište – Work site		
	IP	BG	P
Izvlačenje užeta Pulling the choker	$y = 0,4328 + 0,0280x$ $r = 0,540$	$y = 0,0969 + 0,0763x$ $r = 0,701$	$y = 0,2409 + 0,0221x$ $r = 0,771$
Privitlavanje Winching	$y = 0,2024 + 0,0427x$ $r = 0,769$	$y = 0,1319 + 0,0440x$ $r = 0,841$	$y = 0,1832 + 0,0167x$ $r = 0,739$

**Slika 7.** Brzina izvlačenja užeta
Figure 7 – Speed of pulling the choker**Slika 8.** Brzina privitlavanja tovara
Figure 8 – Speed of load winching

4.4 Utrošak efektivnoga vremena i brzine izvlačenja užeta i privitlavanja tovara – Effective time consumption and speeds of pulling the choker and load winching

Brzine su izvedene iz izjednačenih vremena i odnosnih udaljenosti te su prikazane na slikama 7 i 8.

Bojanin (1982) pri ispitivanju skupljanja trupaca vitlom zaključuje da će na brzinu izvlačenja užeta znatnije od nagiba utjecati terenske zapreke, a na većoj udaljenosti težina užeta. Navodi da se brzine privitlavanja na terenu s terenskim zaprekama i bez njih odnose kao 1,00 : 2,67.

Užad je izvlačen do najvećih udaljenosti od 60 m kod jednobubanjskoga, odnosno 100 m kod dvobubanjskoga vitla. Pri izvlačenju užeta niz nagib krivulje brzine na radilištima IP i P strmo se uspinju do udaljenosti od 20 m (slike 7 i 8), dok je pri većim udaljenostima zabilježeno povećanje manjega intenziteta. Navedene su krivulje u usporedivu rasponu identičnoga tijeka. Krivulja brzine izvlačenja užeta na

objektu BG ne prati taj trend iz već navedenoga razloga te utjecaja izvlačenja uz nagib i po izohipsama.

Brzine privitlavanja tovara jednobubanjskoga vitla praktično su jednake na oba istraživana poligona. Rastu intenzivnije do kojih 15 m, a pri većim udaljenostima približavaju se pravcu. Kod dvobubanjskoga je vitla u proredi brzina privitlavanja izrazito veća na svim udaljenostima privitlavanja, što se može pripisati manjim pripadnim tovarima pojedinoga bubnja. Kod jednobubanjskoga vitla prosječni tovar privitlavanja jednak je prosječnomu tovaru traktora, tj. 1,56 m³ (IP), odnosno 1,77 m³ (BG), a kod dvobubanjskoga vitla prosječni je tovar traktora 1,20 m³ ili po bubnju 0,60 m³ (tablica 2).

5. Zaključci – Conclusions

Jednobubanjsko radijski upravljano farmersko vitlo Tajfun EGV 60A istraženo je pri privlačenju drva listača iz pripremnoga i dovršnoga sijeka. Prototipno

dvobubanjsko radijski upravljano vitlo Tajfun 2 x 50 kN istraženo je pri privlačenju drva iz proredne mješovite bukove sastojine. Oba su vitla montirana na prilagođeni poljoprivredni traktor Steyr 8090a.

Fiksna vremena traktora i vitla su u rasponu od 60 % do 74,1 % ukupnoga efektivnoga vremena. Najveći udio fiksnoga vremena zabilježen je u dovršnoj sječi.

Pri utovaru u sječini traktor i vitlo utroše od 40,5 % do 51,2 % (najviše u proredi), a pri istovaru 19,1 % do 27,9 % (najviše u dovršnoj sječi) ukupnoga efektivnoga vremena. Traktor i vitlo u sječini utroše između 62,3 % i 70,7 % (najviše u proredi, a najmanje u dovršnoj sječi), a pri istovaru između 29,3 % i 37,7 % (najviše u dovršnoj sječi, a najmanje u proredi) fiksnoga vremena traktora i vitla.

Vitlo u sječini utroši od 27 % do 32,3 % (najviše u proredi) ukupnoga efektivnoga vremena, od 41,5 % do 45,2 % (podjednako u pripremnoj sječi i proredi) fiksnoga vremena traktora i vitla te od 70,4 % do 77,7 % (najviše u pripremnoj sječi) ukupno utrošena efektivnoga vremena vitla. Pri istovaru na vitlo otpada između 7,7 % i 12,9 % (najviše u dovršnoj sječi) ukupnoga efektivnoga vremena, između 13,0 % i 17,4 % (najviše u dovršnoj sječi) fiksnih vremena te između 22,3 % i 29,6 % (najviše u dovršnoj sječi) ukupnoga vremena vitla.

Najveći se dio vremena vitla utroši za vezanje i odvezivanje tovara. Posebno pri dovršnoj sječi gdje te vrijednosti iznose 50,1 % vremena rada vitla na sječini, odnosno 62,3 % vremena rada vitla na pomoćnom stovarištu.

Efektivno je vrijeme vitla po komadu obloga drva između 2,48 min/kom. i 3,20 min/kom. te je najmanje u proredi, a najveće u pripremnom sijeku. Efektivno vrijeme vitla po jedinici obujma u istraživanim uvjetima je između 8,47 min/m³ (BG) i 13,08 min/m³ (P). U odnosu na pripremni i dovršni sijek vrijeme po jedinici u proredi je veće za 2,80 min/m³ odnosno za 4,61 min/m³.

Brzine privitlavanja tovara jednobubanjskoga vitla na oba objekta su gotovo jednake. Izrazito veće

brzine privitlavanja tovara zabilježene su kod dvobubanjskoga vitla u proredi, kod kojega je opterećenje na pojedinom bubnju prosječno bilo za 2,6 puta odnosno 2,95 puta manje u odnosu na jednobubanjska vitla u pripremnom i dovršnom sijeku.

6. Literatura – References

Backhaus, G., 1983: Datenerfassung bei Forstmaschinen. Forsttechnische Informationen, 35 (10): 85–88.

Bojanin, S., 1982: Das Vorrücken der Blöcke mittels am Radschlepper fest montierter Winde (Skupljanje trupaca vitlom). Mehanizacija šumarstva 7(11–12): 297–318.

Folkema, M. P., 1986: Logging Winches for Farm Tractors. FERIC, Woodlot technology, Technical Note TN-90, 1–12.

Guglhör, W., M. Plettenberg, 1976: Rücken von Schwachholz aus Durchforstungen mit funkgesteuerter Farmi-Winde und Klemmbanksschlepper. Forsttechnische Informationen, 5/76.

Krohn, B., 1979: Das System »Landwirtschaftlicher Schlepper – Anbauwinde«. Forsttechnische Informationen, 2/79.

Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 1996: Comparative analysis of skidder output in thinings (Poredbena analiza rada traktora u proredama). Zaštita šuma i pridobivanje drva, Knjiga 2, Šumarski fakultet Zagreb i Šumarski institut Jastrebarsko, 227–242.

Zečić, Ž., 1999: Teamwork in thinning stands of the Požega mountains with special reference to tractor skidding (Skupni rad pri proredama u sastojinama požetskoga gorja s posebnim osvrtom na privlačenje drva traktorima). Glasnik za šumarske pokuse, Zagreb 36: 13–101.

Zečić, Ž., 2001: Produktivnost i troškovi traktora u brdskim proredama (Productivity and costs of tractor in thinning on hilly terrain). Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, 507–523.

Zečić, Ž., A. P. B. Krpan, T. Poršinsky, M. Šušnjar, 2004: Djelotvornost traktora Steyr 8090 i 9078 u oplodnim sječama sastojina požetskoga gorja (Efficiency of tractors Steyr 8090 and 9078 in shelterwood fellings of stands in Požega mountains). Šumarski list, 128 (5–6): 245–254.

Abstract

Effective time of farmi-winch Tajfun in timber skidding by tractor Steyr 8090a

This paper shows the results of research of exploitation characteristics of single-drum radio-controlled farmi-winch Tajfun EGV 60A in preparatory and final cut, as well as prototype of radio-controlled farmi-winch Tajfun 2x50 kN in thinning operations. The winches were installed on an adapted farm tractor Steyr 8090a. The

stand age was 60, 90 and 110. Beech technical wood and industrial longwood, processed in accordance with cut-to-length method, were mainly skidded. Slopes ranged between 33 % and 70 % in thinning operations, between 10 % and 70 % in preparatory cut and they were up to 30 % in final cut. Time study was carried out by snap-back chronometry method, as well as a detailed analysis of tractor and winch effective time consumption. Interest was focused on the analysis of the work of farm winches, whose testing was made for the first time in the Croatian forestry. Effective time of tractors and winches was established in timber skidding and winching on a skid trail, in the stand and at a roadside landing. The speeds required for pulling the chocker and load winching were investigated. The consumption of winch effective time per piece of roundwood averages 2.48 min/pcs in thinnings, 2.82 min/pcs in final cut and 3.20 min/pcs in preparatory cut. The effective time consumption of winch per volume unit is 13.08 min/m³ in thinnings, 11.27 min/m³ in preparatory cut and 8.47 min/m³ in final cut.

Key words: *farmi-winch, farm tractor, effective time, thinnings, regeneration fellings, broadleaves, slope*

Adresa autora – Authors address:

Dr. sc. Željko Zečić
Prof. dr. sc. Ante P. B. Krpan
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Svetošimunska 25
10 000 Zagreb
HRVATSKA
e-mail: zecic@sumfak.hr
e-mail: krpan@sumfak.hr

Dario Marčetić, dipl. inž. šum.
»Hrvatske šume« d.o.o.
Uprava šuma Podružnica Požega
Milke Trnine 6
34000 Požega
HRVATSKA
e-mail: dario.marcetic@hrsume.hr

Primljeno (Received): 15. 9. 2005.
Prihvaćeno (Accepted): 29. 11. 2005.

Indeks kotača kao parametar procjene okolišne prihvatljivosti vozila za privlačenje drva

Tomislav Poršinsky, Dubravko Horvat

Nacrtak – Abstract

U radu se prikazuje istraživanje mogućnosti uporabe indeksa kotača kao zadovoljavajućega parametra koji opisuje okolišnu prihvatljivost međudjelovanja kotača vozila i tla pri privlačenju drva po šumskom bespuću.

Indeks je kotača bezdimenzijski parametar (faktor) koji opisuje međudjelovanje opterećenoga kotača i tla, a čija je bit da se iz geometrijskih veličina vozila, rasporeda mase, dimenzija i krutosti pneumatika proračunom dobije broj kojim se procjenjuje sposobnost vozila da prođe po nekom terenu bez obzira na posljedice. Jednostavnim terenskim mjerenjem konusnoga indeksa tla i primjenom poluempirijskih izraza za dodirni tlak taj se parametar može lako izmjeriti/izračunati.

Raščlamba odnosa indeksa kotača i dubine kolotraga, koja je lako mjerljiva i najuočljivija posljedica negativnoga utjecaja vozila na tlo, pokazala je da je indeks kotača dovoljno dobar parametar i za njezinu procjenu, pa stoga i za ocjenu okolišne prihvatljivosti.

Radi lakšega poimanja problema osnovne sastavnice indeksa kotača i modeli raznih autora kojima se one izračunavaju prikazani su na primjeru 17-tonskoga forvardera Timberjack 1710B.

Nedostatak primjene poluempirijskih izraza za tlak na dodiru kotača i tla te nedovoljna istraženost dinamičke raspodjele vertikalnih opterećenja šumskoga vozila u različitim terenskim uvjetima, pogotovo u slučaju vuče drva po tlu, zahtijeva daljnja istraživanja u ovom smjeru.

Gljučne riječi: vozila za privlačenje drva, indeks kotača, okolišna prihvatljivost

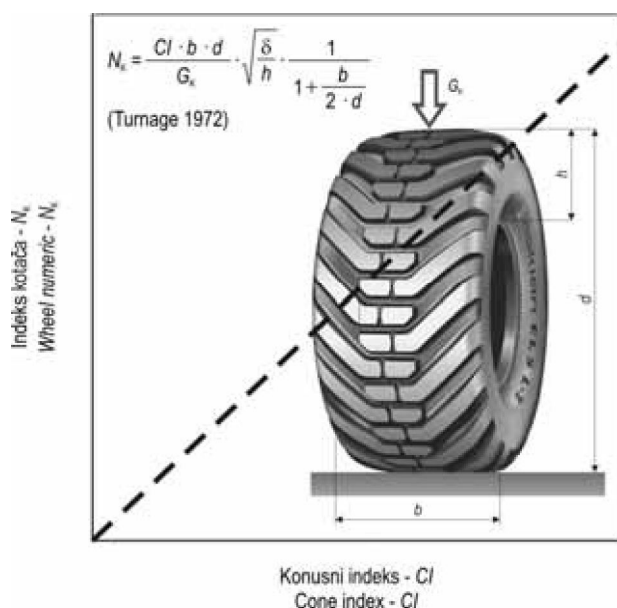
1. Uvod i problem istraživanja – Introduction and scope of research

Pri ocjenjivanju okolišne pogodnosti šumskih vozila jedan je od kriterija gaženje i zbijanje šumskoga tla. Wästerlund (1994) pojam prometnosti tla (*soil trafficability*) određuje kao »sposobnost tla da podnese prolaz vozila«. Bekker (1960) smatra da se prometnost tla ne može odrediti samo nosivošću (*bearing capacity*) i vučnim svojstvima tla (*traction capacity*) odvojeno od fizikalno-geometrijskih svojstava vozila. On dalje navodi da prometnost tla nema opći fizikalni smisao ako ne sadrži pokazatelje i tla i vozila.

Ovakav pristup proučavanju sustava vozilo – teren u potpunosti odgovara pojmu kretnosti vozila kako ga je definirao Horvat (1993) u traženju pojma koji bi opisivao djelovanje vozila na tlo. Horvat smatra

da do sada uobičajeno upotrebljavani izrazi poput prohodnost vozila, indeks mobilnosti vozila, prometanje vozila i sl. nedovoljno opisuju okolišnu sastavnicu sustava vozilo – tlo. Iza tih se izraza obično kriju faktori/indeksi koji se računaju poluempirijskim putem, čija je bit da se iz geometrijskih veličina vozila, rasporeda mase, dimenzija i krutosti pneumatika proračunom dobije broj kojim se procjenjuje sposobnost vozila da prođe po nekom terenu bez obzira na posljedice.

Razvojem empirijske metode proučavanja složenoga sustava kotač – tlo, odnosno vozilo – teren, u literaturi poznate kao metoda WES (*Waterways Experimentation Station, US Army Corps of Engineering Research*), za povezivanje vučnih značajki vozila i deformacije tla s nosivosti tla upotrebljava se – indeks kotača (slika 1).



Slika 1. Ovisnost indeksa kotača o konusnom indeksu tla

Figure 1 – Wheel numeric vs. cone index

Indeks je kotača (*wheel numeric*) bezdimenzijski parametar (faktor) koji opisuje međudjelovanje opterećenoga kotača i tla. Taj je parametar određen odnosom dodirnoga tlaka na mjestu dodira kotača i tla i nosivosti tla mjerene penetrometrom.

Izračun indeksa kotača temelji se na poznavanju opterećenja kotača, dimenzija gume kotača (promjer,

širina, visina profila, progib) te na otporu tla prodiranju konusa na određenoj dubini – konusnom indeksu. Prema Saarilahtiju (2002C) na slici 1 prikazan je jedan od najčešće primjenjivanih analitičkih izraza za izračun indeksa kotača – Tournageov (1972).

U literaturi se susreće nekoliko izraza za izračun indeksa kotača, koje je razvilo više autora. Većina je izraza namijenjena primjeni na glejnim tlima iz razloga što je problem kretnosti vozila povezan s vlažnim koherentnim tlom (tablica 1). Iz pregleda indeksa kotača prema autorima vidljivo je da se oni međusobno razlikuju s obzirom na utjecaj progiba i širine opterećene gume kotača na dodirnu površinu gume i tla.

U literaturi najčešće korišteni spomenuti indeks kotača sadrži u sebi faktor odnosa dodirnoga tlaka krutoga kotača i nosivosti tla te faktore utjecaja progiba i širine gume opterećenoga kotača.

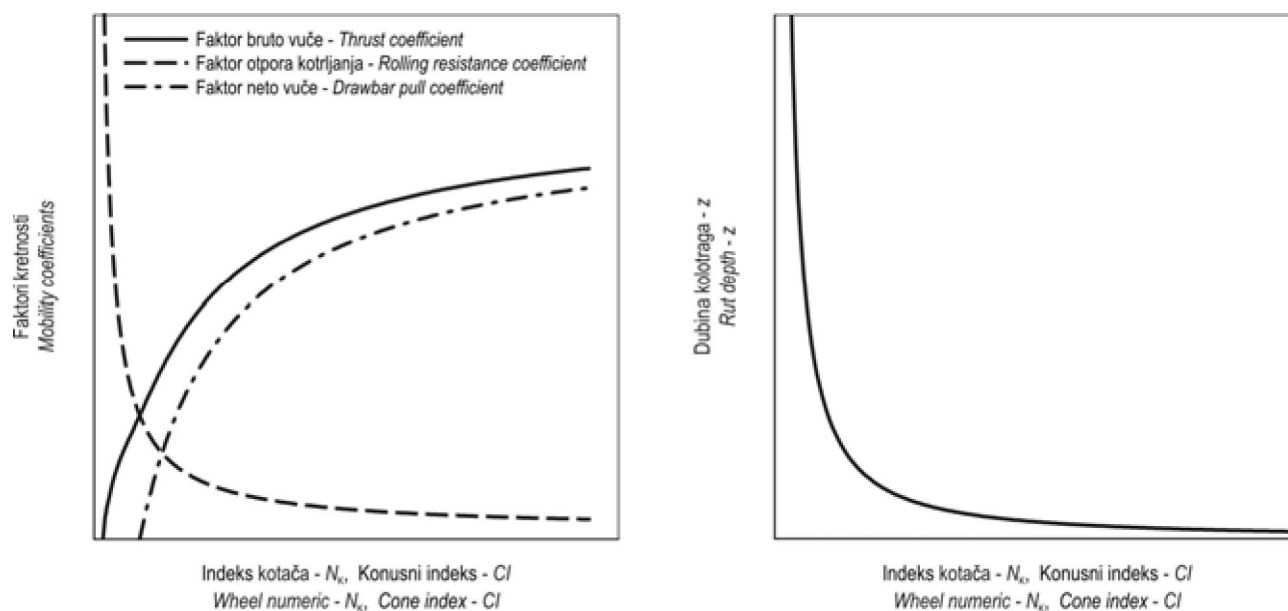
Na slici 2 zapaža se da povećanje indeksa kotača odnosno konusnoga indeksa tla u slučaju poznatoga kotača određenoga vertikalnoga opterećenja znači i povoljnije vučne značajke (veći faktori bruto i neto vuče te manji faktor kotrljanja) i manji kolotrag. Zbog te svoje kompleksnosti, odnosno sadržaja i vučnih i okolišnih značajki, indeks se kotača čini pogodnim parametrom za procjenu svekolike pogodnosti šumskih vozila.

Cilj je ovoga rada kritički osvrt na indeks kotača i na problem izmjere njegovih osnovnih sastavnica.

Tablica 1. Pregled najčešće primjenjivanih obrazaca izračuna indeksa kotača

Table 1 – Review of formulas commonly used for calculating wheel numeric

Opći izraz – General form		Kazalo oznaka – Symbols: N_k – indeks kotača (<i>wheel numeric</i>) CI – konusni indeks (<i>cone index</i>), kPa p – dodirni tlak (<i>contact pressure</i>), kPa G_k – opterećenje kotača (<i>wheel load</i>), kN A – dodirna površina (<i>contact area</i>), m ² b – širina gume (<i>tyre width</i>), m d – promjer gume (<i>tyre diameter</i>), m h – visina profila gume (<i>section height</i>), m δ – progib gume (<i>tyre deflection</i>), m
$N_k = \frac{CI}{p} = \frac{CI}{\frac{G_k}{A}} = \frac{CI \cdot A}{G_k}$		
Freitag (1965) $N_k = \frac{CI \cdot b \cdot d}{G_k} \cdot \sqrt{\frac{\delta}{h}}$	Wismer i Luth (1973) $N_k = \frac{CI \cdot b \cdot d}{G_k}$	
Turnage (1972) $N_k = \frac{CI \cdot b \cdot d}{G_k} \cdot \sqrt{\frac{\delta}{h}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{b}{2 \cdot d}}$	Brixius (1987) $N_k = \frac{CI \cdot b \cdot d}{G_k} \cdot \left(\frac{1 + 5 \cdot \frac{\delta}{h}}{1 + 3 \cdot \frac{b}{d}} \right)$	
Rowland (1972) $N_k = \frac{CI \cdot b^{0,85} \cdot d^{1,15}}{G_k} \cdot \left(\frac{\delta}{h} \right)^{0,5}$	Maclaurin (1997) $N_k = \frac{CI \cdot b^{0,80} \cdot d^{0,8} \cdot \delta^{0,4}}{G_k}$	Izvor – Source: Saarilahti (2002c)



Slika 2. Ovisnost faktora kretnosti i dubine kolotraga o indeksu kotača i konusnom indeksu tla
Figure 2 - Dependence of mobility coefficients and rut depth on wheel numeric and cone index

Radi lakšega poimanja problema osnovne sastavnice indeksa kotača i modeli stranih autora kojima se one izračunavaju prikazat će se na primjeru 17-ton-skoga forvardera Timberjack 1710B.

2. Nosivost tla – Soil strenght

Za određivanje nosivosti tla pri rješavanju složena problema sustava kotač – tlo, odnosno vozilo – teren ili transport – okoliš, u teramehanici su prisutna tri osnovna metodološka pristupa poznatija kao: analitička metoda, numerička i empirijska metoda (Baladi 1987, Horvat 1993, Saarliahti 2002a).

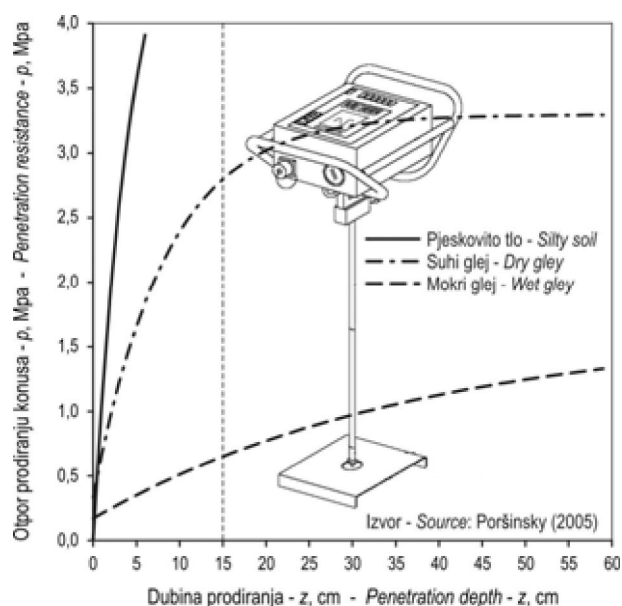
Od svih navedenih metoda određivanja nosivosti tla empirijska metoda, zbog svoje jednostavnosti, postaje najprihvatljivija za uporabu u praktičnom šumarstvu. Empirijska metoda zahtijeva osnovne podatke o tlu (granulometrijski sastav, mokrina), opis terena (nagib, vegetacija) i penetracijski test.

Kao kvantitativni pokazatelj mehaničkih značajki tla, a ponajprije za procjenu čvrstoće (nosivosti) tla, često se upotrebljava otpor prodiranja konusa u tlo, koji je određen kao odnos sile potrebne za utiskivanje konusa u tlo i površine baze konusa. Mjerni rezultat iskazuje se SI jedinicama za tlak (kPa ili MPa), iako se često u literaturi susreću stare anglo-američke jedinice (psi, bar). Mjerila za određenje prodirne značajke tla nazivaju se penetrometri.

Otpor prodiranja konusa mijenja se s dubinom prodiranja u tlo. Krivulja prodirne značajke tla sadrži detaljne podatke o procjeni čvrstoće tla u ovisnosti o dubini prodiranja konusa, prouzročene uslojenošću

– proslojcima (pod)horizontata određene vrste tla. Na izmjerene vrijednosti otpora prodiranja utječu i značajke korištenih penetrometara: dimenzije i kut konusa, materijal od kojih je konus izrađen, ali i brzina utiskivanja konusa u tlo. Utjecaj granulometrijskoga sastava i trenutne mokrine tla na tijek prodirnih značajki tla prikazuje slika 3.

U praktičnoj primjeni upotrebljava se normirana vrijednost mjerenja otpora prodiranja konusa (ASAE



Slika 3. Penetracijske značajke

Figure 3 - Penetration curves

Tablica 2. Raščlamba razreda čvrstoće tla prema projektu EcoWood (Owende i dr. 2002, Ward i Owende 2003)**Table 2** – EcoWood soil strength classification (Owende et al. 2002, Ward & Owende 2003)

Čvrstoća (nosivost) tla Soil strength		Parametri čvrstoće tla Soil strength parameters			Dopušteno opterećenje tla
Razredi	Opis čvrstoće tla	Konusni indeks	Modul elastičnosti	Opor tla na smicanje	Allowed soil
		Cone Index	Modul E	Shear strength	bearing capacity
Classes	Soil strength descriptions	CI, kPa	E, MPa	τ , kPa	NGP, kPa
1	Čvrsto tlo	> 500	> 60	> 60	> 80
	Strong soil				
2	Osrednje čvrsto tlo	300 – 500	20 – 60	20 – 60	60 – 80
	Average soil				
3	Meko tlo	< 300	< 20	< 20	40 – 60
	Soft soil				
4	Vrlo meko tlo	< 300	< 20	< 20	< 40
	Very soft soil				

EP542 1999) na dubini tla od 15 cm nazvana konusni indeks (CI). Ista norma preporučuje primjenu konusnoga indeksa pri procjeni prohodnosti terena i kretnosti vozila te kao parametar koji služi u modelima WES vučnih značajki vozila.

Pogodnost empirijske metode određivanja nosivosti tla potvrđuje i razredba terena za izvođenje šumskih radova prema projektu EcoWood, koja poklanja posebnu pažnju okolišno djelotvornomu pridobivanju drva na osjetljivim tlima. Ta razredba terena daje prvu raščlambu razreda nosivosti šumskoga tla na osnovi mjernih parametara čvrstoće tla i dopuštenoga opterećenja vozila na tlo (tablica 2). Pri tome su konusni indeks, modul elastičnosti tla i posmična čvrstoća tla zbog svoje lake mjerljivosti prenosnim uređajima na terenu odabrani za parametre procjene razreda čvrstoće tla. Također ova opisna razredba nosivosti šumskoga tla preporučuje uporabu izraza nominalnoga tlaka vozila na podlogu (Mellgren 1980) radi određivanja pogodnosti primjene pojedinih vrsta i tipova vozila za privlačenje drva ovisno o graničnom dopuštenom dodirnom tlaku na tlo pojedinoga razreda čvrstoće tla (Ward i dr. 2003).

3. Dodirni tlak – Contact pressure

Dodirni je tlak vozila s tlom omjer težine i površine oslonca vozila s tlom. Dodirni tlak na površini

tla moguće je neposredno mjeriti pomoću mjerila tlaka postavljenih na površinu gume (Horvat 1993). Također je moguće neposredno mjeriti rasprostiranje tlaka u dubinu tla primjenom mjernih pretvornika (dinamometarskih sklopova poznate površine) koji se ukopavaju u tlo na različitim dubinama (Sever i Horvat 1990). Sever i Horvat za nedostatak navedene metode navode spoznaju da se pri ukopavanju krutih kućišta mjernih pretvornika u šumsko tlo narušava njegova prirodna uslojenost i struktura, ali i da se ukopani mjerni sustav u tlu ponaša kao kruti sloj.

Posredna metoda utvrđivanja dodirnoga tlaka (proračun) zasniva se na poznavanju opterećenja pojedinoga kotača vozila, odnosno dodirne površine kotača i tla.

3.1. Opterećenje kotača – Wheel load

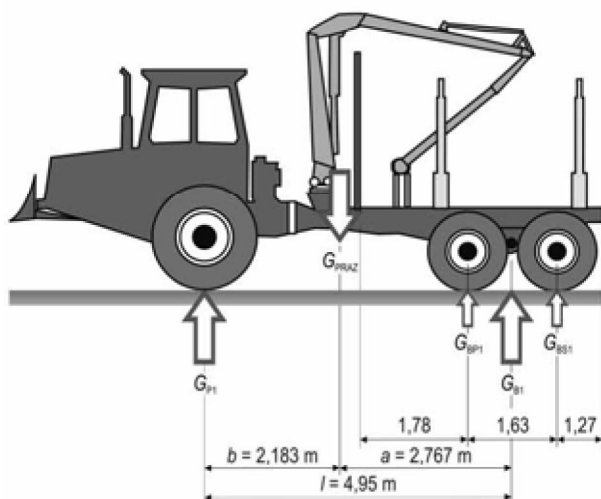
Podaci o raspodjeli opterećenja između osovin i kotača vozila za privlačenje drva najčešće nisu neposredno dostupni iz prospektnoga materijala njihovih proizvođača. Izučavanje međudjelovanja vozila i tla nameće potrebu za njihovim poznavanjem, odnosno mjerenjem (slika 4) te izračunavanjem.

Valja naglasiti da se dinamički raspored opterećenja po mostovima bitno razlikuje za vozila koja privlače drva s jednim krajem oslonjenim na tlo (skideri, nadograđeni poljoprivredni traktori s vitlom) od onih koja voze drvo (forvarderi, traktorske ekipaže).

Zbog veće složenosti opterećenja pogonskih mostova skidera uzrokovanoga načinom vezanja tereta i većom raznolikošću terena zbog raznih načina gradnje traktorskih vlakla, neravnina i nagiba u tom se slučaju (Šušnjar 2005) opravdano može govoriti o sustavu vozilo – teret – teren. Iz tih je razloga za ovu raščlambu odabran forvarder kod kojega je dinamička raspodjela vertikalnih opterećenja nešto jednostavnija – kretanje pretežno po ravnom terenu te



Slika 4. Mjerni lanac – Figure 4 – Measurement chain

A) Neopterećeni forvarder Timberjack 1710B
Unloaded forwarder Timberjack 1710B

Određivanje horizontalne udaljenosti težišta od prednje, odnosno stražnje osovine forvardera

Rezultati vaganja (Horvat i dr., 1999):

Težina neopterećenog vozila $G_{\text{PRAZ}} = 179,6 \text{ kN}$ (18304 kg)

Opterećenje prednje osovine $G_{P1} = 100,4 \text{ kN}$ (10232 kg)

Opterećenje stražnje (bogi) osovine $G_{B1} = 79,2 \text{ kN}$ (8072 kg)

Opterećenje prednje osovine bogija $G_{BP1} = 39,2 \text{ kN}$ (3994 kg)

Opterećenje stražnje osovine bogija $G_{BS1} = 40,0 \text{ kN}$ (4078 kg)

zbog $G_{BP1} \gg G_{BS1}$ pretpostavlja se da je $G_{BP1} = G_{BS1} = G_{B1}/2$

Iz uvjeta $G_{P1} + G_{B1} = G_{\text{PRAZ}}$ i $l = a + b$ te uz postavljanje

jednadžbe momenata oko prednje osovine $\sum M_a = 0$

$$G_{\text{PRAZ}} \cdot b - G_{B1} \cdot l = 0$$

$$G_{\text{PRAZ}} \cdot b = G_{B1} \cdot l$$

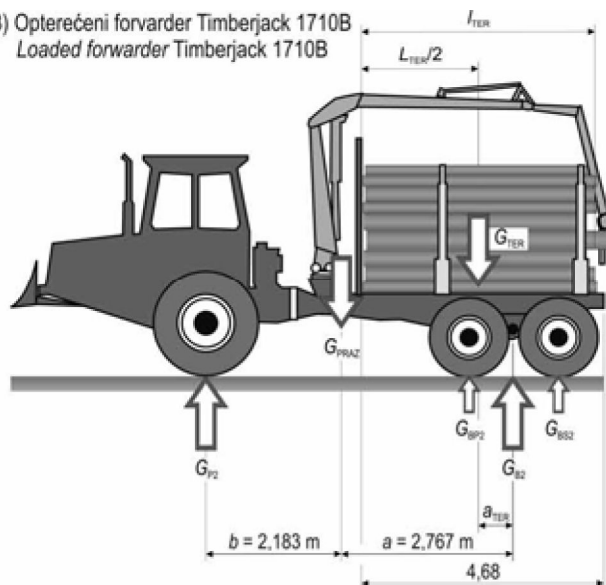
slijedi da je:

Udaljenost između položaja točke težišta i prednje osovine

$$b = (G_{B1} \cdot l) / G_{\text{PRAZ}} \text{ te}$$

Udaljenost između položaja točke težišta i stražnje osovine

$$a = l - b$$

B) Opterećeni forvarder Timberjack 1710B
Loaded forwarder Timberjack 1710B

Određivanje osovinskih opterećenja za opterećeni forvarder uz ograničenja $G_{\text{TER}} < 17\,000 \text{ kg}$ i $l_{\text{TER}} < 6 \text{ m}$

Pretpostavke:

a) tovar je forvardera (oblo drvo) pravilna prizma težine (G_{TER}) i duljine (l_{TER}) kojoj je udaljenost težišta od stražnje osovine

$$|a_{\text{TER}}| = [4,68 - (1,63/2) - 1,27] - l_{\text{TER}}/2$$

b) opterećenje je prednjeg i stražnjeg bogija stražnje osovine

$$\text{jednako, tj. } G_{BP2} = G_{BS2} = G_{B2}/2$$

Iz uvjeta $G_{P2} + G_{B2} = G_{\text{PRAZ}} + G_{\text{TER}}$ te uz postavljanje

jednadžbe momenata oko stražnje osovine $\sum M_b = 0$

$$G_{\text{PRAZ}} \cdot a \pm G_{\text{TER}} \cdot a_{\text{TER}} - G_{P2} \cdot l = 0$$

$$G_{\text{PRAZ}} \cdot a \pm G_{\text{TER}} \cdot a_{\text{TER}} = G_{P2} \cdot l$$

slijedi da je:

$$\text{Opterećenje prednje osovine } G_{P2} = (G_{\text{PRAZ}} \cdot a \pm G_{\text{TER}} \cdot a_{\text{TER}}) / l$$

$$\text{Opterećenje stražnje osovine } G_{B2} = G_{\text{PRAZ}} + G_{\text{TER}} - G_{P2}$$

Napomena - moment tereta oko stražnje osovine poprima

smjer $+ G_{\text{TER}} \cdot a_{\text{TER}}$ u slučaju $l_{\text{TER}} < 5,2 \text{ m}$ odnosno,

$- G_{\text{TER}} \cdot a_{\text{TER}}$ u slučaju $5,2 \text{ m} < l_{\text{TER}} < 6 \text{ m}$

Slika 5. Teorijski pristup proračuna osovinskih opterećenja natovarenoga forvardera

Figure 5 – Theoretical approach to axle load calculation of loaded forwarder

ovisnost raspodjele opterećenja nekoga forvardera samo o veličini tovara drva te tek djelomično o dobroti njegova slaganja u tovarni prostor.

Koristeći se KWF-ov metodološkim pristupom (Hauck 2002, Weise 2002, Weise i Nick 2003), Poršinsky (2005) na osnovi podataka mjerenja osovinskih opterećenja neopterećenoga forvardera Timberjack 1710B (Horvat i dr. 1999) i izmjerom osnovnih dimenzija vozila izračunava udaljenosti točke težišta od prednje i stražnje osovine neopterećenoga forvardera, odnosno raspodjele osovinskih opterećenja u ovisnosti o masi i dimenzijama natovarene oblovine u tovarni prostor forvardera (slika 5) za slučaj vozila u mirovanju na ravnom terenu.

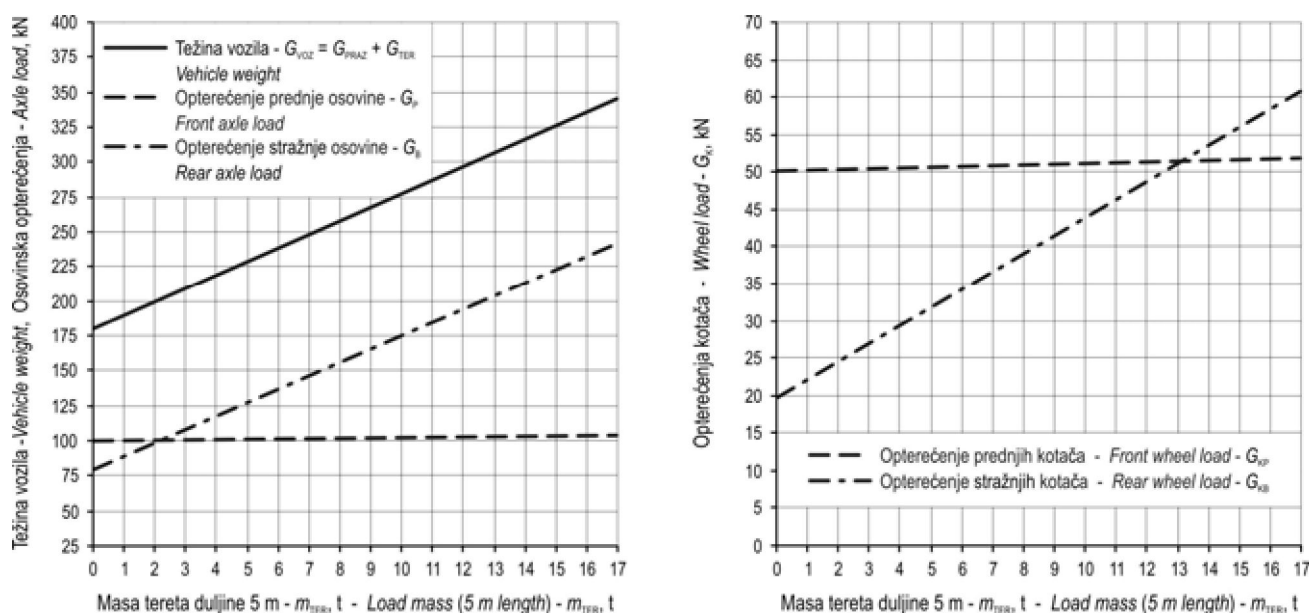
Primjenom jednadžbi prikazanih na slici 5 procijenjena su osovinska opterećenja i opterećenja ko-

tača forvardera Timberjack 1710B ovisno o masi natovarenoga tereta duljine 5 m (slika 6).

Ovisno o težini i duljini natovarene oblovine u tovarni prostor forvardera, rast će ukupna težina vozila. Pri tome je znakovit porast opterećenja na stražnjoj, odnosno beznačajan porast opterećenja na prednjem mostu, što dovodi do premještanja točke težišta od prednje ka stražnjoj osovini. Usporedba krivulje raspodjele osovinskih opterećenja i opterećenja kotača pokazuje iste zakonitosti.

3.2. Dodirna površina – Contact area

Oblik i veličina dodirne površine kotača i tla, uz raspodjelu tlaka na njoj, djeluje na raspodjelu naprezanja u tlu. U računanju teorijske raspodjele najčešće se koristi njezin pravokutni, eliptični ili kružni oblik.



Slika 6. Ovisnost osovinskih opterećenja i opterećenja kotača o masi tereta - forvarder Timberjack 1710B

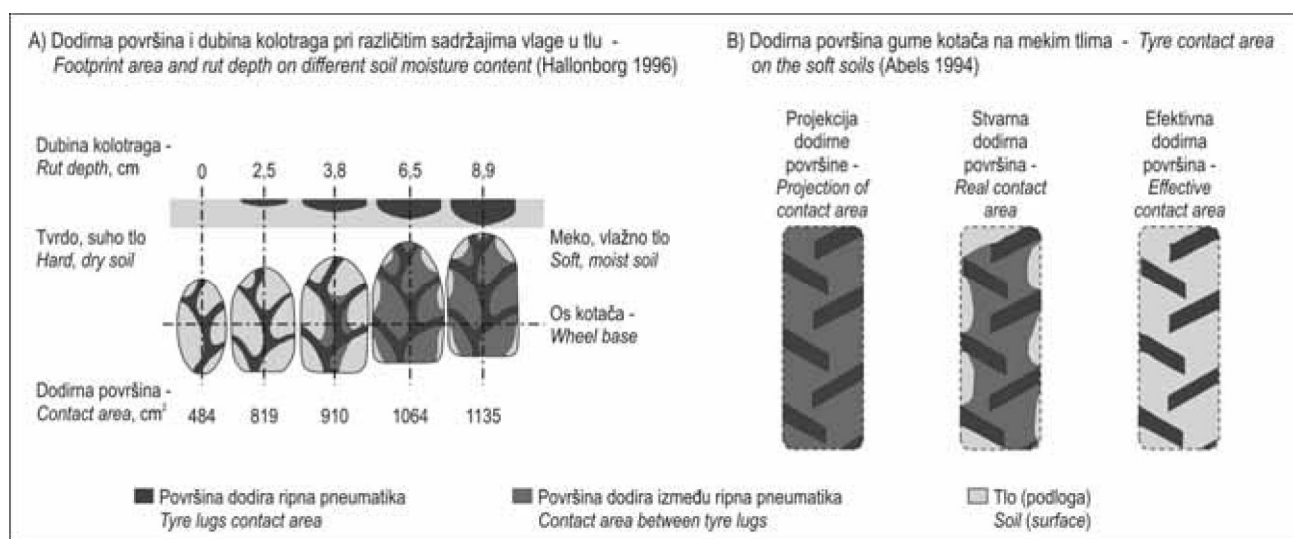
Figure 6 - Dependence of axle and wheel load on loaded mass - Timberjack 1710B Forwarder

Hallonborg (1996) navodi da je sa stajališta kretanja šumskih vozila najzanimljiviji eliptični oblik dodirne površine. Horvat (1993) smatra da razvoj i primjena guma na šumarskim vozilima imaju trend ka vrlo širokim gumama, s odnosom promjera i širine manjim od 2, pa one imaju oblik valjka. Time će, uz primjenu radijalnih guma, pravokutni oblik dodirne površine biti sve zanimljiviji za proučavanje kretnosti šumskih vozila.

Abbels (1994) ističe da se stvarni oblik dodirne površine gume razlikuje od teorijskoga (projekcija

površine dodira) na mekim tlima, dok pri kretanju po tvrdom tlu guma dodiruje podlogu samo na reb-rima, što bitno povećava dodirni tlak (slika 7B). Ronai (1983) utvrđuje da je tlak neposredno ispod reb-ra gume kotača na dodirnoj površini s tlom tri do pet puta veći u odnosu na tlak koji se javlja između reb-ra. Isti autor navodi da su mjerenja pokazala da se taj utjecaj gubi na dubini između 7 i 10 cm, ovisno o značajkama tla.

Postoje različite metode mjerenja površine dodira, koje se općenito zasnivaju na utiskivanju kotača



Slika 7. Problem dodirne površine gume - Figure 7 - Problem of tyre contact area

Tablica 3. Pregled najčešće primijenjenih izraza za izračunavanje dodirnoga tlaka vozila na tlo***Table 3** – Review of formula commonly used for calculating vehicle's contact pressure on soil*

Nominalni tlak na podlogu – <i>Nominal ground pressure</i> (Mellgren 1980) Nominalni tlak kotača – <i>Wheel nominal ground pressure</i> $NGP = \frac{G_k}{r \cdot b} \Rightarrow A = r \cdot b$
Nominalni tlak polugusjenice – <i>Semitrac nominal ground pressure</i> $NGP = \frac{G_b}{b \cdot (1,25 \cdot r + l)} \Rightarrow A = b \cdot (1,25 \cdot r + l)$
Dodirni tlak kotača – <i>Wheel contact pressure</i> (Dwyer 1984) $p = \frac{G_k}{b \cdot d} \cdot \sqrt{\frac{h}{\delta}} \cdot \left(1 + \frac{b}{2 \cdot d}\right) \Rightarrow A = \frac{b \cdot d}{\sqrt{\frac{h}{\delta}} \cdot \left(1 + \frac{b}{2 \cdot d}\right)}$
Srednja vrijednost najvećega tlaka – <i>Mean maximum pressure</i> (Larminie 1988) Kotačna vozila na glinovitom tlu – <i>Wheeled vehicle on fine-grained cohesive soil</i> $MMP = \frac{K \cdot G_{voz}}{2 \cdot m \cdot b^{0,85} \cdot d^{1,15} \cdot \sqrt{\frac{\delta}{h}}} \Rightarrow A = b^{0,85} \cdot d^{1,15} \cdot \sqrt{\frac{\delta}{h}}$
Gusjenična vozila na glinovitom tlu – <i>Tracked vehicle on fine-grained cohesive soil</i> $MMP = \frac{1,26 \cdot G_{voz}}{2 \cdot m \cdot c \cdot b \cdot \sqrt{d \cdot b_p}} \Rightarrow A = b \cdot \sqrt{d \cdot b_p}$
Dodirni tlak kotača – <i>Wheel contact pressure</i> (Silversides i Sundberg 1989) $p = 1,111 \cdot p_i \Rightarrow A = \frac{0,9 \cdot G_k}{p_i}$
Ograničavajući konusni indeks – <i>Limited cone indeks</i> (Maclaurin 1997) Kotačno vozilo – <i>Wheeled vehicle</i> $p = \frac{1,85 \cdot G_{voz}}{2 \cdot m \cdot b^{0,8} \cdot d^{0,8} \cdot \delta^{0,4}} \Rightarrow A = b^{0,8} \cdot d^{0,8} \cdot \delta^{0,4}$

* Oznake u skicama slike 8 odgovaraju oznakama u ovoj tablici – Symbols used in Figure 8 correspond to symbols in this Table

različitim opterećenjima u tlo poznatih značajki. Pri tome se nakon odizanja kotača rubovi dodira označuju bojom, a dodirna se površina najčešće utvrđuje metodom planimetriranja.

Saarilahti (2002f) pregledom literaturnih navoda prikazuje i uspoređuje tridesetak modela izračuna dodirne površine kotača i tla, od kojih se većina zasniva na teorijskim pristupima prikazanim na slici 8.

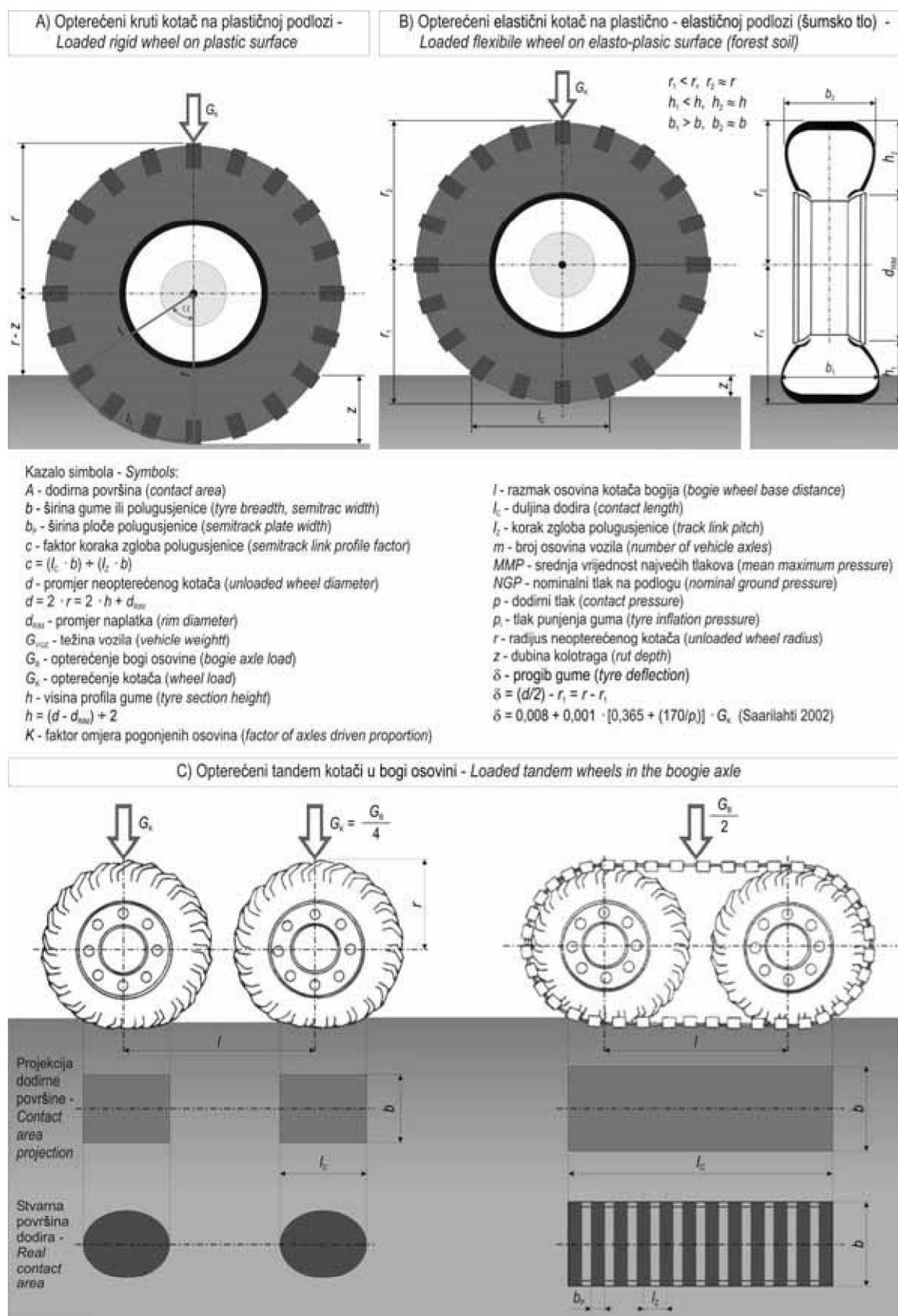
Na slučaju krutoga kotača na plastičnoj podlozi (slika 8A) zasniva se teorija nominalnoga tlaka vozila na podlogu (Mellgren 1980), koja dodirnu površinu

kotača s tlom (A) izračunava kao umnožak polumjera kotača (r) i širine gume (b). Taj pristup poistovjećuje duljinu dodira kotača i plastične podloge (l_c) s polumjerom kotača (r) uz propadanje kotača u tlo od 30 cm (Saarilahti 2002f) ili 15 % od promjera kotača (Mellgren 1980). Pojednostavljenje računanja dodirne površine, tj. aproksimacija duljine dodira opterećenoga kotača uz dubinu kolotruga od 30 cm s polumjerom kotača, teorijski ograničava široku uporabu ovoga modela. Osnovna zamjerka aproksimacije duljine dodira kotača s tlom leži u tome što je održiva samo, uz navedeno propadanje kotača, u slučaju kada je kut između početka i kraja dodira kotača s podlogom 1 rad ($\approx 57,3^\circ$), a radijus kotača treba iznositi 0,653 m. U stvarnosti je NGP granični dodirni tlak kotača na tlo, koji on može razviti u uvjetima smanjene nosivosti tla te se ne može rabiti za usporedbu pogodnosti dvaju različitih kotača u različitim uvjetima stanja tla. Prednost je ovoga parametra njegova jednostavnost, a nedostaci su zanemarivanje utjecaja progiba gume opterećenoga kotača pri kretanju, tlaka punjenja guma, neovisnost o značajkama tla te precjenjivanje utjecaja uporabe širih guma (Saarilahti 2002).

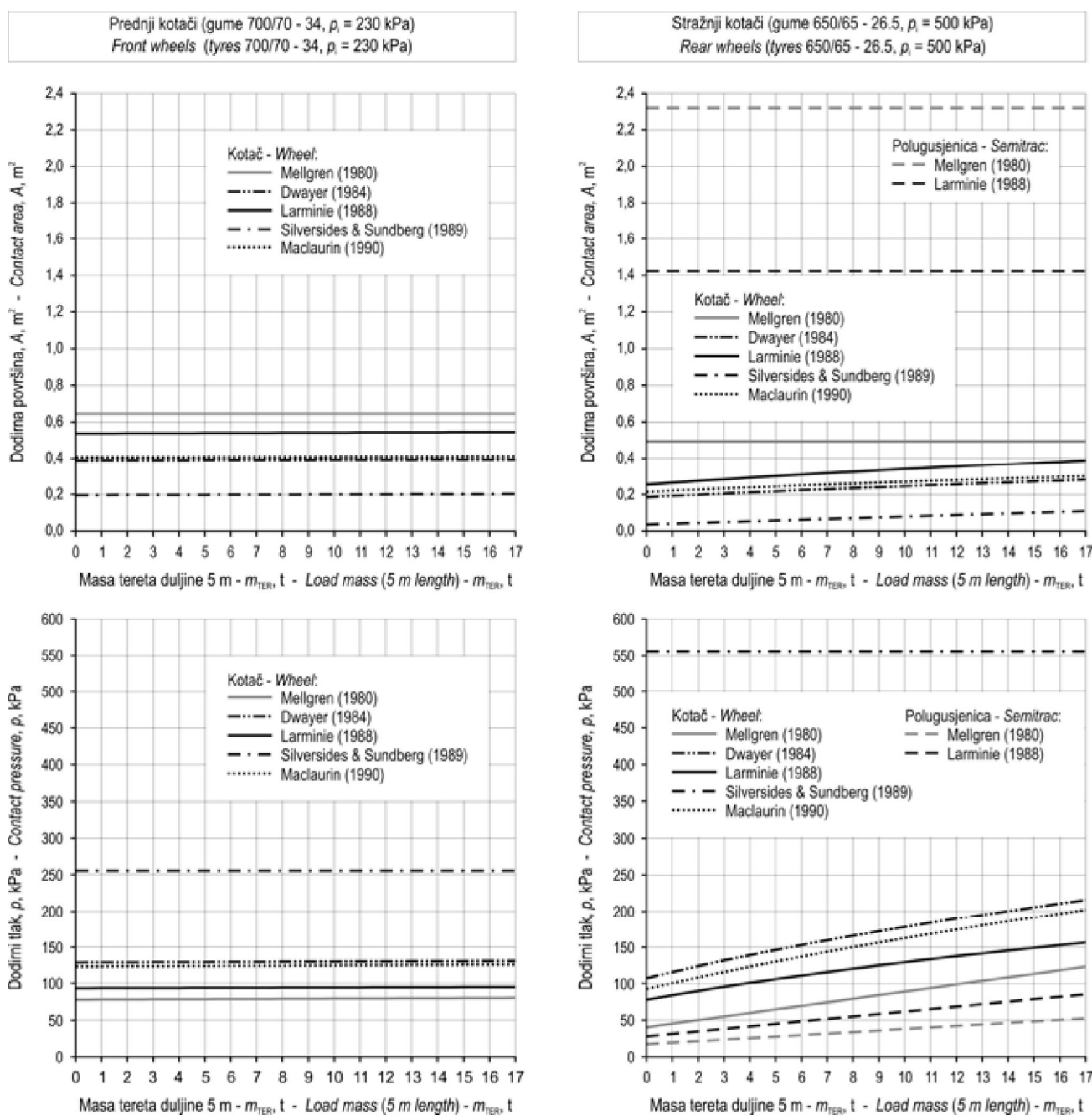
Slučaj opterećenoga elastičnoga kotača na elastično-plastičnoj podlozi najbolje opisuje dodir kotača vozila sa šumskim tlom (slika 8B), pri čemu je elastičnost gume i šumskoga tla poseban problem. Elastičnost gume kotača posljedica je deformiranja gume opterećenoga kotača, dok plastično-elastične značajke šumskoga tla ovise o čimbenicima koji utječu na njegovu nosivost.

Deformacije elastičnoga opterećenoga kotača očituju se u smanjenju polumjera (progib gume) i visine profila kotača te u povećanju širine kotača u odnosu na opterećeni kruti kotač. Saarilahti (2002f) određuje progib gume kao razliku polumjera neopterećenoga kotača (opterećenoga krutoga kotača) i polumjera opterećenoga elastičnoga kotača. Kad se raspolovi vodoravnom simetralom elastični opterećeni kotač, navedene su deformacije značajno izražene u području donje polovice gume kotača. Pri manjem tlaku punjenja guma zrakom progib utječe na veličinu površine dodira. Punjenjem iznad određenoga kritičnoga tlaka guma se kotača počinje ponašati kao kruti kotač. Pod stalnim tlakom punjenja guma zrakom i stalnim opterećenjem kotača površina dodira ovisi o čimbeniku koji utječe na nosivost koherentnoga tla – trenutnoj vlažnosti.

Saarilahti (2002g) smatra da su opterećenja kotača kod vozila koja se rabe u poljoprivredi ili u vojne svrhe stalne vrijednosti, zbog čega se progib guma kotača najčešće iskazuje kao empirijska stalnica određenoga tipa vozila. Isti autor navodi da se pri privlačenju drva forvarderima progib gume ko-



Slika 8. Teorijski pristupi problemu dodira kotača s tlom - Figure 8 - Theoretical approach to the problem of wheel - soil contact



Slika 9. Utjecaj mase utovarene oblovine na dodirnu površinu i tlak forvardera Timberjack 1710B

Figure 9. - Influence of loaded roundwood mass on contact area and contact pressure - Timberjack 1710B Forwarder

tača mijenja ovisno o masi natovarene oblovine u tovarni prostor vozila. Zbog važnosti utjecaja progiba gume na veličinu dodirne površine kotača i tla navedeni autor preporučuje pri izračunu dodirnoga tlaka forvardera na tlo primjenu izrazâ koji u sebi sadrže progib gume. Za izračun vrijednosti progiba forvarderskih guma ističe pogodnost empirijskoga izraza koji za nezavisne varijable koristi opterećenje kotača te tlak punjenja guma zrakom (slika 8).

Radi poboljšanja kretnosti forvardera prilikom prelaženja površinskih prepreka terena te zbog nepovoljne preraspodjele osovinskih opterećenja natovarenoga vozila proizvođači forvardera već dulje vrijeme umjesto klasične osovine konstruiraju vozila s bogi osovinama, kod kojih su po dva kotača smještena jedan blizu drugoga u tzv. tandemskom rasporedu. Šesterokotačni forvarderi izvode se sa stražnjom bogi osovinom vozila, dok je kod osmero-

kotačnih i prednja i stražnja osovina u bogi izvedbi. U slučaju ograničene nosivosti šumske podloge na kotače bogi osovine montiraju se polugusjenice radi poboljšanja kretnosti forvardera te iz okolišnih razloga zbog smanjenja dodirnoga tlaka na šumsko tlo (slika 8C).

U literaturi postoji velik broj istraživanja dodirne površine gume kotača vozila i tla te istraživanja tlaka dodirne površine gume. Stoga su u daljnjem prikazu odabrani izrazi autora koji su najčešće citirani u literaturi koja se bavi problemima kretanja vozila tijekom privlačenja drva (tablica 3).

Poznavanjem morfoloških značajki forvardera Timberjack 1710B, značajki prednjih i stražnjih guma (dimenzije, tlak punjenja zrakom), dimenzija korištene polugusjenice, te podataka procjene raspodjele opterećenja među osovinama i kotačima forvardera i progiba guma, ovisno o promjeni mase utovarene oblovinne, otvorena je mogućnost izračuna dodirne površine i dodirnoga tlaka ovoga forvardera i tla. Pri tome su primijenjeni stohastički izrazi više navedenih autora (tablica 3) radi procjene pogodnosti primjene pojedinoga izraza pri privlačenju drva forvarderom. Poznavanje promjena dodirnoga tlaka u odnosu na masu utovarene oblovinne u forvarder omogućuje izbor vozila za privlačenje drva te planiranje tereta, što u krajnosti treba ukloniti razloge prekomjernoga zbijanja tla (Sever i Horvat 1990).

Analizu utjecaja mase utovarene oblovinne u tovarni prostor forvardera na vrijednosti dodirne površine i dodirnoga tlaka ispod prednjih i stražnjih kotača vozila, odnosno ispod polugusjenice kotača stražnje bogi osovine prikazuje slika 9. Ispod prednjih kotača forvardera uočava se neovisnost vrijednosti dodirne površine i dodirnoga tlaka o povećanju mase utovarene oblovinne, što je posljedica raspodjele osovinskih opterećenja forvardera Timberjack 1710B. Za razliku od kotača prednje osovine, dodirna površina ispod stražnjih kotača forvardera, izračunata izrazima koji u sebi sadrže progib gume kotača, raste s povećanjem mase utovarene oblovinne, dok su vrijednosti dodirne površine polugusjenica stalne. Porast dodirnoga tlaka ispod stražnjih kotača, odnosno polugusjenica, posljedica je potpune preraspodjele opterećenja utovarene oblovinne na stražnju osovinu forvardera.

Usporednim prikazom izraza za dodirni tlak navedenih autora izračunate su promjene dodirne površine i dodirnoga tlaka, ovisno o masi utovarene oblovinne na primjeru forvardera Timberjack 1710B, iz kojih je uočljivo da:

- utjecaj tlaka punjenja guma u modelu Silver-sides i Sundberg (1989) dovodi do podcjenjivanja dodirne površine ispod kotača odnosno precjenjivanja vrijednosti dodirnoga tlaka,

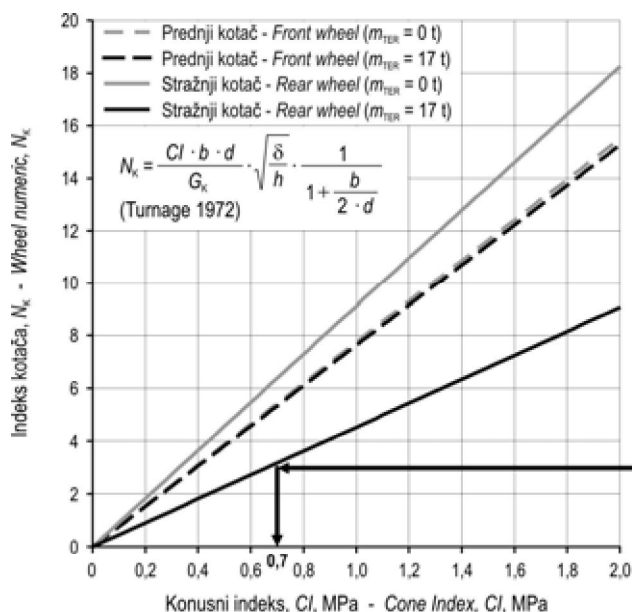
- model nominalnoga tlaka (Mellgren 1980) precjenjuje dodirnu površinu kotača i tla te time podcjenjuje vrijednosti dodirnoga tlaka,
- između modela koji pokazuju krivulje najmanjih i najvećih vrijednosti dodirne površine i dodirnoga tlaka uočava se poklapanje modela Dwayera (1984) i Maclaurina (1997), kojima su bliske srednje vrijednosti najvećega tlaka vozila izračunate Larminievim (1988) modelom,
- kod polugusjenica precjenjuje se dodirna površina primjenom modela nominalnoga tlaka (Mellgren 1980) zbog korištenja površine projekcije polugusjenice na tlo, čime model srednjih vrijednosti najvećega tlaka gusjeničnih vozila (Larminie 1988) postaje pogodniji za uporabu jer dodirnu površinu računa na osnovi širine pojedine ploče polugusjenice, odnosno koraka zgloba gusjenice.

Na osnovi navedenih spoznaja teško je donijeti sud koji je od prikazanih izraza najpogodniji za određivanje dodirnoga tlaka ispod različitih voznih sustava strojeva za privlačenje drva. Svakako da izrazi Maclaurina (1990) i Dwajera (1984) zaslužuju mjerne provjere na terenu, a do tada bi se unatoč svim svojim nedostacima proračunsko određivanje dodirnoga tlaka trebalo zasnivati na općeprihvaćenom nominalnom tlaku vozila na tlo, koji je svoje mjesto osigurao i u zadnjim operativnim razredbama terena za izvođenje šumskih radova.

4. Indeks kotača kao parametar okolišne prihvatljivosti – *Wheel numeric as environmental sound timber extraction parameter*

Metoda WES procjene kretnosti vozila zasniva se na indeksu kotača, tj. međudjelovanju jednoga kotača vozila i tla, čime se primjenjivost metode WES ograničava samo na slučaj jednakih dimenzija guma kotača i jednake raspodjele opterećenja po kotačima vozila. U slučaju različitih dimenzija prednjih i stražnjih kotača, odnosno nejednake raspodjele opterećenja između prednje i stražnje osovine vozila, za procjenu kretnosti vozila po metodi WES koristi se tzv. referentni kotač. Saarilahti (2002d) definira referentni kotač kao kotač vozila s najnižom vrijednošću indeksa kotača.

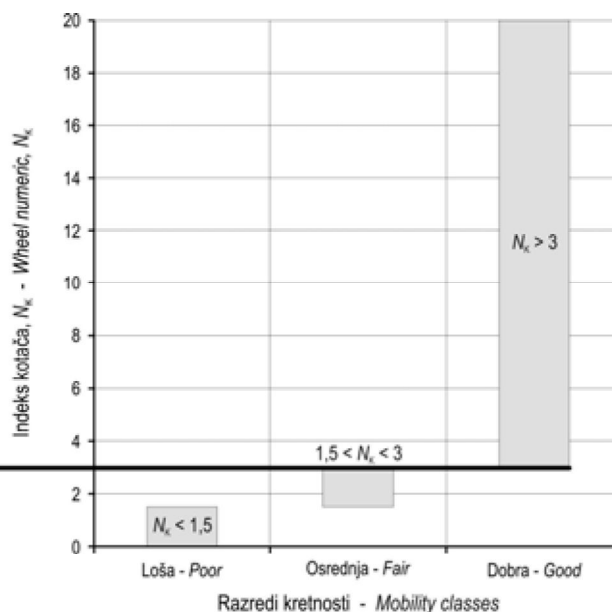
Ovisnost indeksa kotača prednje i stražnje osovine forvardera Timberjack 1710B za slučajeve nenatovarenoga ($m_T = 0$ t) i nominalno ($m_T = 17$ t) natovarenoga vozila o konusnom indeksu tla prikazuje slika 10. Analizirajući navedenu ovisnost uočljivo je da su prednji kotači referentni u slučaju nenatovarenoga



Slika 10. Ovisnost indeksa kotača forvardera o konusnom indeksu
Figure 10. - Dependence of forwarder wheel numerics on cone index

forvardera, dok kod nominalno natovarenoga referentni postaju stražnji kotači.

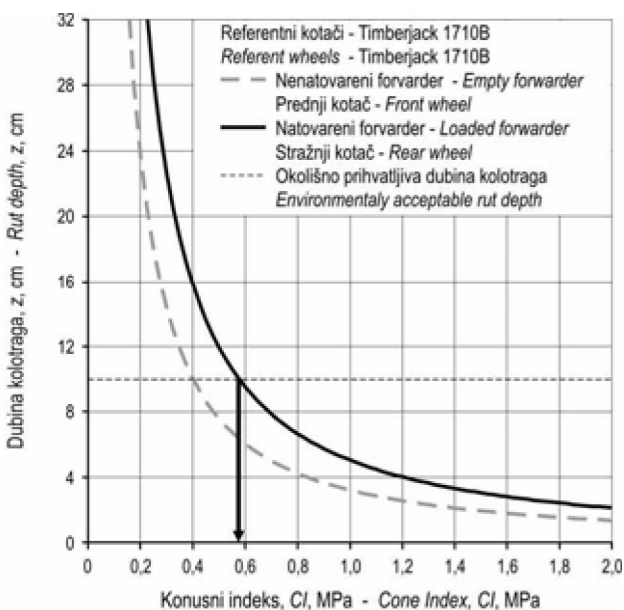
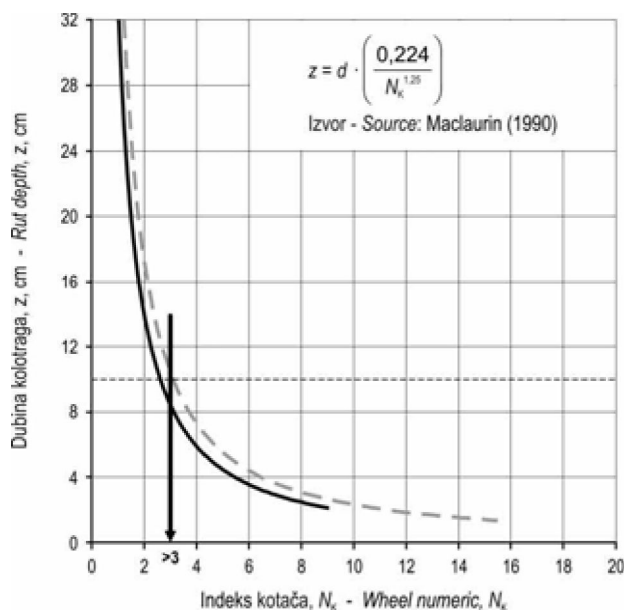
Na osnovi indeksa kotača Saarilahti (2002e) procjenjuje kakvoću kretnosti vozila, raščlanjujući je u tri razreda (slika 11). Ako se za granični indeks kotača izabere 3 kao najmanja vrijednost dobre kretnosti (slika 11), tada se zapaža da tlo u tom slučaju treba imati konusni indeks od najmanje 0,7 MPa (slika 10).



Slika 11. Razredba kretnosti vozila temeljem indeksa kotača
Figure 11. - Vehicle mobility classification according to wheel numeric

Postavlja se pitanje da li sa stanovišta potrajnoga gospodarenja šumama ovakvo ocjenjivanje kretnosti vozila treba biti smjernica kojoj treba težiti jer jasno ne izražava posljedičnost privlačenja drva.

Međutim, čvrsta povezanost indeksa kotača i dubine kolotraga (slika 2) otvara mogućnost primjene indeksa kotača kao parametra koji opisuje okolišnu prihvatljivost privlačenja drva. Pri tome



Slika 12. Utjecaj indeksa kotača i konusnoga indeksa na dubinu kolotraga - referentni kotači forvardera Timberjack 1710B

Figure 12 - Influence of wheel numeric and cone index on rut depth - Referent wheels of Timberjack 1710B forwarder

dubinu kolotraga do 10 cm kao okolišno prihvatljivu preporučuje protokol EcoWood za djelotvorno pridobivanje drva na osjetljivim šumskim tlima (Owende i dr. 2002).

Za procjenu okolišne prihvatljivosti privlačenja drva forvarderom Timberjack 1710B upotrijebljen je model ovisnosti dubine kolotraga koji kao ulazni parametar koristi Turnageov indeks kotača (Maclaurin 1990). Ovisnosti su prikazane s obzirom na indeks kotača, odnosno konusni indeks tla (slika 12). Pri tome je kao kriterij okolišne prihvatljivosti postavljeno međudjelovanje vozila i tla (indeks kotača) odnosno nosivost tla (konusni indeks) kod kojih se indeksa sijeku krivulje procjene dubine kolotraga s okolišno referentnom dubinom kolotraga (10 cm).

Iz slike 12 se zapaža da za nenatovareni forvarder Timberjack 1710B, kojemu su referentni kotači prednje osovine, indeks kotača mora iznositi 3,1, odnosno konusni indeks tla mora iznositi 400 kPa. Za nominalno natovareni forvarder (17 t oblovine), kada kotači stražnje osovine postaju referentni, indeks kotača mora iznositi 2,6, a konusni indeks mora imati vrijednosti iznad 575 kPa.

Iz toga se može zaključiti da su granične vrijednosti indeksa kotača koje definiraju mobilnost dovoljno dobre – zahtijevaju tlo konusnoga indeksa od barem 0,7 MPa, što je oštrij kriterij od onoga dobivenoga prema graničnoj dubini kolotraga od 10 cm, kada je dovoljna granična nosivost tla definirana konusnim indeksom od 0,6 MPa.

5. Zaključak – Conclusion

Indeks kotača definiran kao odnos između konusnoga indeksa tla i tlaka ispod kotača vozila, odnosno definiran kao faktor koji obuhvaća nosivost tla s jedne strane i karakteristike djelovanja kretanoga sustava vozila na tlo preko vertikalnoga opterećenja, dimenzija i elastičnih značajki kotača, dobro je polazište za ocjenu okolišne pogodnosti kotačnih šumskih vozila za privlačenje drva.

Granična vrijednost indeksa kotača koja definira dobru kretanost vozila pokazala se i »oštrijim« kriterijem od one koja određuje graničnu dubinu kolotraga.

Temeljni mjeriteljski problem pri određivanju vrijednosti ovoga parametra – mjerenje tlaka ispod kotača vozila – može se zadovoljavajuće riješiti primjenom nekoga od poluempirijskih izraza. Pri tome se izrazi Dwayera (1984) i Maclaurina (1997) čine najpovoljnijima.

Prema tomu jednostavnim *in situ* mjerenjem penetracijske značajke tla (konusni indeks) te primjenom neprekomjerno kompliciranih poluempirijskih

izraza može se relativno brzo ocijeniti okolišna pogodnost nekoga šumskoga kotačnoga vozila.

Prijelaz iz raščlambe sustava kotač – tlo u sustav vozilo – teren može se djelomično riješiti primjenom »referentnoga« kotača, ali i dalje ostaje značajan utjecaj dinamičke raspodjele vertikalnih opterećenja, pogotovo za vozila koja, poput skidera, vuku teret jednim krajem oslonjenim na tlo. Zbog toga je istraživanje dinamike opterećenja skidera važan i trajan znanstvenoistraživački zadatak. Pri tome treba kazati da je današnji stupanj razvoja mjerne opreme, koji omogućuje bežični prijenos mjernih signala s vozila do mjesta prikupljanja, znatno olakšao mjeriteljski problem ovakvih istraživanja u eksploatacijskim uvjetima.

Osim ovih istraživačkih napora, a radi što sveobuhvatnije analize dobrote indeksa kotača kao parametra kojim se može procijeniti okolišna pogodnost šumskih vozila za privlačenje drva, daljnje kvantitativno povezivanje istraživanja djelovanja vozila na tlo i sastojinu i indeksa kotača važna je zadaća.

6. Literatura – References

- Abeels, P. F. J., 1994: Mechanization of the forest operations and impacts on the environment. Interactive seminar and workshop »Soil, tree, machines interaction«, Feldafing, Germany, 1 – 24.
- ASAE, 1999: Soil Cone Penetrometer (ASAE S313.3 FEB99), ASAE Standards 2000, 831 – 833.
- ASAE, 1999: Procedures for Using and Reporting Data Obtained with the Soil Cone Penetrometer (ASAE EP542 FEB99), ASAE Standards 2000, 986 – 989.
- Anttila, T., 1998: Predicting the rut formation in forest soils by use of the WES method. Department of Forest Resource Management University of Helsinki, Publications, 17: 1 – 53.
- Baladi, G. Y., 1987: Terrain evaluation for off-road mobility. Proceedings of 9th ISTVS International Conference, Barcelona, 1: 1 – 19.
- Bekker, M. G., 1960: Off-the-road locomotion, The University of Michigan Press, 1 – 215.
- Dwyer, M. J., 1984: Computer models to predict the performance of agricultural tractors on heavy draught operations. Proceedings of the 8th International ISTVS Conference, August 6 – 10, 1984, Cambridge, England, Volume 3: 933 – 952.
- Hallonborg, U., 1996: Super ellipse as tyre-ground contact area. Journal of Terramechanics, 33 (3): 125 – 132.
- Hauck, B., 2002: Volle Ladung in der Prüfarbeit! KWF Forsttechnische Informationen, 1 + 2: 1 – 3.
- Hetherington, J. G., 2001: The applicability of the MMP concept in specifying off-road mobility for wheeled and tracked vehicles. Journal of Terramechanics, 38 (2): 63 – 70.

- Horvat, D., 1993: Prilog proučavanju prohodnosti vozila na šumskom tlu. Disertacija, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 234.
- Horvat, D., 1994: Penetrometar – mjerilo za procjenu sabijenosti šumskoga tla (Penetrometer – measuring device for estimation of forest soil compaction). *Mehanizacija šumarstva*, 19 (3): 161 – 171.
- Horvat, D., V. Goglia, S. Sever, 1999: Izvješće o istraživanju nekih tehničkih značajki forvardera Timberjack 1410 i Timberjack 1710. *Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, 1 – 19.
- Larminie, J. C., 1988: Standards for the mobility requirements of military vehicles. *Journal of Terramechanics*, 25 (3): 171 – 189.
- MacLaurin, E. B., 1990: The use of mobility numbers to describe the in-field tractive performance on pneumatic tyres. *Proceedings of the 10th International ISTVS Conference*, August 20 – 24, 1990, Kobe, Japan, Volume 1: 177 – 186.
- Mellgren, P. G., 1980: Terrain Classification for Canadian Forestry. *Canadian Pulp and Paper Association*, 1 – 13.
- Owende, P. M. O., J. Lyons, R. Haarlaa, A. Peltola, R. Spinelli, J. Molano, S. M. Ward, 2002: Operations protocol for Eco-efficient Wood Harvesting on Sensitive Sites. Project ECOWOOD, Funded under the EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999 – 2002), 1 – 74.
- Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovin iz nizinskih šuma Hrvatske (Efficiency and Environmental Evaluation of Timberjack 1710B Forwarder on Roundwood Extraction from Croatian Lowland Forests). Disertacija, *Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, 1 – 170.
- Ronai, D. M., 1983: Teorija kretanja van tvrdih puteva. *Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu*, 1 – 324.
- Saarilahti, M., 2002a: Soil interaction model. Project deliverable D2 (Work package No. 1) of the Development of a Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites (ECOWOOD). EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999 – 2002), 1 – 87.
- Saarilahti, M., 2002b: Dynamic terrain classification – Modelling of the seasonal variation of the trafficability on forest sites. *Soil interaction model*, Appendix Report No 1, 1 – 22.
- Saarilahti, M., 2002c: Evaluation of the WES-method in assessing the trafficability of terrain and the mobility of forest tractors – Part 1: WES mobility models. *Soil interaction model*, Appendix Report No 2, 1 – 39.
- Saarilahti, M., 2002d: Evaluation of the WES-method in assessing the trafficability of terrain and the mobility of forest tractors – Part 2: Comparison of the different WES-models. *Soil interaction model*, Appendix Report No 3, 1 – 28.
- Saarilahti, M., 2002e: Evaluation of the WES-method in assessing the trafficability of terrain and the mobility of forest tractors – Part 3: Interpretation and application of results. *Soil interaction model*, Appendix Report No 4, 1 – 15.
- Saarilahti, M., 2002f: Modelling of the wheel and tyre, 1. Tyre and soil contact – Survey on tyre contact area and ground pressure models for studying the mobility of forest tractors. *Soil interaction model*, Appendix Report No 5, 1 – 43.
- Saarilahti, M., 2002g: Modelling of the wheel and tyre, 2. Tyre stiffness and deflection – Survey on tyre deflection models for studying the mobility of forest tractors. *Soil interaction model*, Appendix Report No 6, 1 – 15.
- Saarilahti, M., 2002h: Modelling of the wheel and tyre, 3. Tyre/soil models for predicting rut formation and soil compaction – Survey on soil deformation models for studying the mobility of forest tractors. *Soil interaction model*, Appendix Report No 7, 1 – 19.
- Saarilahti, M., 2002i: Modelling of the wheel and soil, 4. Forest soil properties – Survey on forest soil properties and soil compaction for studying the mobility of forest tractors. *Soil interaction model*, Appendix Report No 8, 1 – 37.
- Sever, S., D. Horvat, 1990: Sabijanje tla pri izvoženju i vuči drva teškim traktorima (Soil compaction at wood hauling and wood skidding with heavy-duty tractors). *Glasnik za šumske pokuse*, 26, *Šumarski fakultet Zagreb*, 519 – 546.
- Silversides, C. R., U. Sundberg, 1989: Operational Efficiency in Forestry – Volume 2: Practice. *Kluwer Academic Publishers – Forest Sciences*, Dordrecht/Boston/Lancaster, 1 – 169.
- Šušnjar, M., 2005: Istraživanje međusobne ovisnosti značajki tla traktorske vlake i vučne značajke skidera (Interaction between soil characteristics of skid trail and tractive characteristics of skidder). Disertacija, *Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, 1 – 146.
- Ward, S. M., J. Lyons, 2000: The development of an operations protocol for wood harvesting on sensitive sites. *Proceedings of International conference »Thinnings: A valuable forest management tool«*, September 9–14, 2001, IUFRO Unit 3.09.00 & FERIC & Natural Resources Canada & Canadian Forest Service, CD, 1 – 12.
- Ward, S. M., P. M. O. Owende, 2003: Development of a protocol for eco-efficient wood harvesting on sensitive sites. *Proceedings of the 2nd International Scientific Conference »Forest and Wood-Processing Technology vs. Environment – Fortechenvi Brno 2003«*, May 26 – 30, 2003, Brno, Czech Republic, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno & IUFRO WG 3.11.00, 473 – 482.
- Wästerlund, I., 1994: Forest response to soil disturbance due to machine traffic. *Interactive seminar and workshop »Soil, tree, machines interaction«*, Feldafing, Germany, 1 – 23.
- Weise, G., 2002: Was kann der Rückezug wirklich? *KWF Forsttechnische Informationen*, 1 + 2: 4 – 6.
- Weise, G. L. Nick, 2003: Determining the performance and the environmental impact of forest machines – Classification numbers and performance diagrams. *Proceedings of Austro2003 – High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain*, October 5 – 9, 2003, Schlägl, Austria, University of Natural Resources and Applied Life Sciences Vienna, CD-ROM, 1 – 10.

Abstract

Wheel Numeric as Parameter for Assessing Environmental Acceptability of Vehicles for Timber Extraction

This paper presents the research of possibilities of use of wheel numeric, as a satisfying parameter that describes the environmental acceptability of interaction between vehicle wheels and soil in off-road timber extraction.

The wheel numeric is a non-dimensional parameter (factor), which describes the interaction between the loaded wheel and soil, and its intent is to calculate arithmetically the number by which the capability of a vehicle's mobility is assessed regardless of the consequences, based on vehicle geometric values, mass distribution, dimensions and pneumatic stiffness. This parameter can be easily measured/calculated by simple on-site measurement of soil cone index and by use of semi-empiric expressions for contact pressure.

The analysis of the ratio between wheel numeric and rut depth, which can be easily measured and represents the most conspicuous consequence of the vehicle's adverse effects on soil, showed that the wheel numeric is a sufficiently good parameter for its assessment and therefore also for the assessment of the environmental acceptability.

In order to get a better understanding of this problem, the basic components of the wheel numeric as well as models of different authors for their calculation are exemplified by a 17-ton forwarder Timberjack 1710B.

The deficiency of the use of semi-empiric expressions for the calculation of wheel/soil contact pressure, as well as insufficient level of understanding of the dynamic distribution of vertical loads of a forest vehicle in different terrain conditions, especially in timber skidding, require further research in this direction.

Key words: vehicles for timber extraction, wheel numeric, environmental acceptability

Adresa autora – Authors address:

Doc. dr. sc. Tomislav Poršinsky
Izv. prof. dr. sc. Dubravko Horvat
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb
porsinsky@sumfak.hr
horvat@sumfak.hr

Primljeno (Received): 31. 8. 2005.
Prihvaćeno (Accepted): 23. 11. 2005.

Prilog poznavanju iznošenja drva šumskim žičarama

Tomislav Poršinsky, Igor Stankić

Nacrtak – Abstract

Rad je pregled užetnih sustava koji se upotrebljavaju u primarnom transportu obloga drva i koji se dijele na šumska vitla, šumske vučnice te šumske žičare. Posebna je pozornost posvećena šumskim žičarama opisom njihovih tehničkih sastavnica, sastavnica tehničke namjene, razredbe s obzirom na različite kriterije, prikazom najčešćih izvedbi današnjih šumskih žičara te smjerova njihova razvoja.

Područje primjene šumskih žičara prikazano je u svjetlu, u literaturi zadnje navedene, namjenske razredbe terena za izvođenje šumskih radova na djelotvoran i okolišno prihvatljiv način, izrađene u sklopu projekta EcoWood.

Usporedba djelotvornosti iznošenja drva žičarom s vučom drva skiderom u brdsko-planinskim šumama te izvoženja drva forvarderom u nizinskim šumama u Hrvatskoj upozorila je na troškovnu nekonkurentnost šumskih žičara u odnosu na sredstva za privlačenje drva koja su kretna po tlu, ali i na njihovu okolišnu pogodnost koju u budućnosti treba vrednovati.

Ključne riječi: iznošenje drva, šumske žičare, operativna razredba terena

1. Uvod – Introduction

Nakon sječe i izradbe stabala šumski su sorti-menti razasuti na velikoj površini, te ih treba prvo skupiti i privući po šumskom bespuću do pomoćno-ga stovarišta, a zatim transportirati do potrošačkih središta ili tržišta šumskim proizvodima. Razne raščlambe šumskoga transporta imaju izvorište u mjestu odvijanja transporta, načinu izvođenja transporta, cilju transporta te primijenjenim sredstvima. Današnje metode u eksploataciji šuma uvjetuju podjelu transporta drva na skupljanje drva, privlačenje drva te daljinski transport drva (Krgan 1991).

Tijekom skupljanja i privlačenja drva (primarni transport) oblovina se dijelom ili u potpunosti transportira izvan izgrađenih putova po šumskom bespuću, pri čem su moguća četiri temeljna načina: vučom drva po tlu, vučom drva s jednim krajem odignutim od tla te izvoženjem ili iznošenjem drva. Terenski čimbenici (nagib terena, površinske prepreke, nosivost podloge), otvorenost sječne jedinice, vrsta pri-hoda te moguće metode izrade drva određivat će sredstvo rada za privlačenje drva, a samim time i način privlačenja drva.

U hrvatskom šumarstvu privlačenje drva najčešće se obavlja posebnim šumskim zglobnim vozilima, koja vuku ili izvoze oblovinu (Poršinsky 2005). Ovi-sno o izvedbi voznoga sustava (kotač, polugusjenica), pri privlačenju drva vozila neposredno djeluju na tlo. Primjena ostalih načina privlačenja drva u ukupnoj proizvodnji hrvatskoga šumarstva zauzima neznatan udio.

Jedan od zamjenskih načina privlačenja drva jest iznošenje drva šumskim žičarama. Iznošenje je drva šumskim žičarama pomicanje drva po šumskom bespuću, gdje je oblovina pomoću užadi djelomično ili potpuno odignuta od tla (Tiernan i dr. 2002). Time je, pri iznošenju drva žičarama, međudjelovanje stroja (sustava) i tla smanjeno ili u potpunosti otklonjeno. Uporabom žičara manje je i oštećivanje sastojine u odnosu na postupke kod kojih se privlačenje drva odvija vozilima kretnima po tlu (Han i Kellogg 2000).

Drva se šumskim žičarama transportiraju ponaj-prije u brdsko-planinskom području, gdje je zbog velikih visinskih razlika na kratkim horizontalnim udaljenostima troškovno i okolišno neprihvatljiva gradnja sekundarnih šumskih prometnica. Sa stajališta otvaranja šuma šumske su žičare tercijarne šumske



Slika 1. Izvedbe šumskih vitala - **Figure 1** - Types of forest winches

prometnice koje jednokratno otvaraju šumsku površinu (Pičman i dr. 2001).

U usporedbi s alpskim i sjevernoameričkim zemljama, u kojima se šumske žičare upotrebljavaju već gotovo cijelo stoljeće, žičare u hrvatskom šumarstvu imaju sporadičnu primjenu (Sever 1987, Krpan i Ivanović 1997, Krpan i dr. 2003, Žagar 2003). Uzrok je tomu viša nabavna cijena žičnih sustava, viši troškovi iznošenja drva, potreba za izvježbanom i usuglašenom skupinom radnika, ali i tradicija privlačenja drva u brdsko-planinskim prebornim šumama, koja se zasniva na gradnji traktorskih putova te vuči drva skiderom (Krpan i dr. 2003).

Cilj je ovoga rada pregled značajki užetnih sustava za privlačenje drva, pri čem je posebna pozornost posvećena šumskim žičarama.

2. Podjele užetnih sustava u pridobivanju drva – *Classifications of cable logging systems*

Tijekom vremena autori su (Ugrenović 1957, Larsen 1975, Studier i Binkley 1975, Bojanin 1987) davali različite podjele sustava užetnih sustava za iznošenje drva. Te su podjele redovito bile povezane uz razinu tehnološkoga razvoja pojedinoga podneblja i/ili vremena te su kao takve zastarjele i gotovo

neprimjenjive pri podjeli današnjih modernih užetnih sustava (Tiernan i dr. 2002). Razredba koja ima najširu primjenu (Conway 1976, Pulkki 2004) jest ona koja šumske užetne sustave dijeli na:

- šumska vitla (*forest winches*)
- šumske vučnice (*highlead systems*)
- šumske žičare (*skyline systems*).

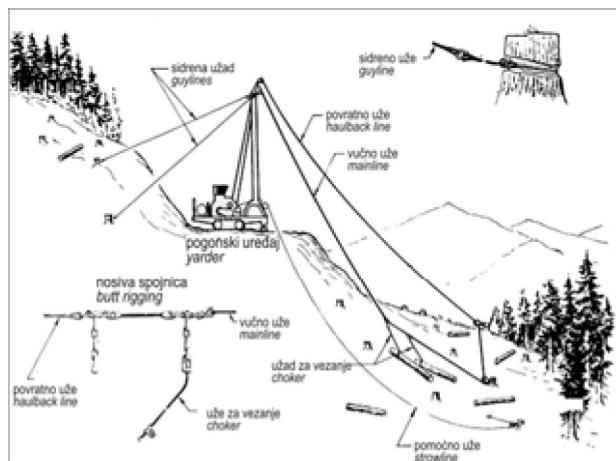
2.1. Šumska vitla – *Forest winches*

Šumska su vitla naprave čiji su osnovni dijelovi pogonski i trzamijski uređaj, bubanj te vučno uže. Izvlačenje je užeta ručno, a pri vuči drva teret se kreće u potpunosti oslonjen na tlo. Samostalna šumska vitla imaju vlastiti pogonski uređaj, a ostala se koriste pogonom vozila na koji su postavljena (skider ili nadograđeni poljoprivredni traktor – slika 1a) ili nekoga drugoga radnoga uređaja (npr. motorna pila – slika 1b). U prilagođenim oblicima vitla su osnovna sastavnica ostalih složenijih užetnih sustava.

Šumska se vitla uglavnom rabe samo tijekom skupljanja drva radi pomicanja drva od mjesta sječe (panja) do mjesta pripreme optimalnoga tovara za privlačenje (najčešće vlake, odnosno traktorsko-ga puta ili žične linije), tako da pri samom privlačenju drva vitlo sudjeluje kao pomoćna naprava (Košir 1987).

2.2. Šumske vučnice – Highlead

Osnovne su značajke šumske vučnice postojanje dvaju užeta (vučnoga i povratnoga) koja zahtijevaju dvobubanjno vitlo, ali i da se za prihvat drva ne koriste kolica (Conway 1976, Samset 1985). Pri tome je kod šumskih vučnica moguća primjena dviju naprava za prihvat tovara: nosive spojnice (*butt rigging*) ili nosive koloture (*rider block, monkey block*). Nosiva je spojnica čelična konstrukcija koja spaja vučno i povratno uže te uže za vezanje tovara. U slučaju da se za prihvat tovara koristi nosiva kolotura, vučno uže prolazi kroz nju i nastavlja se kao uže za vezanje. Pri tom načinu prihvata tereta moguće je postrano skupljanje drva na manjim udaljenostima do žične linije.



Slika 2. Šumska vučnica - **Figure 2** - Highlead

Privlačenje drva šumskim vučnicama ubraja se u načine privlačenja drva gdje se teret vuče u potpunosti oslonjen na tlo, što oštećuje tlo i pomladak. Oštećenja su preostalih dubećih stabala u prorednim sastojinama velika pa su šumske vučnice ocijenjene neprihvatljivim. Neke zemlje išle su tako daleko da su zbog primjena šumskih vučnica u prošlosti zabranile uporabu i šumskih žičara, što je bilo neopravdano (Dykstra i Heinrich 1996).

Područje rada šumskih vučnica su dovršne i čiste sječe na ravnim terenima te nagnuti tereni, i to: <20 % nagiba pri privlačenju drva nizbrdo i <50 % nagiba pri privlačenju uzbrdo (Pulkki 2004). Sa stajališta sigurnosti pri radu privlačenje drva šumskim vučnicama preporučljivo je uz nagib terena (WBC 1999).

Šumske se vučnice primjenjuju većinom u Sjevernoj Americi i jugoistočnoj Aziji, dok se u Europi vrlo slabo primjenjuju (Samset 1985).

2.3. Šumske žičare – Forest Skylines

Osnovna su značajka šumskih žičara najmanje dva užeta, od kojih jedno ima funkciju vuče tereta, dok drugo, među ostalim mogućim, uvijek i zadaću nošenja tereta. Kretnost/pomičnost užadi osiguravaju višebubanjna vitla (Košir 1997).

Prema broju užadi koja se rabi kod pojedinih šumskih žičara Trzesniowski ih (1998) dijeli na one s jednim, dva, tri, četiri, pet i više užadi. Isti autor užad šumske žičare prema namjeni dijeli na nosivo uže (*skyline*), vučno uže (*mainline*), povratno uže (*haulback line*), podizno uže (*hoisting line, skidding line*), pomoćno uže (*auxiliary line*), uže za vezanje tovara (*choker*), uže za sidrenje i stabilizaciju (*guyline*) te višenamjensko uže (*multi-purpose line*).

Dykstra i Heinrich (1996) navode ove značajke šumskih žičara:

- Nosivo je uže cijelom svojom duljinom podignuto iznad tla te predstavlja trasu žičare spajajući dva ili više oslonaca. Ti su oslonci obično stupovi (prirodni ili umjetni), dubeća stabla, panjevi ili odgovarajuća sidrišta.
- Iznošenje drva odvija se uz pomoć kolica koja se kreću po nosivom užetu. Oblovina koja se iznosi obješena je o kolica (slika 3).



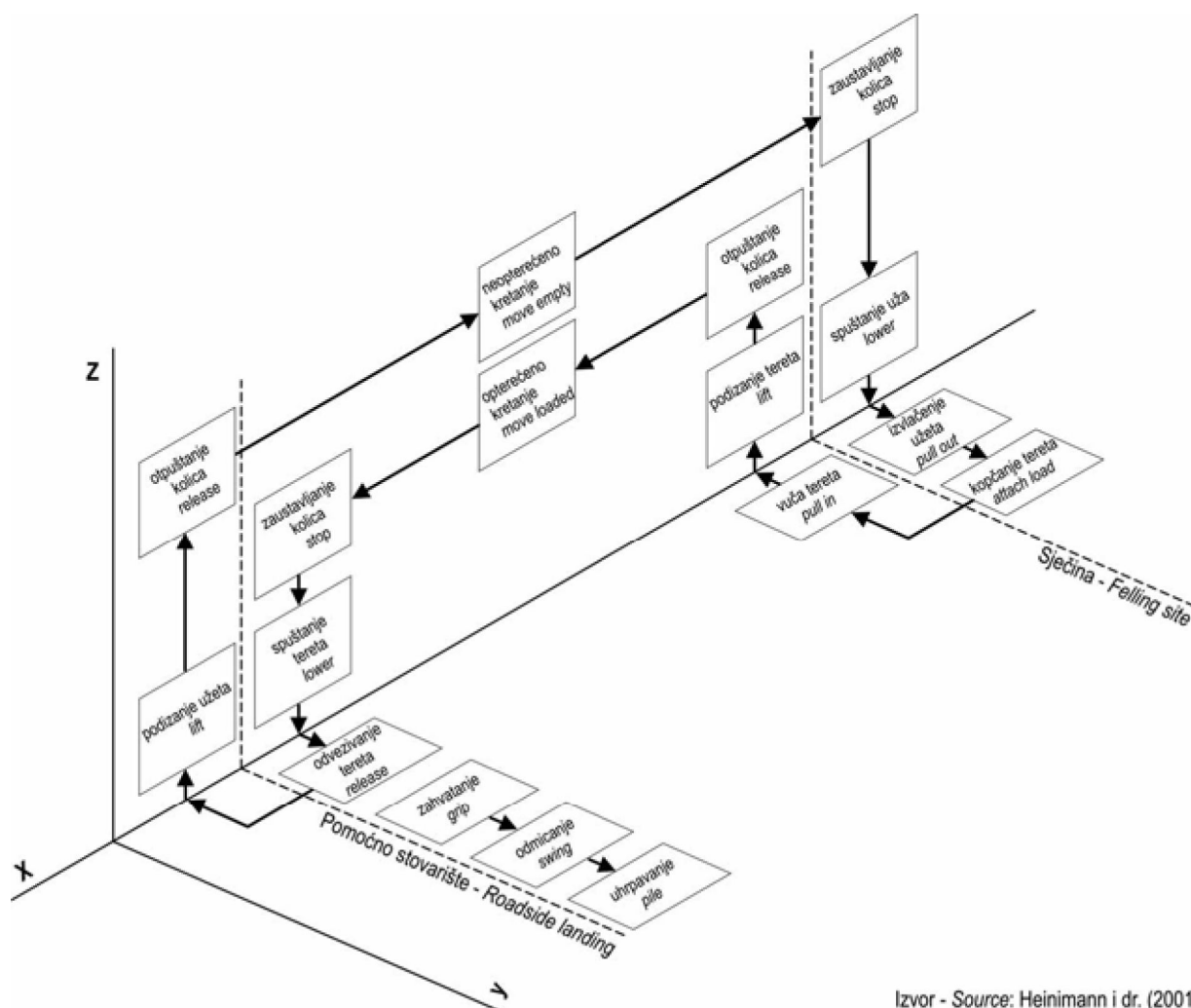
Slika 3. Kolica žičare - **Figure 3** - Skyline carriage

- Izvlačenje užeta za vezanje do tovara omogućuje neki dodatni uređaj (*slackpulling device*).
- Pri iznošenju drva oblovina je potpuno ili djelomično odignuta od tla, što manje oštećuje tlo i pomladak duž trase žičare.
- Pogonski se uređaj ne kreće po tlu kao što je to slučaj kod ostalih postupaka pridobivanja drva (izuzev zračnoga transporta drva balonom ili helikopterom).

Luk se nosivoga užeta šumske žičare definira kao dio nosivoga užeta razapetoga između dvaju susjednih oslonaca. Ako šumska žičara, odnosno njezino nosivo užje, čini samo jedan luk i ako ima samo dva oslonca, naziva se jednolučna šumska žičara (*single-span skyline*). U slučaju da nosivo užje čini više lukova, šumska se žičara naziva višelučna (*multi-span skyline*). Višelučne se žičare (slika 5d) upotrebljavaju kod većih udaljenosti iznošenja drva na jako razvedenim brdsko-planinskim terenima (Samset 1985).

Progib je nosivoga užeta šumske žičare okomita udaljenost između zamišljene crte koja spaja vrhove luka koji čini nosivo užje i samoga nosivoga užeta razapetoga između dvaju oslonaca, a izražava se u postotku od međusobne udaljenosti oslonaca. Progib je nosivoga užeta pri iznošenju drva neizbježan zbog same težine užeta. U slučaju napinjanja nosivo užje ima manju nosivost zbog već postojećih naprezanja. Prihvatljiv progib užeta kreće se od 6 do 15 % (MacDonald 1999).

Šumske žičare razlikuju se prema smjeru iznošenja drva ovisno o obliku terena, odnosno njegovu nagibu. Kod gravitacijskih šumskih žičara, koje iznose drvo uz nagib terena, izostaje potreba za povratnim užetom zbog toga što se neopterećena kolica vraćaju u sječinu (niz nagib) isključivo pod utjecajem sile teže. Za razliku od navedenoga, pri iznošenju drva niz nagib ili na ravnom terenu povratno užje vraća kolica u sječinu.



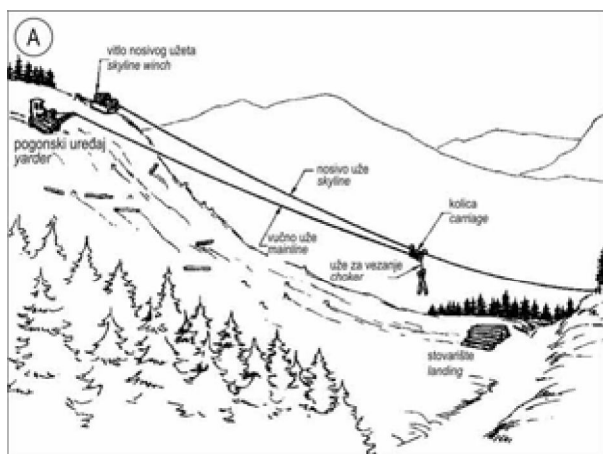
Izvor - Source: Heinimann i dr. (2001)

Slika 4. Sastavnice tehničke namjene šumskih žičara - **Figure 4** - Tehnical functions of forest skynelines

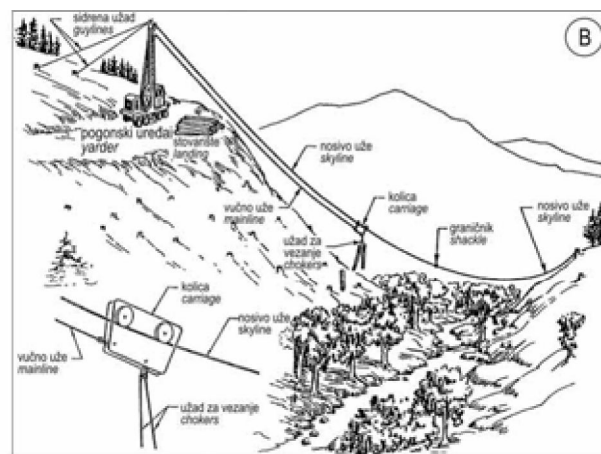
Postoji cijeli niz različitih vrsta i tipova kolica, a mogu se podijeliti prema opisanim značajkama. Na prvom je mjestu nosivost, zatim izvor pogonske energije, način izvlačenja užeta za vezanje te mogućnost i način zaustavljanja kolica (Trzesniowski 1998, Košir 1997). Kretanje kolica po nosivom užetu omogućuje neki pogonski uređaj. On može biti smješten u samim kolicima ili, kao što je to u većini slučajeva, na nekoj lokaciji kraj trase žičare. U tom se slučaju energija prenosi od pogonskoga uređaja do kolica uz pomoć i preko užadi. Razlikuju se kolica koja imaju mogućnost zaustavljanja na mjestu utovara (kočni uređaj – *clamping device*) i ona koja to nemaju. Izvor energije potrebne za izvlačenje užeta za vezanje još je jedan element podjele kolica. Tako izvlačenje užeta za vezanje može biti ručno, mehanički (preko užeta koje pogoni pogonski uređaj ili preko motora smještenoga u samim kolicima, koji može biti elektromotor, motor s unutrašnjim izgaranjem ili hidraulični motor).

Sastavnice tehničke namjene šumske žičare pri iznošenju drva u trodimenzionalnom koordinatnom sustavu prikazuje slika 4. Smjer pružanja trase žičare prati x-os, dok z-os opisuje vertikalnu dimenziju, tj. visinu na kojoj je nosivo užo razapeto iznad tla. Heinemann i dr. (2001) navode da se većina opisa sustava šumskih žičara oslanja na dvodimenzionalnu predodžbu x-z ravnine, iako iznošenje drva zahtijeva i bočno kretanje oblovine od mjesta sječe stabla (panja) do trase žičare koja je predstavljena sa y-osi. Isti autori određuju ove tehničke namjene šumskih žičara pri iznošenju drva:

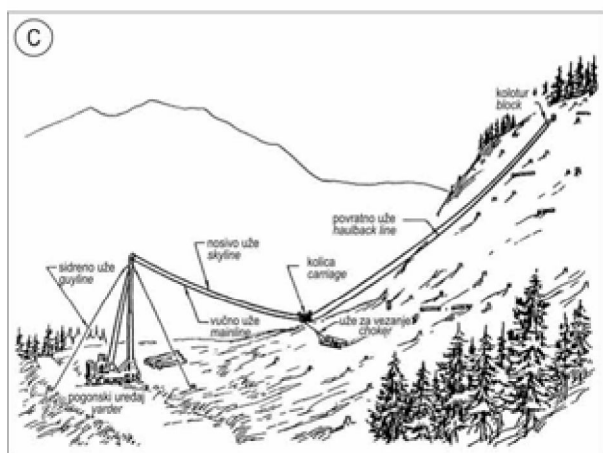
- transportna namjena (x-os): otpuštanje kolica na stovarištu, kretanje neopterećenih kolica od stovarišta do sječine, zaustavljanje kolica u sječini, otpuštanje kolica u sječini, kretanje opterećenih kolica iz sječine do stovarišta
- podizna namjena (y-os): spuštanje vučnoga užeta (kuke) na tlo u sječini, odizanje tereta



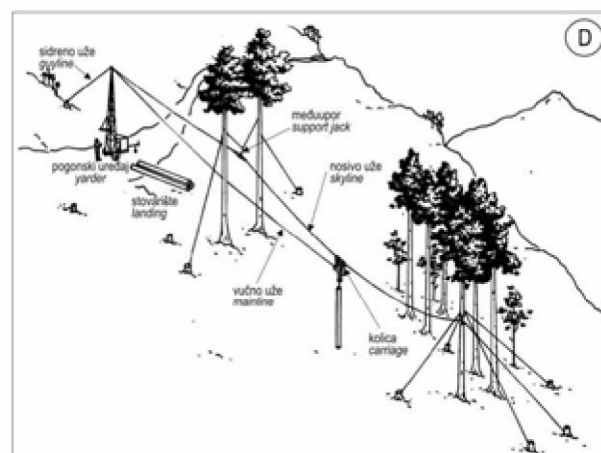
Šumska žičara s nepomičnim nosivim užetom, iznošenje niz nagib
(Standing Skyline System, downhill yarding)



Gravitacijska šumska žičara sa spuštajućim nosivim užetom
(Live Skyline Gravity System)



Šumska žičara s pokretnim nosivim užetom, iznošenje niz nagib
(Running Skyline System, downhill yarding)



Višelučna šumska žičara s nepomičnim nosivim užetom, iznošenje uz nagib
(Multispan Standing Skyline System, uphill yarding)

Slika 5. Sustavi šumskih žičara – **Figure 5** – Forest skylines systems



Slika 6. Najčešće inačice današnjih šumskih žičara - **Figure 6** - The most using types of current forest skyline

(oblovine) od tla u sječini, spuštanje tereta na tlo na stovarištu, podizanje vučnoga užeta na stovarištu

- vučna namjena (y-os): izvlačenje vučnoga užeta od trase žičare do izrađene oblovine ili posječenoga stabla, postrano privlačenje oblovine od panja (mjesto vezanja) do trase žičare
- namjena prihvata oblovine: vezanje oblovine na mjestu sječe i izradbe stabala te odvezivanje iznesene oblovine na pomoćnom stovarištu
- namjena prijenosa energije: osigurava snagu za vuču, povrat i pohranu energije.

Velik broj današnjih proizvođača postojeće opreme užetnih sustava, u kombinaciji s četiri sastavnice od kojih je sastavljena većina žičara (sustavi užadi, pogona, prihvata tereta te pomoćnih dijelova), daju velik broj mogućih inačica šumskih žičara (Conway 1976, Košir 1997).

Kriteriji za razredbu šumskih žičara su različiti. Samset (1985) dijeli žičare s obzirom na duljinu trase

žičare na žičare kratkih trasa (<300 m), žičare srednje dugih trasa (od 300 do 800 m) te žičare dugih trasa (od 800 do 2000 m). S obzirom na nosivost, odnosno prema najvećoj mogućoj težini tereta, Lukač (2001) ih dijeli na vrlo lake (<0,5 t), lake žičare (od 1 do 2 t), srednje teške žičare (od 2 do 3 t), teške žičare (od 3 do 5 t) te vrlo teške (>5 t).

Ovisno o tome da li je nosivo užje nepomično ili pomično, odnosno čvrsto usidreno na svojim krajevima, Studier i Binkley (1975) šumske žičare dijele na:

- šumska žičara s nepomičnim nosivim užetom (*standing skyline*): nosivo je užje čvrsto učvršćeno krajnjim osloncima te se ono pri radu ne može pomicati (slika 5a)
- šumska žičara sa spuštajućim nosivim užetom (*live skyline*): pri radu se nosivo užje redovito spušta i podiže (slika 5b). Kada se kolica zaustave na mjestu vezanja tovara, smanjivanjem tenzije u nosivom užetu ono se spušta zajedno s kolicima te omogućuje vezanje tovara.

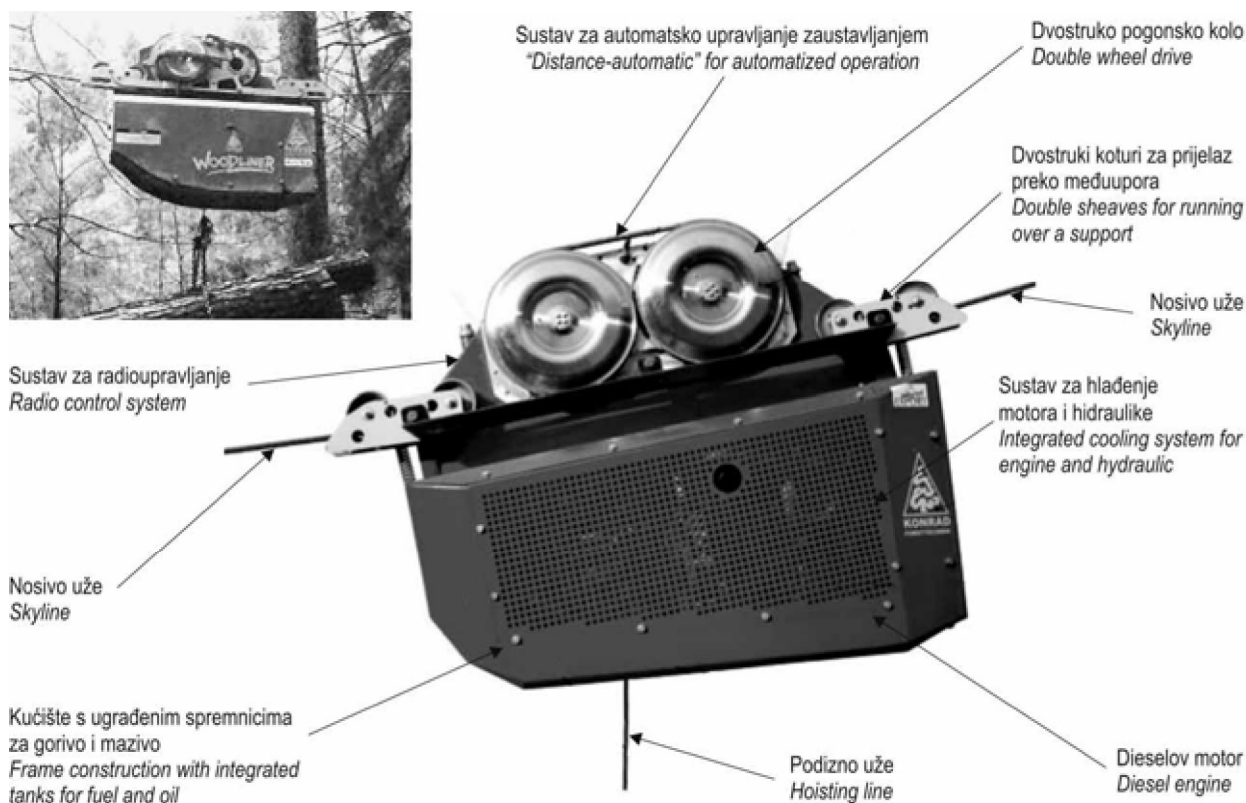
- šumska žičara s pokretnim nosivim užetom (*Running skyline*): poboljšana inačica šumske vučnice (slika 5c). Razlika je u načinu rada jer se umjesto nosive spojnice ili nosive koloture rabe kolica, a podignutim krajnjim osloncem ostvaruje se progib užeta potreban za iznošenje oblovine do istovarne rampe (pomoćnoga stovarišta).

Današnje šumske žičare (slika 6) najčešće imaju obilježja žičara s nepomičnim nosivim užetom, odnosno žičara sa spuštajućim nosivim užetom, gdje otpuštanje nosivoga užeta nema više namjenu spuštanja kolica na tlo prilikom vezanja tereta, već automatsko podešavanje progiba nosivoga užeta ovisno o težini ovješena tereta. Stoga je pogodnije današnje šumske žičare razvrstavati s obzirom na način pogona na ove vrste:

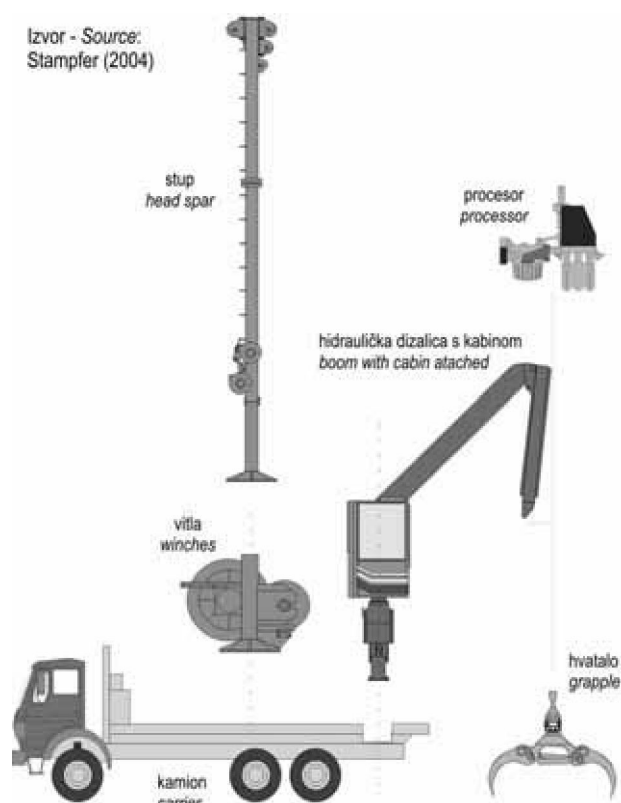
- šumske žičare s vlastitim pogonskim uređajem postavljene na kamionima (slika 6a)
- šumske žičare koje koriste pogonski uređaj radnoga stroja na koji su priključene (slika 6b)
- vučene šumske žičare s vlastitim pogonskim uređajem na priključnim vozilima (slika 6c)
- šumske žičare s vlastitim pogonskim uređajem na saonicama (slika 6d)
- samovozna kolica (slika 7).

Jedan od smjerova današnjega tehnološkoga razvoja jesu kolica koja imaju pogonski uređaj u vlastitom kućištu. Pri tome pogonski uređaj može služiti kao izvor energije za pogon podiznoga užeta i/ili za pogon podiznoga užeta i za vožnju kolica po nosivom užetu (slika 7). Upravlja se daljinskim radijskim uređajem. Negativna strana takvih kolica je to što njihova masa čak i do tri puta premašuje masu kolica koja nemaju ugrađen pogonski uređaj, čime je smanjena nosivost ove šumske žičare (Trzesniowski 1998). Samovozna su kolica zapravo šumska žičara s nepomičnim nosivim užetom.

Drugi smjer razvoja današnjih šumskih žičara čine stupne kamionske žičare, kojima je na stražnjem kraju šasije kamiona pridodana dizalica s kabinom (slika 8). Izborom alata za prihvat drva (hvatalo ili glava za izradbu drva) otvorena je mogućnost brze prilagodbe sustava u ovisnosti o primijenjenoj metodi izradbe drva (sortimentna ili stablovna) pojedine sječne jedinice, što je i osnovna značajka ovoga koncepta šumske žičare (Heinimann i dr. 2001). Pri tome se u slučaju stablovne metode izradbe drva spajaju iznošenje drva i izradba stabala, što u konačnici povećava proizvodnost cijeloga sustava pridobivanja drva (Košir 2004). Isto tako, bez obzira na



Slika 7. Samovozna kolica - **Figure 7** - Mechanized carriage



Slika 8. Stupna kamionska žičara s dizalicom – **Figure 8** – Truck tower yarder with attached boom

izbor alata za prihvat drva (a time i metode izradbe drva), kod ovoga je koncepta stupnih kamionskih žičara omogućeno u dohvat hidraulične dizalice slaganje drva u složajeve, čime je otklonjen problem brzoga zatrpavanja na istovarnoj rampi pomoćnoga stovarišta.

3. Područje rada šumskih žičara – *Forest skyline working area*

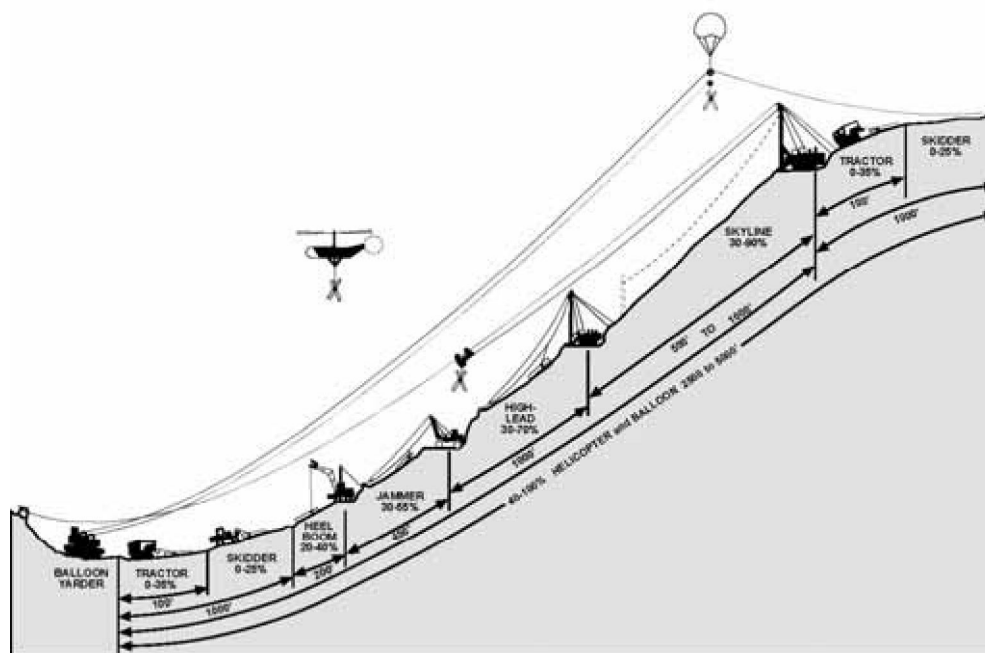
Kao terenske čimbenike šuma određenoga zemljopisnoga položaja koji uvjetuju stupanj težine, mogućnosti i ograničenja izvođenja mehaniziranih šumskih radova uopće, većina autora navodi: nagib terena, površinske prepreke te nosivost podloge (Conway 1976, Staff i Wiksten 1984, Silversides i Sundberg 1988, Saarilahti 2002). Terenski čimbenici imaju velik utjecaj na odabir mehaniziranih sredstava rada i na njihovu učinkovitost, a samim time i na troškove rada.

Nagib terena određene šumske površine, zbog utjecaja na siguran rad vozila, najvažniji je čimbenik pri izboru načina privlačenja drva (zračni, žični ili sustavi kretni po tlu – slika 9).

Razredba terena za šumarstvo je podjela šumskih površina u jedinice za koje vrijedi isti ili barem sličan

stupanj poteškoća sa stajališta izvođenja bilo koje vrste šumskih radova (Owende i dr. 2002). Razredba terena za izvođenje šumskih radova namijenjena je praktičnoj primjeni pri planiranju radova pridobivanja drva i njege šuma, kontroli izvođenja radova, ocjeni pogodnosti mehaniziranih sredstava rada te njihovoj međusobnoj usporedbi, razvoju mehaniziranih sredstava rada, planiranju tržišta, odnosno kao podloge pri sklapanju ugovora s privatnim poduzetnicima (Mellgren 1980).

Pri razredbi terena razlikuju se dvije razine pristupa (Saarilahti 2002). Prvu razinu čini opisna (deskriptivna, primarna) razredba terena koja opisuje teren prema mjerljivim značajkama i raščlanjuje ga u razrede neovisno o primijenjenim postupcima (Mellgren 1980, Košir 1982, Krpan 1990, Berg 1992). Drugu razinu pristupa čini namjenska (funkcionalna ili sekundarna) razredba koja povezuje mogućnost primjene određenih postupaka pridobivanja drva s razredima terenskih čimbenika (MacDonald 1999, Rowan 1995, Owende i dr. 2002). Glavna prednost opisne razredbe terena je njezina zasnovanost na razredima čimbenika šumskih terena te neovisnost o vrsti i tipu strojeva, čime je osigurana stalnost razredbe, odnosno izbjegnuta potreba za ponovnom razredbom terena pri uvođenju u rad novih tipova strojeva (Davis i Reisinger 1990).



Slika 9. Područja rada nekih načina privlačenja drva (Studier i Binkley 1975)

Figure 9 - Working areas of some timber extraction technologies (Studier & Binkley 1975)

Tablica 1. Opisna razredba terena prema projektu EcoWood (Owende i dr. 2002)

Table 1 - EcoWood - descriptive terrain classification (Owende et al. 2002)

Nosivost podloge Soil strength		Površinske prepreke Ground Roughness		Nagib terena Ground slope	
1	Čvrsto tlo Strong Soil	1	Ravan teren Even terrain	1	Umjereni nagib (<8°) Gentle (<14 %)
2	Osrednje čvrsto tlo Average soil	2	Djelomično neravan teren Uneven terrain	2	Srednji nagib (8° - 14°) Intermediate (14 - 25 %)
3	Meko tlo Soft Soil	3	Neravan teren Rough terrain	3	Strmi teren (>14°) Steep (>25 %)
4	Vrlo meko tlo Very soft soil	Primjer: Razred terena 3.2.3. - meko tlo na djelomično neravnom i strmom terenu Example: Terrain Class 3.2.3 - soft soil with uneven surface on a steep terrain			

Namjenska je razredba terena za izvođenje šumskih radova povezivanje raščlanjenih šumskih površina opisnom razredbom terena s mogućnošću primjene određenog načina pridobivanja drva, odnosno pojedinoga sredstva rada. Radi pojednostavljenja prikaza međudjelovanja pojedinih razreda terenskih čimbenika opisne razredbe terena (velik broj mogućih kombinacija) teren se prikazuje u obliku troznamenkastoga broja, gdje prvi broj označuje – razred nosivosti tla, drugi broj – razred površinskih prepreka i treći broj – razred nagiba terena.

Tablica 2 prikazuje, zadnju u literaturi dostupnu, operativnu razredbu terena za načine i sredstva privlačenja drva, koja je rezultat projekta EcoWood.

Prema navedenoj namjenskoj razredbi terena uočljiva su tri područja rada šumskih žičara:

- tereni za isključivi rad sa šumskim žičarama: površine šuma s nagibom terena >25 % i/ili tereni s izraženim površinskim preprekama
- prošireno područje rada šumskih žičara: šumske površine na kojima je moguće privlačiti drvo i s drugim sredstvima rada
- tereni na kojima je rad šumskim žičarama okolišno pogodan: područja nizinskih šuma na kojima su slabonosiva tla (glej, tresetište) koja ograničavaju kretnost vozila, ali i na kojima su posljedice (slika 10) privlačenja drva neprihvatljive (Owende i dr. 2001).

Tablica 2. Namjenska razredba terena za privlačenje drva prema projektu EcoWood (Ward i dr. 2003)**Table 2** - EcoWood - functional terrain classification (Ward et al. 2003)

1.1.1	2.1.1	3.1.1	4.1.1
	forvarder, skider, konjska sprega <i>Forwarder, Skidder, Horse</i>		gusjenični forvarder, žičara <i>Tracked Forwarder, Cable</i>
1.1.2	2.1.2	3.1.2	4.1.2
forvarder, skider, konjska sprega <i>Forwarder, Skidder, Horse</i>		forvarder, gusjenični forvarder, žičara <i>Forwarder, Tracked Forwarder, Cable</i>	
1.1.3	2.1.3	3.1.3	4.1.3
forvarder, skider, konjska sprega <i>Forwarder, Skidder, Horse</i>		žičara <i>Cable</i>	
1.2.1	2.2.1	3.2.1	4.2.1
	forvarder, skider, konjska sprega <i>Forwarder, Skidder, Horse</i>		gusjenični forvarder, žičara <i>Tracked Forwarder, Cable</i>
1.2.2	2.2.2	3.2.2	4.2.2
forvarder, konjska sprega <i>Forwarder, Horse</i>	forvarder, gusjenični forvarder <i>Forwarder, Tracked Forwarder</i>	gusjenični forvarder, žičara <i>Tracked Forwarder, Cable</i>	
1.2.3	2.2.3	3.2.3	4.2.3
gusjenični forvarder, žičara <i>Tracked Forwarder, Cable</i>		žičara <i>Cable</i>	
1.3.1	2.3.1	3.3.1	4.3.1
forvarder, žičara <i>Forwarder, Cable</i>		gusjenični forvarder, žičara <i>Tracked Forwarder, Cable</i>	
1.3.2	2.3.2	3.3.2	4.3.2
forvarder, žičara <i>Forwarder, Cable</i>	forvarder, gusjenični forvarder, žičara <i>Forwarder, Tracked Forwarder, Cable</i>	žičara <i>Cable</i>	
1.3.3	2.3.3	3.3.3	4.3.3
			žičara <i>Cable</i>

Teren za isključivi rad sa žičarama
Terrain for Cable use only
 Prošireno područje rada žičarama
Extended area of Cable use
 Teren na kojem je rad žičarama okolišno pogodan
Terrain for which the Cable use is environmentally friendly

Od ostalih literaturnih izvora Samset (1985) navodi da su tereni s nagibom >20 % pogodni za iznošenje drva žičarama. Heinemann (2004) za područje rada šumskih žičara određuje nagib terena >35 %.



Slika 10. Nedopuštene posljedice izvoženja drva
Figure 10 - Non-allowed consequences of timber forwarding

Trzesniowski (1998) određuje područje rada šumskih žičara s obzirom na smjer privlačenja drva: >20 % pri iznošenju uzbrdo te >45 % pri iznošenju drva nizbrdo.

MacDonald (1999) navodi da su strma šumska područja s nagibom terena >50 % područja isključive primjene žičara. Istoga je stajališta i Krpan (1997) koji smatra da se na terenima manjega nagiba odluka o primjeni žičara donosi na temelju troškovne i okolišne prihvatljivosti.

4. Djelotvornost šumskih žičara – *Forest skyline efficiency*

Proizvodnost i troškovi iznošenja drva šumskim žičarama ovise o međudjelovanju čitava niza utjecajnih čimbenika. Pristupnost šumskom području, koja se očituje u primarnoj otvorenosti šumskim cestama, u zajedništvu s terenskim čimbenicima izvođenja šumskih radova presudan je čimbenik koji utječe na raspored (slika 11), ali i duljinu žičnih linija. Uz pomoć digitalnoga modela terena moguće je planira-



Usporedni raspored žičnih linija
Parallel layout of yarding corridors



Lepezasti raspored žičnih linija
Fan-shaped layout of yarding corridors

Slika 11. Rasporedi žičnih linija – **Figure 11** – Layout of yarding corridors

nje položaja žičnih linija na određenoj šumskoj površini, što otvara mogućnost optimizaciji i racionalizaciji gustoće mreže šumskih cesta (Chung i dr. 2003). Osim načina rasporeda na međusobni razmak žičnih linija utječe moguća udaljenost postranoga privlačenja oblovine do žične linije pojedinoga tipa šumske žičare (Lukač 2001).

Na proizvodnost šumskih žičara značajno utječe sječna gustoća sastojine, koju treba promatrati u zajedništvu s načinom rasporeda, ali i razmakom između trasa žičare, zato što je proizvodnost sustava opterećena utrošcima vremena montiranja i demontiranja žičnih linija, čime se u konačnici dolazi do sječne gustoće po metru žične linije kao izvedenoga utjecajnoga čimbenika (Tiernan i dr. 2002). Značajan utjecaj ima i prosječni obujam oblovine koja se iznosi žičarom, a koji predstavlja međudjelovanje dimenzija doznačenih stabala te primijenjene metode izradbe drva. Košir (2003) na osnovi tih dvaju općepoznatih zakona mehaniziranja šumskih radova analizira optimalnu duljinu žičnih linija.

Usmjereno obaranje stabala i/ili priprema tovara uzduž žične linije drugim sredstvom rada (*steep terrain harvester*) povećava razinu proizvodnosti iznošenja drva žičarom (Heinimann i dr. 1998). Osim kod stupne kamionske žičare s dizalicom brzo zatrpavanje istovarnih rampi na pomoćnom stovarištu zahtijeva dodatno sredstvo rada kojim je moguće uhrpati i razvrstati izneseno drvo, čime rastu ukupni troškovi pridobivanja drva.

Same tehničke značajke (npr. nosivost), vremenske prilike te uvježbanost, iskustvo i motiviranost radničke ekipe, kao i sustav komunikacije među radnicima na istovarnoj rampi i sječini utječu na proiz-

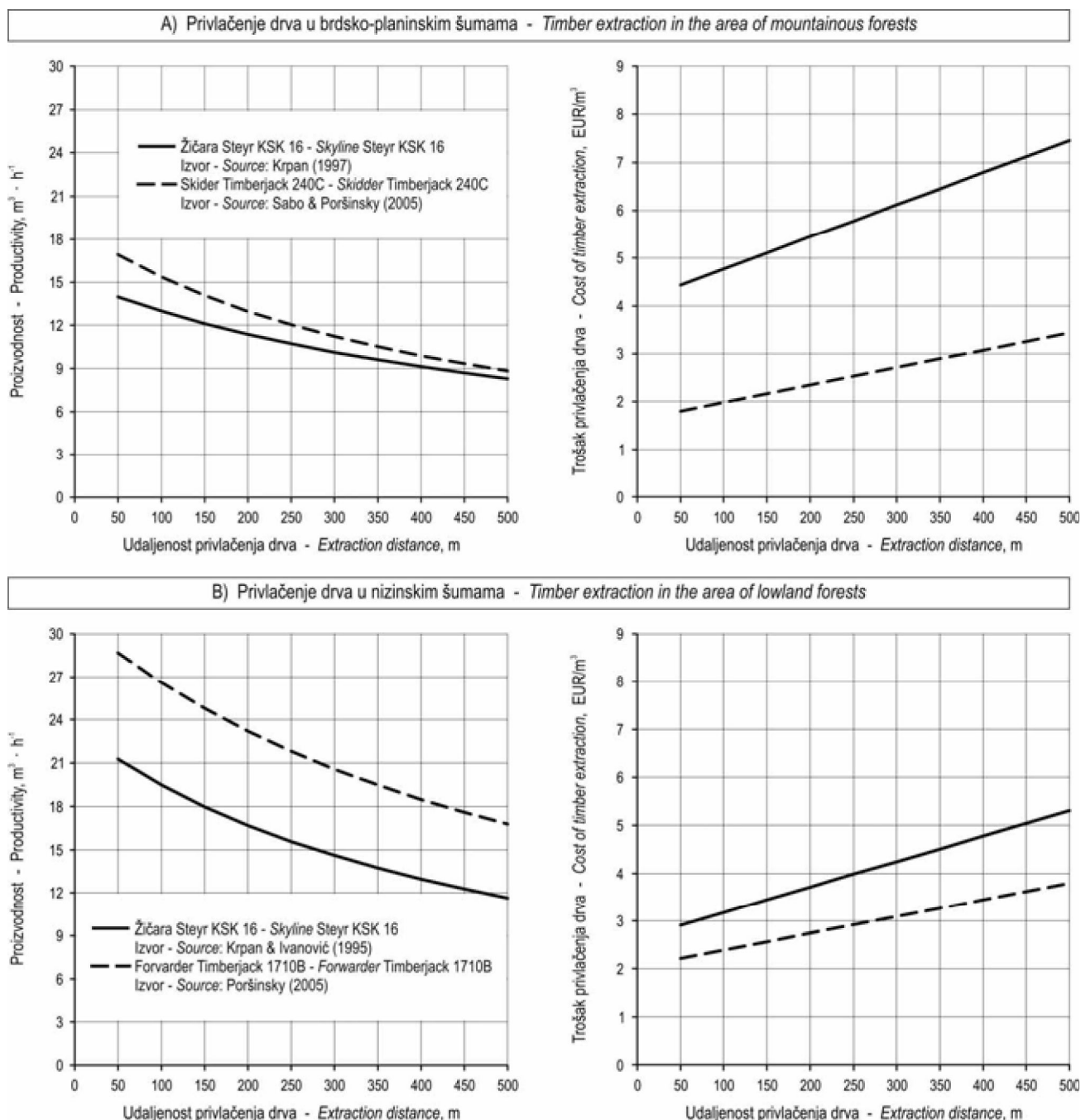
vodnost iznošenja drva. Osim navedenih utjecajnih čimbenika na godišnju razinu proizvodnosti utječe i veličina sječnih jedinica, njihov međusobni položaj, vrsta prihoda, razina mehaniziranosti sječe i izradbe drva, broj radnih dana u godini te kakvoća planiranja izvođenja radova (Talbot 2004).

Iz ovoga kratkoga prikaza utjecajnih čimbenika proizvodnosti te spoznaje o višim nabavnim cijenama šumskih žičara u odnosu na druga sredstva privlačenja drva (FBVA 2000, FBVA 2003) lako je zaključiti da iznošenje drva zahtijeva pažljivo planiranje izvođenja šumskih radova.

Na osnovi prethodnih istraživanja provedenih u hrvatskom šumarstvu (Krpan i Ivanović 1995, Krpan 1997, Poršinsky 2005, Sabo i Poršinsky 2005) oblikovan je prikaz odnosa djelotvornosti šumske žičare s drugim sredstvima privlačenja drva (slika 12).

Usporedba djelotvornosti iznošenja drva žičarom Steyr KSK 16 s vučom drva skiderom Timberjack 240C u brdsko-planinskim šumama te izvoženja drva forvarderom Timberjack 1710B u nizinskim šumama u Hrvatskoj pokazala je manju proizvodnost, ali i troškovnu nekonkurentnost šumskih žičara u odnosu na sredstva za privlačenje drva koja su kretala po tlu. Međutim, Krpan i Poršinsky (2002) suprostavljaju se donošenju sudova o korištenim strojevima samo na osnovi njihove djelotvornosti, iznoseći mišljenje da se odabir strojeva i metoda rada treba temeljiti na prosudbi o njihovoj proizvodnosti, ali i prilagođenosti ekološkim, ergonomskim, ekonomskim, energijskim i estetskim zahtjevima (5 E).

Pri analizi pogodnosti vuče drva skiderom Timberjack 240C treba napomenuti da se trošak pri-



Slika 12. Usporedba djelotvornosti iznošenja drva s vučom i izvoženjem drva
Figure 12 - Efficiency comparison - wood yarding vs. skidding and forwarding

vlačenja drva odnosi na izravni trošak rada (slika 12a), bez troška izgradnje traktorskih putova čija je gustoća iznosila 104 m/ha. Krpan i dr. (2003) uočavaju potrebu za izradom metodologije izračuna jediničnoga troška traktorskoga puta (kn/m^3) radi usporedivosti s troškovima drugih načina privlačenja drva, pri čemu navode da izgradnju sekundarnih

šumskih prometnica ne bi trebalo promatrati kao jednokratni trošak u trenutku eksploatacije sječne jedinice, već ga je nužno sagledati kao srednjoročnu investiciju s obzirom na preborno gospodarenje ovim šumama i sječe u ophodnjicama od 10 godina. U ukupnoj analizi pogodnosti privlačenja drva skide-rom u prebornim šumama u Hrvatskoj ne smiju se

zanemariti ni oštećenja dubelih stabala, koja se kreću u rasponu od 1,7 do 2,3 % od preostalog broja stabala nakon sječe (Sabo 2000, Sabo 2003). Tim oštećenjima treba pribrojiti i oštećenja nastala pri izgradnji traktorskih putova bagerom opremljenim hidrauličnim čekićem, koja Pičman i dr. (2003) utvrđuju u iznosu od 12 stabala na 100 m traktorskoga puta.

U nizinskim šumama u Hrvatskoj trenutna je vlaga tla ključan čimbenik izvođenja šumskih radova uopće, a pogotovo privlačenja drva (Krpan 1983, 1984, 1989). Krpan navodi da su koherentna tla ovoga područja teže mehaničkoga sastava, a kako se tijekom cijele godine prekomjerno vlaže oborinskim, podzemnim i poplavnim vodama, ona su zadovoljavajuće nosivosti za kotačna (ili gusjenična) vozila samo u slučaju suhoga ili duboko smrznutoga tla. Sva ostala stanja tla, koja su najčešća tijekom sezone pridobivanja drva glavnoga prihoda (listopad – ožujak) zbog svoje ograničene nosivosti neprikladna za kretanje vozila, pri čemu nastaju manje ili veće nedopustive štete na tlu (Krpan i dr. 1993a, Poršinsky 2005), dubelim stablima (Krpan i dr. 1993b) ili pomlatku (Petreš 2004), neposredno ugrožavaju obnovu sastojina (pomlađivanje) te uredni slijed biološke proizvodnje.

Unatoč troškovnoj nekonkurentnosti žičare razlozi za njezinu buduću uporabu postoje, pogotovo u uvjetima u kojima drvo ne mogu privlačiti kotačna vozila (Krpan 1996). Tvrdnja se dodatno potkrjepljuje navodom Grammela (1988), koji ističe da se privlačenje drva vučom i izvoženjem traktorima te iznošenjem žičarom troškovno izjednačuju ako se u obzir uzmu okolišne i estetske sastavnice koje bi trebalo troškovno valorizirati.

4. Zaključna razmatranja – *Final reviewings*

Unatoč većim jediničnim troškovima iznošenja drva šumske žičare kao sredstvo privlačenja drva imaju svoju budućnost u Hrvatskoj, pogotovo u sastojinama koje zbog nagiba terena, odnosno uvrštenosti u neki od oblika zaštićenih područja prirode (na koje otpada 14 % površine šuma) ili nekih drugih značajki isključuju bilo koje drugo sredstvo rada.

Iznošenje drva žičarama ubraja se u okolišno pogodne načine pridobivanja drva zbog izostanka gaženja i zbijanja tla te oštećenja preostalih stabala u sastojini.

5. Literatura – *References*

Berg, S., 1992: Terrain Classification System For Forestry Work. Forest Operations Institute »Skogsarbeten«, 1 – 28.

Bojanin, S., 1987: Žičare. Šumarska enciklopedija, 3, JLZ »Miroslav Krleža« Zagreb, 651 – 656.

Chung, W., J. Sessions, H. R. Heinemann, 2003: Optimization of cable harvesting equipment placement and road locations using digital terrain model. Proceedings of Workshop »New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18 – 24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO, Rome, 247 – 252.

Conway, S., 1976: Logging practices. Principles of timber harvesting systems. Miller Freeman Publications, 1 – 432.

Davis, C. J., T. W. Reisinger, 1990: Evaluating Terrain for Harvesting Equipment Selection. Journal of Forest Engineering 2(1): 9 – 16.

Dykstra, D. P., R. Heinrich, 1996: FAO model code of harvesting practice. FAO, Rome, 1 – 85.

Grammel, R., 1988: Holzernte und Holztransport. Verlag Paul Parey, Hamburg – Berlin, 1 – 242.

Han, H.-S., L. D. Kellogg, 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.

Heinemann, H. R., R. J. M. Visser, K. Stampfer, 1998: Harvester–Cable Yarder System Evaluation on Slopes – a Central European Study in Thinning Operations. Proceedings of the Annual Meeting of the Council of Forest Engineering »Harvesting logistics: from woods to market«. 20 – 23 July 1998, Portland, Oregon, 39 – 44.

Heinemann, H. R., 2000: Forest Operations under Mountainous Conditions. Forests in Sustainable Mountain Development – a State of Knowledge Report for 2000, M. F. Price and N. Butt, Editors. CABI Publishing: Wallingford, UK. Vol. IUFRO Research Series No. 5: 224 – 230.

Heinemann, H. R., K. Stampfer, J. Loschek, L. Caminada, 2001: Perspectives on Central European Cable Yarding Systems, Proceedings of International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium, 10 – 12 December, 2001, Seattle, USA, 268 – 279.

Heinemann, H. R., 2004: Forest Operations under Mountainous Conditions. Encyclopedia of Forest Sciences, Volume 1, Elsevier Academic Press, 279 – 285.

FBVA, 2000: CDR »300 Forstmaschinen – Maschinenbeschreibung und Selbstkostenrechnung«. Forstliche Bundesversuchsanstalt – Abteilung für Forsttechnik.

FBVA, 2003: CDR »500 Forstmaschinen – Maschinenbeschreibung und Selbstkostenrechnung«. Bundesamt und Forschungszentrum für Wald – Abteilung für Forsttechnik.

Košir, B., 1982: Informacija o klasifikaciji terena za organizacijsko tehnološke potrebe procesa šumarstva. Mehanizacija šumarstva 7(5–6): 146 – 148.

Košir, B., 1987: Vrste žičara i trendovi korišćenja žičnih naprava (Cable way types and the trends in cable system use). Mehanizacija šumarstva 12(3–4): 43 – 48.

Košir, B., 1997: Pridobivanje lesa. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete v Ljubljani, 1 – 332.

Košir, B., 2003: Optimal line lengths when skidding wood with the Syncrofalke Cable Crane in Slovenian conditions. Proceedings of Workshop »New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18 – 24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO, Rome, 81 – 90.

Košir, B., 2004: Prospects of forest cableways use in Slovenia. International symposium »Cable Yarding Suitable for Sustainable Forest Management«. Slovenian Forestry Institute, 23 September 2004, Idrija, Slovenia, 35 – 50.

Krpan, A. P. B., 1983: Utjecaj vlage tla na prohodnost traktora u nizinskim šumama Posavine. Zbornik radova »Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi«, Opatija, 193 – 201.

Krpan, A. P. B., 1984: Istraživanje upotrebljivosti traktora IMT-558 na privlačenju oblovine u uvjetima nizinskih šuma šumarije Lipovljani. Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 136.

Krpan, A. P. B., 1989: Neke značajke sušenja hrasta lužnjaka (*Quercus robur* L.) sa stanovišta eksploatacije šuma (Some characteristics of pinculate oak /*Quercus robur* L./ dieback in terms of logging). Glasnik za šumske pokuse 25: 111 – 121.

Krpan, A. P. B., 1990: Prilog klasifikaciji šumskih terena u svjetlu eksploatacije šuma u teškim uvjetima (Supplement to forest terrain classification in view of logging under difficult conditions). Mehanizacija šumarstva 15(7–8): 107 – 110.

Krpan, A. P. B., 1991: Daljinski transport drvne mase u Hrvatskoj – faktori razvoja i stanje (Long distance timber transportation in Croatia – its status and development factors). Drvena industrija 42(3–4): 49 – 54.

Krpan, A. P. B., Ž. Ivanović, S. Petreš, 1993a: Fizičke štete na tlu pri privlačenju drva (Ground damage resulting from dragging of timber). Šumarski list 117(1–2): 23 – 32.

Krpan, A. P. B., S. Petreš, Ž. Ivanović, 1993b: Neke fizičke štete u sastojini, posljedice i zaštita (Forest stand damage, effects and protection). Glasnik za šumske pokuse, Posebno izdanje 4, 271 – 279.

Krpan, A. P. B., Ž. Ivanović, 1995: Iznošenje trupaca hrasta lužnjaka žičarom STEYR KSK 16 (Yarding of Pedunculate Oak logs with the STEYR KSK 16 Cable Crane). Šumarski list 119(3): 75 – 90.

Krpan, A. P. B., 1996: Problem privlačenja drva u nizinskim šumama Hrvatske (Problem of skidding Timber in Croatian Lowland Forests). Šumarski list 120(3–4): 151 – 156.

Krpan, A. P. B., 1997: Poredba djelotvornosti žičare STEYR KSK 16 na brdskom terenu i ravnici (Vergleich der Wirksamkeit des Seilkrans STEYR KSK 16 am Steilhang und in der Ebene). Mehanizacija šumarstva 22(2): 83 – 93.

Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, 2002: Djelotvornost strojne sječe i izradbe u sastojinama mekih i tvrdih listača. Znanstvena studija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 40.

Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, M. Šušnjar, 2003: Timber extraction technologies in Croatian mountainous selection forests.

Proceedings of Workshop »New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18 – 24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO, Rome, 161 – 168.

Larsen, R., 1975: Compendium of major cable logging systems. Harvesting and transportation. Interforest AB, Stockholm, 1 – 112.

Lukáč, T., V. Štollmann, V. Messingerová, 2001: Lanovky v lesníctve. Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov LVH SR, Zvolen, 1 – 168.

MacDonald, A. J., 1999: Harvesting Systems and Equipment in British Columbia. FERIC, Handbook No. HB-12, 1 – 197.

Mellgren, P. G., 1980: Terrain Classification for Canadian Forestry. Canadian Pulp and Paper Association, 1 – 13.

Owende, P. M. O., J. Lyons, R. Haarlaa, A. Peltola, R. Spinelli, J. Molano, S. M. Ward, 2002: Operations protocol for Eco-efficient Wood Harvesting on Sensitive Sites. Project ECOWOOD, Funded under the EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999 – 2002), 1 – 74.

Owende, P. M. O., D. Tiernan, S. M. Ward, J. Lyons, 2003: Is there a role for cable extraction on low gradient sensitive sites? Proceedings of Workshop »New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18 – 24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO, Rome, 227 – 234.

Petreš, S., 2004: Privlačenje oblovine zglobnim traktorima LKT 81T i Timberjack 225A iz dovršne sječine hrasta lužnjaka s osvrtnom na oštećivanje mladog naraštaja (Roundwood extraction by cable skidders LKT 81T and Timberjack 225A from final felling of pedunculate oak with special reference to the damage of young growth). Magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 222.

Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske (Efficiency and Environmental Evaluation of Timberjack 1710B Forwarder on Roundwood Extraction from Croatian Lowland Forests). Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 170.

Pičman, D., T. Pentek, T. Poršinsky, 2001: Relation between forest roads and extraction machines in sustainable forest management. Proceedings of Workshop »New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18 – 24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO, Rome, 185 – 191.

Pičman, D., T. Pentek, Poršinsky, T., 2003: Prilog istraživanju oštećivanja stabala mehanizacijom za gradnju šumskih putova (Contribution to Investigation of Tree Damaging by Forest Road Excavating Machines). Strojarstvo 45(4–6): 149 – 157.

Pulkki, R., 2004: Introduction to Cable Yarding and Terminology. http://flash.lakeheadu.ca/repulkki/ctl_ft.html [18. 02. 2004.]

Rowan, A. A., 1995: Terrain Classification. British Forestry Commission, Forest Research – Technical Note 16/95, 1 – 6.

Sabo, A., 2000: Oštećivanje drveća pri privlačenju oblovine traktorom LKT 81 u gorskokotarskim prebornim sastojinama različite otvorenosti (Damaging Trees at Timber Skidding by the Skidder LKT 81 in Selection Forests of Different Openness in the Region of Gorski Kotar). *Mehanizacija šumarstva* 25(1–2): 9 – 27.

Sabo, A., 2003: Oštećivanje stabala pri privlačenju drva zglobnim traktorom Timberjack 240C u prebornim sastojinama (Damaging Trees in Timber Skidding by Timberjack 240C in Selection Forests Stands). *Šumarski list* 127(7–8): 335 – 345.

Sabo, A., T. Poršinsky, 2005: Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar (Privlačenje jelovine oblovine zglobnim traktorom Timberjack 240C iz gorskokotarskih prebornih sastojina). *Croatian Journal of Forest Engineering* 26(1): 13 – 27.

Saari-Lahti, M., 2002: Soil interaction model. Project deliverable D2 (Work package No. 1) of the Development of a Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites (ECOWOOD). EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999 – 2002), 1 – 87.

Sever, S., 1987: Žičare u SR Hrvatskoj – jučer, danas, sutra (Cable systems in SR Croatia – at the past, at present, in the future). *Mehanizacija šumarstva* 12(3–4): 37 – 42.

Samset, I., 1985: Winch and cable systems. Martinus Nijhoff/DR W. Junk Publishers, Dordrecht/Boston/Lancaster, 1 – 539.

Silversides, C. R., U. Sundberg, 1989: Operational Efficiency in Forestry – Volume 2: Practice. Kluwer Academic Publishers – Forest Sciences, Dordrecht/Boston/Lancaster, 1 – 169.

Staff, K. A. G., N. A. Wiksten, 1984: Tree harvesting Techniques. Martinus Nijhoff/DR W. Junk Publishers, Dordrecht/Boston/Lancaster, 1 – 371.

Stampfer, K., M. J. Lexser, 2003: Multi-criteria evaluation of thinning operations in steep terrain. Proceedings of Workshop »New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 18 – 24 June 2001, Ossiach (Austria), FAO, Rome, 73 – 80.

Stampfer, K., 2004: Perspectives on whole tree cable yarding systems for thinning operations in Austria. International symposium »Cable Yarding Suitable for Sustainable

Forest Management«. Slovenian Forestry Institute, 23 September 2004, Idrija, Slovenia, 67 – 74.

Studier, D. D., V. W. Binkley 1975: Cable logging systems. Oregon State University, Book Stores Inc., Corvallis, Oregon, 1 – 209.

Talbot, B., 2004: The influence of forest stand size and locality on the operational efficiency of mechanised forest operations. Proceedings of the International scientific conference »Forest Engineering: New Techniques, Technologies and the Environment«, IUFRO, The Ukraine Forestry Academy of Sciences (LANU), The Ukrainian Mountain Forestry Research Institute (UkrNDIGirlis), The State Forestry Management Association »Lvivlis«, The National Nature Park »Hutsulshchyna«, 5 – 10 October 2004, Lviv, Ukraine, 131 – 140.

Tiernan, D., P. M. O. Owende, C. L. Kanali, R. Spinelli, J. Lyons, S. M. Ward, 2002: Selection and Operation of Cable Systems on Sensitive Forest Sites. Project deliverable D2 of the Development of a Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites (ECOWOOD). EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources), 1 – 73.

Trzesniowski, A., 1998: Wood transport in steep terrain. Proceedings of the Seminar on »Environmentally sound forest roads and wood transport«, Joint FAO/ECE/ILO & IUFRO, 17 – 22 June 1996, Sinnaia, (Romania), FAO, Rome, 405 – 424.

Ugrenović, A., R. Benić, 1957: Eksploatacija šuma. Grafički zavod Hrvatske, 1 – 481.

Žagar, K., 2004: Primjena šumske žičare Mini Urus u brdskom području parka prirode Papuk (Utilization of Mini Urus cable crane in mountain region of Nature park Papuk). Magistrski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 89.

Ward, S. M., P. M. O. Owende, 2003: Development of a protocol for eco-efficient wood harvesting on sensitive sites. Proceedings of the 2nd International Scientific Conference »Forest and Wood-Processing Technology vs. Environment – Fortechenvi Brno 2003«, May 26 – 30, 2003, Brno, Czech Republic, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno & IUFRO WG 3.11.00, 473 – 482.

WCB, 1999: Cable yarding systems handbook. Worker's Compensation Board of British Columbia, Lower Mainland, British Columbia, Canada, 1 – 180.

Abstract

A contribution to understanding timber yarding by forest skylines

This paper gives a survey of cable systems used for primary transportation of roundwood, which are divided as follows: forest winches, highlead, and forest skylines. Special attention is focused on forest skylines through the description of their technical components, components of technical functions, classification with respect to different criteria, survey of models of forest skylines most frequently used today and their development trends.

The field of application of forest skylines is shown in the light of the latest functional terrain classification, referred to in reference literature, for carrying out forest works in an efficient and environmentally sound way, elaborated within ECOWOOD project.

Comparison of efficiency between timber yarding carried out by forest skylines and timber skidding in the area of hilly-mountainous forests and forwarding in the area of lowland forests of Croatia, showed poor cost effectiveness of forest skylines in relation to ground based systems of timber extraction, but also their environmental friendliness, which should be evaluated in future.

Key words: *timber yarding, forest skylines, functional terrain classification*

Adresa autora – Authors address:

Doc. dr. sc. Tomislav Poršinsky
Igor Stankić, dipl. inž.
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb
porsinsky@sumfak.hr
stankic@sumfak.hr

Primljeno (Received): 9. 9. 2005.
Prihvaćeno (Accepted): 22. 11. 2005.

Planiranje šumskih prometnica – postojeće stanje, određivanje problema i smjernice budućega djelovanja

Tibor Pentek, Dragutin Pičman, Hrvoje Nevečerel

Nacrtač – Abstract

Planiranje šumskih prometnica trebalo bi biti prva i najvažnija faza složenoga postupka uspostave optimalne mreže šumskih prometnica na terenu. Suvremene tehnike, tehnologije i metode rada, u prvom redu osobna računala, odgovarajući programski paketi, GIS, GPS i dr., omogućuju različite simulacije, raščlambe, usporedbe i u konačnici odabir najpovoljnijih rješenja. Kakva je danas situacija u Hrvatskoj, postoje li pri otvaranju šuma određeni problemi, kako u budućnosti treba djelovati i kojim smjerom najskorije treba krenuti – samo su neka od pitanja kojima se ovaj rad bavi. Osnovni se zaključci mogu objediniti u preporuci da planiranju šumskih prometnica treba pristupiti krajnje ozbiljno i sustavno uz primjenu svih tehnika, tehnologija i metoda rada koje mogu pomoći pri donošenju pravovremenih i pravovrijednih odluka. Takav će pristup rezultirati mnoštvom izravnih i neizravnih koristi, a za ostvarivanje rečenoga treba postaviti čvrste zakonske okvire i propise.

Ključne riječi: planiranje šumskih prometnica, primarne šumske prometnice, sekundarne šumske prometnice, studija otvaranja šuma, Šumarska komora

1. Uvod – Introduction

U današnje vrijeme kada se gospodarenje šumskim ekosustavima može s jedne strane ocijeniti kao vrlo intenzivno, izuzetno dinamično, naglašeno integrirano, visoko mehanizirano, na suvremenim tehnikama i tehnologijama utemeljeno i ekološki usmjereno, dok se s druge pak strane nalaze tradicionalne vrijednosti hrvatske šumarske struke (i znanstvene i praktične sastavnice) prihvaćene i procijenjene kao vrlo kvalitetne (možemo bez lažne skromnosti reći da su one model i primjer šumarima drugih zemalja) u globalnom europskom sustavu vrednovanja gospodarski razvijenih zemalja (prirodnost hrvatskih šuma, šumski radovi kojima se potiču u šumi prirodni procesi, biološka raznolikost vrsta, potrajnost gospodarenja s ciljem potrajnosti prihoda itd.), nezamislivo je nepostojanje optimalne, možda je bolje reći najbolje moguće u danim uvjetima mreže šumskih prometnica.

Šumske su prometnice, kako primarne (šumske ceste), tako i sekundarne (traktorski putovi i vlake) i napose one posebne, prijeko potrebna infrastruktura pri gospodarenju šumama na prije opisani, suvremeni način.

Nedostatak je šumskih prometnica u dalekoj, nešto bližoj, pa čak, moramo navesti i tu činjenicu, u prošlosti koju i mi pamtimo, imao prevladavajuće loše i vrlo loše posljedice za šumu, bez obzira na to da li se radilo o regularnim, prebornim ili primorskim šumama, bez obzira na to da li se gospodarilo u nizinskom, prigorskom, brdskom, gorskom ili krškom reljefnom području.

Šumske su prometnice žile kucavice šumskih područja, primarna i sekundarna mreža šumskih prometnica nadovezuje se jedna na drugu i kao takve se međusobno dopunjuju te tek u svome logičnom jedinstvu čine neraskidivu cjelinu i u potpunosti obnašaju svoju temeljnu zadaću – provođenje svih zadataka u postupku gospodarenja šumom definiranih Programom gospodarenja.

Optimiziranje je mreže šumskih prometnica od davnina zaokupljalo šumarske stručnjake tehničke sastavnice složene šumarske struke. Ipak su, uz nesporna znanja povezana s problematikom šumskih prometnica, pri planiranju bila potrebna znanja iz širega područja šumarstva te sveobuhvatno rješavanje složenoga problema otvaranja šuma.

Bilo je razdoblja kada su se šume vrlo intenzivno otvarale šumskim prometnicama, što je povezano s mehaniziranjem šumskih radova (otvarale su se šume i prije, ali drugim sustavima otvaranja primjerenim vremenu i prostoru), bilo je pak vremenskih okvira kada je optimiziranje mreže šumskih prometnica počivalo, gotovo isključivo, na teoretskim modelima minimalnih ukupnih troškova pridobivanja drva, što je bila posljedica istovrsne težnje koja se samo koju godinu ranije pojavila u vodećim europskim šumarskim zemljama (npr. Njemačkoj, Austriji, Švicarskoj, Švedskoj, ali i u današnjoj Češkoj i Slovačkoj).

Različiti su stručnjaci na različite načine raščlanili troškove koji imaju utjecaja na izračun tzv. prekretnice troškova, odnosno one količine šumskih cesta (idealno smještene u prostoru), kod koje su ukupni troškovi pridobivanja drva minimalni. Takva »ekonomska« optimizacija mreže šumskih cesta u današnje vrijeme (prema Sabadiju 1990) jedva da još ima opravdanje. Petnaest je godina poslije potpuno bespredmetno raspravljati o ovoj metodi optimiziranja šumskih cesta.

Šumski je ekosustav vrlo dinamičan i fleksibilan, kako sam za sebe tako još izraženije u svom okruženju. Ta izražena sklonost promjenama otežava planiranje šumskih operacija, a time i šumskih prometnica. Srećom, bar s gledišta kvalitetnoga rješavanja problema otvaranja šuma, živimo u vrijeme intenzivnih promjena i gotovo svakodnevnih novih dostignuća u području informatike. Iako je šumarstvo po svojoj definiciji tradicionalna struka, ono je prihvatilo praktična dostignuća razvijenoga svijeta: osobna računala, GIS, GPS, aviosnimci, satelitski snimci itd. te su ona pronašla svoju primjenu koja svakim danom sve više raste.

Tako se i planiranje šumskih prometnica, u imalo ozbiljnijim razmatranjima, ne može i ne smije provoditi bez uporabe suvremenih tehnika, tehnologija i metoda rada. Nekadašnje bojenje karata, preklapanje različitih sadržaja te mukotrpno svakogodišnje ažuriranje promjena klasičnim načinom odlazi u šumarske arhive, a GIS tehnologije i specijalizirani računalni programi ulaze u šumarstvo današnjice na velika vrata.

2. Problematika istraživanja – *Scope of research*

Planiranje, projektiranje, izgradnja i održavanje šumskih cesta osnovne su sastavnice kompleksnoga postupka uspostavljanja optimalne mreže primarnih šumskih prometnica na terenu. Te se sastavnice međusobno prožimaju i jedna su s drugom neraskidivo povezane, što znači da se ne može pristupiti

idućoj fazi rada prije nego što je prethodna faza uspješno odrađena.

Optimalna mreža šumskih cesta jamči racionalnije i potpunije, a svakako i uspješnije gospodarenje čitavim šumskim ekosustavom, uz minimalno narušavanje ekoloških zakonitosti i ekološke ravnoteže koja tu vlada. Također, dobro položena i pravilno razmještena mreža šumskih cesta omogućuje izvođenje svih zadataka predviđenih gospodarskom osnovom određenoga šumskoga područja uz minimalne troškove i maksimalni radni učinak.

Mnogi su se autori bavili otvaranjem šuma i planiranjem trasa šumskih cesta. Različiti autori imali su različite ideje koje su rezultirale drugačijim pristupom navedenoj problematici. Kronološkim slijedom navodimo najznačajnije autore: Von Segebaden (1964), Dietz, Knigge i Löffler (1984), Shiba, Ziesak i Löffler (1990), Shiba (1992), Session (1992), Dahlin i Sallnas (1992), Tan (1992), Lihai (1992), Setyabudi (1994), Krč (1995), Hentschel (1996), Dürrstein (1996), Erdas, Acar, Karaman i Gümüs (1997), Pičman i Pentek (1998), Häyrinen (1998), Heinimann (1998), Pentek (1998), Yoshimura i Kanzaki (1998), Wolf (1998), Sessions, Chung i Heinimann (2001), Pičman, Pentek i Poršinsky (2002), Pentek, Pičman, Krpan i Poršinsky (2003), Pentek, Pičman i Nevečerel (2004), Pentek, Pičman i Poršinsky (2004), Pentek, Pičman, Nevečerel, Horvat i Poršinsky (2005), Pentek, Pičman, Potočnik, Dvorščak i Nevečerel (2005), Potočnik, Pentek i Pičman (2005).

Analizom radova navedenih autora mogu se razlučiti ovi pristupi optimizaciji mreže šumskih cesta:

- tradicionalno (klasično) planiranje
- planiranje primjenom suvremenih tehnologija (GIS, GPS, DTM...)
- kombinirano planiranje.

Kombinirano je planiranje idealno rješenje jer pretpostavlja interakciju suvremenih tehnologija i šumarskoga znanja, informatičkih dostignuća, stručnosti i iskustva. Razlog uporabe suvremenih tehnologija pri planiranju optimalne mreže šumske prometne infrastrukture leži u značajnom broju čimbenika koje treba uskladiti. Da bi se to suglasje postiglo, nužno je obraditi velik broj relevantnih informacija. Održiva je činjenica da se najbolja moguća inačica određene šumske ceste može odrediti samo i samo tako da se teoretski računalni modeli testiraju na terenu i u praksi odnosno u konkretnim, stvarnim uvjetima. Osim provjere dobivenih rezultata nužna je i provjera ulaznih podataka, jer su ulazni podaci, njihova struktura i težina »ključ« odabira optimalnih rješenja.

Pentek (1998) smatra da se čimbenici koji najviše utječu na prostorni raspored mreže šumskih prometnica mogu podijeliti u ove skupine:

- na čimbenike izravno vezane uz šumski teren koji se otvara mrežom šumskih prometnica
- na čimbenike normiranih tehničkih obilježja određene kategorije šumskih prometnica
- na čimbenike šumskih sastojina na otvaranom području
- na čimbenike primijenjene metode i tehnologije rada pri sječi i izradbi
- na čimbenike tehničkih sredstava koji se upotrebljavaju u drugoj fazi iskorištavanja
- na čimbenike postojeće prometne infrastrukture (šumske i javne prometnice)
- na čimbenike općekorisnih funkcija šume
- na ekološke čimbenike, na klimatske čimbenike
- na sociološke čimbenike, te na ostale čimbenike.

Pentek (2002) piše kako primarna mreža šumskih prometnica (šumske ceste) može biti optimizirana prema prevladavajućem kriteriju optimizacije (prosudbe optimalnosti), te da se pritom razlikuju: ekonomska optimizacija, tehničko-tehnološka optimizacija, okolišno-ekološka optimizacija, sociološko-estetska optimizacija i sveobuhvatna optimizacija.

Sveobuhvatna je optimizacija ideal kojemu treba težiti pri postupku planiranja mreže šumskih cesta, a upravo što bliža rješenja tomu idealnomu stalna su težnja šumarskih stručnjaka.

U današnje vrijeme globalnoga buđenja čovjeka svijesti o potrebi čuvanja i očuvanja okoliša šumske su prometnice, kao građevinski objekti u šumi, izvrnute većoj kritici nego ikada prije. Određenu štetnost šumskih prometnica na šumski ekosustav (koja se pametnim planiranjem može maksimalno umanjiti) ne treba negirati, ali se ne smije ići ni u drugu krajnost i tu štetu uvećavati.

Pravilno položena mreža šumskih prometnica, koja je svoje mjesto u prostoru pronašla temeljem studioznoga pristupa problemu i detaljne raščlambe cjelokupne kompleksne problematike sagledane s različitih stajališta, svakako će u konačnici polučiti mnogostruko više koristi za čovjeka, šumu i šumarstvo nego što će prouzročiti šteta. Potrebno je angažmanom svih potencijala postići neraskidivu skladnu vezu šuma – šumska prometnica, u kojoj će se šumska prometnica nenametljivo uklopiti u svoje okruženje.

3. Rezultati istraživanja – Results of research

3.1. Postojeća situacija u Republici Hrvatskoj – Current situation in the Republic of Croatia

Sukladno mnoštvu različitosti sastojinskih i stanišnih čimbenika na relativno malom području, kakvo je Republika Hrvatska, postojeća otvorenost i

Tablica 1. Minimalna i planirana otvorenost prema različitim šumskim područjima u Hrvatskoj

Table 1 Minimum and planned openness of different forest areas in Croatia

Šumsko područje RH <i>Forest area in RC</i>	Minimalna otvorenost 1990. g., m/ha <i>Minimum openness in 1990, m/ha</i>	Planirana otvorenost 2010. g., m/ha <i>Planned openness in 2010, m/ha</i>
Nizinsko područje <i>Lowland area</i>	7,00	15,00
Prigorsko-brdsko područje <i>Hilly-mountainous areas</i>	12,00	20,00
Planinsko područje <i>Mountainous area</i>	15,00	25,00
Krško područje <i>Karst area</i>	-	10,00

potreba za daljnjim otvaranjem šuma šumskim cestama (s ciljem postizanja optimalne otvorenosti ili bar otvorenosti blizu optimalne ili najbolje moguće otvorenosti) poprilično je različita.

Kolika je optimalna otvorenost određenoga reljefnoga područja? Kako izračunati optimalnu otvorenost? Da li je optimalna otvorenost iskazana duljinom šumskih prometnica po jedinici površine dovoljan putokaz pri otvaranju šuma? Navedena i još mnoga druga pitanja zahtijevaju konkretne i brze odgovore.

No, vratimo se postojećoj situaciji. Šikić i dr. (1989) definiraju osnovne parametre za izračun otvorenosti određenoga šumskoga područja šumskim cestama. Ti autori definiraju minimalnu i planiranu otvorenost prema različitim reljefnim područjima, što je prikazano u tablici 1.

Treba napomenuti kako su navedene vrijednosti otvorenosti samo putokaz koji u nedostatku boljšeg treba slijediti, ali ga se ne treba slijepo držati jer je otvaranje svake gospodarske jedinice, odnosno slivnoga ili gravitacijskoga područja, problem za sebe koji u konkretnim uvjetima traži najbolja rješenja.

Nedostatak vremena pri izvedbi svih šumskih radova propisanih gospodarskom osnovom, kronična nestašica financijskih sredstava kao osnovni razlog za rezanje u prvom redu planova investicija, ali i nedovoljna inicijativa šumara koji se bave cjelokupnom problematikom šumskih prometnica, uz još niz što objektivnih, a što subjektivnih razloga, osnovni su razlozi nedovoljnoga pridavanja pozornosti planiranju šumskih prometnica.

Ova se faza uspostave optimalne mreže šumskih prometnica na terenu, pri svakodnevnom obavljanju šumarskih zadaća, najčešće marginalizira i stavlja u drugi plan, iako je potpuno jasno da se samo studioznim i planskim pristupom otvaranju šuma može-

mo približiti optimalnoj otvorenosti i uspješno uspostavljenoj mreži šumskih prometnica na terenu.

Treba naglasiti svijetle primjere iz prošlosti kada su na području današnjih UŠP Vinkovci, Osijek i Našice, u vrijeme kada nije bilo suvremenih tehnologija, tehnika i metoda rada, klasičnim, ali vrlo kvalitetnim pristupom planiranju, izrađivani investicijski planovi otvaranja šuma. Te su »studije otvaranja« definirale idejne trase šumskih cesta, branile njihovu opravdanost, utvrđivale dinamiku gradnje, projicirale troškove izgradnje i održavanja šumskih prometnica te davali mnoštvo ostalih, vrlo korisnih podataka i za otvaranje šuma, i za planiranje šumskih operacija i poslovanje poduzeća u cjelini.

Preskakanjem ove prve faze rada otvaranju se šuma pristupa više-manje stihijski, bez kratkoročnih, srednjoročnih i dugoročnih planova otvaranja, otvaraju se manja (izdvojena) područja (najčešće neotvoreni ili nedovoljno otvoreni odjeli koji dopijevaju na red za sječu), odjeli se otvaraju po načelu gašenja vatre i kratkotrajnoga rješavanja problema, grade se kilometri cesta koji ne ispunjavaju najbolje svoju osnovnu zadaću (ako govorimo o gospodarskim šumama, to je smanjivanje srednje udaljenosti privlačenja), odabrane lokacije trasa budućih šumskih prometnica nisu detaljno raščlanjene i kao takve uklopljene na najbolji mogući način u postojeću šumsku prometnu infrastrukturu itd.

Posljedica takva pristupa otvaranju šuma, uz neučinkovitu mrežu šumskih prometnica koja nije u potpunom suglasju s okolišem, jesu veći troškovi izgradnje i održavanja šumskih prometnica te veći troškovi pridobivanja drva.

3.2. Prijedlozi rješavanja problema – *Proposed solutions*

Problem je planiranja šumskih prometnica moguće riješiti samo zajedničkim djelovanjem svih sastavnica šumarske struke u Hrvatskoj. Tu moraju biti uključene »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb, koje će u rješavanju navedenoga problema prepoznati svoj interes i dugoročno određeni prosperitet, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, koji treba izraditi *Metodološku studiju primarnoga* i *Metodološku studiju sekundarnoga otvaranja šuma* uz izobrazbu stručnjaka iz operative za njihovu samostalnu izradu, te Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnoga gospodarstva, koje će pripremiti zakonske okvire za ostvarivanje predmetne ideje.

Otvaranje se šuma ne smije provoditi stihijski s jedinim ciljem izgradnje što veće količine šumskih cesta godišnje kako bi se postigla otvorenost što bliža optimalnoj, već se samo temeljem izrađene *Studije primarnoga otvaranja* za određeno šumsko područje na znanstveno-stručnom načelu mogu izraditi cjelo-

vita, općeprihvatljiva rješenja. Za svako je šumsko gospodarsko područje nužno, na razini gospodarske jedinice, izraditi *Studiju primarnoga otvaranja* za desetogodišnje razdoblje koju će prihvaćati za tu svrhu imenovano povjerenstvo. To pretpostavlja uspostavljanje centra za stalnu izobrazbu, provedbu ispita i izdavanje dopusnica za izradu studija otvaranja šuma – Šumarske komore.

U izradu svake *Studije primarnoga otvaranja* potrebno je uključiti sve fizičke i pravne osobe (privatni šumovlasnici, jedinice lokalne uprave i samouprave, nadležna ministarstva i institucije) kojima je u interesu da sudjeluju pri donošenju određenih odluka u šumarstvu (u ovom slučaju u odabiru trasa budućih šumskih prometnica). Naime, »glas javnosti« se u zapadnoeuropskim zemljama sve više uzima u obzir. Javnost se uključuje, kada je o šumskim cestama riječ, u postupak planiranja, ali ravnopravno sudjeluje i u raspodjeli troškova kako gradnje tako i održavanja šumskih cesta.

Pri planiranju šumskih prometnica treba koristiti GIS (sustav koji se sastoji od integriranih geokodiranih kartografskih podloga i relacijskih baza podataka, zatim od algoritama pomoću kojih upravljamo tim podacima, te od postupaka za brzo i ekonomično uspostavljanje nastalih promjena, što je osobito značajno u praćenju dinamike promjena u šumarstvu) i GPS uređaje (za inventarizaciju postojećih šumskih prometnica, izradbu katastra, ali i za prenošenje računalnim modelima odabranih i na odgovarajućim podlogama simuliranih idejnih trasa šumskih prometnica na teren).

Upravo se GIS potvrdio kao tehnologija koja povezuje podatke po svim vrstama kriterija, omogućuje neprekinuto praćenje promjena u šumskom ekosustavu, te planiranje i pravodobno donošenje odluka, dok se GPS pokazao kao izuzetno učinkovito sredstvo za dopunu GIS-a slojem postojećih šumskih prometnica te za lociranje odabranih trasa budućih šumskih cesta na terenu (provjera opstojnosti računalnoga modela na terenu).

Po određivanju lokacija budućih šumskih cesta na računalu nužno ih je pomoću GPS-a prenijeti na teren, obaviti rekognosciranje terena te u moguću trasu budućih šumskih cesta uklopiti osovinski poligon (čime započinje faza projektiranja šumskih cesta).

3.3. Studija primarnoga otvaranja šuma – *Study of Primary Forest Opening*

Faze kreiranja sveobuhvatno optimizirane mreže šumskih cesta definirali smo kako slijedi:

- definiranje osnovne funkcije šuma sastojinsko-ga oblika i načina gospodarenja, dizajniranje računalnih baza podataka te stvaranje GIS-a istraživanoga područja

- raščlamba postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture
- određivanje mogućih trasa budućih šumskih cesta
- raščlamba odabranih mogućih lokacija budućih šumskih cesta i postizanje ciljane otvorenosti
- optimiziranje mreže odabranih šumskih cesta glede visinskoga razvijanja trase
- prenošenje idejnih trasa šumskih cesta na teren te ispitivanje opstojnosti modela na terenu.

3.3.1. Nulta faza optimiziranja – *Zero stage of optimizing*

Nulta je faza optimiziranja svojevrsna pripremna faza za daljnji tok postupka optimizacije mreže šumskih cesta. Tu treba definirati osnovnu namjenu šuma, sastojinski oblik i način gospodarenja, te osmisлити, dizajnirati i stvoriti potrebne računalne baze podataka i povezati ih sa šumskogospodarskim zemljovidima digitalnoga oblika s ciljem uspostave GIS-a.

Osnovna funkcija šuma je, u modelu optimizacije koji se osniva na načelu funkcionalnosti, polazište i temeljni čimbenik na koji se dalje nadograđuju, po fazama optimizacije, ostali dominantni utjecajni čimbenici i cjelokupna metodologija optimizacije. Definiranjem osnovne funkcije šuma izravno smo definirali i kategoriju šumskih cesta, kojima će se otvaranje predmetnoga područja provesti. Sastojinski oblik i način gospodarenja šumama otvaranoga područja također su neizbježni parametri koje treba raščlaniti na samom početku provedbe postupka optimiziranja.

Računalna baza podataka sama za sebe ima vrijednost utoliko što su svi podaci o određenom šumskom području prikupljeni na jednom mjestu i sortirani na način kako nama najbolje odgovara; međutim njezina prava vrijednost dolazi do izražaja onoga trenutka kad se atributna baza podataka poveže s prostornom jedinicom odsjeka. Povezivanjem računalne baze podataka i odsjeka na šumskogospodarskim zemljovidima u digitalnom obliku u kombinaciji s GIS tehnologijom, dobivene su valjane podloge za provedbu različitih raščlamba, rezultat kojih su dobre, pravovaljane i pravodobne odluke.

3.3.2. Prva faza optimiziranja – *The first stage of optimizing*

Raščlamba postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture sastoji se od niza operacija i postupaka kojima je osnovna zadaća utvrditi kakvoću, kolikoću i možebitne nedostatke postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture. Ovisno o polučanim rezultatima raščlambe, usmjerit će se daljnji tok optimiziranja šumske transportne mreže.

U ovoj fazi optimiziranja utvrđuju se: prosječna postojeća stvarna srednja udaljenost privlačenja, postojeći troškovi privlačenja drva, ciljana otvorenost i ciljana stvarna srednja udaljenost privlačenja, relativna otvorenost za izračunatu prosječnu ciljanu stvarnu srednju udaljenost privlačenja, učinkovitost pojedine šumske ceste i cestovne mreže u cjelini, te se definiraju neotvorene površine. Po potrebi se mogu odrediti i drugi parametri.

3.3.3. Druga faza optimiziranja – *The second stage of optimizing*

Za svaku gospodarsku jedinicu stvara se zasebna računalna baza podataka. Izuzetno bogatu, potpunu bazu podataka treba smanjiti, pojedine čimbenike objediniti i ponovno definirati. Razlozi smanjivanja broja ulaznih podataka potrebnih za izračun leže u osnovnim značajkama svih vrsnih modela, u jednostavnosti, preciznosti, primjenjivosti i provjerljivosti.

Pri dizajniranju nove, radne baze podataka opredijelili smo se za metodu rada »iz velikoga u malo«, odnosno »od općega k posebnomu«. Prvo su definirani *kriteriji procjene optimalnosti* mreže šumskih cesta koji su svrstani u prioritetne razine postupka optimiziranja, a zatim su, za svaki pojedini kriterij procjene, određeni *složeni dominantni utjecajni čimbenici* u koje su zatim objedinjeni *jednostavni dominantni utjecajni čimbenici*.

3.3.4. Treća faza optimiziranja – *The third stage of optimizing*

U ovoj fazi optimiziranja mreže šumskih cesta potrebno je ponajprije definirati bodovnu granicu opstojnosti osnovnih četverokutnih nositelja informacija u daljnjem tijeku postupka optimiziranja. Drugim riječima, oni osnovni nositelji informacija čiji je broj prikupljenih bodova ispod granice opstojnosti eliminiraju se iz daljnjih operacija isto kao i oni osnovni nositelji informacija koje smo izbacili radi primjene načela isključivosti pri ocjeni određenoga složenoga dominantnoga utjecajnoga čimbenika. Osnovni nositelji informacija čiji je zbroj bodova veći od minimalno potrebnoga, opstaju u postupku optimiziranja i na njima provodimo treću fazu optimiziranja mreže šumskih cesta.

Dobiveni model mogućih trasa budućih šumskih cesta prilagođava se konkretnoj situaciji, a primjenom metode omeđenih površina provodi se izračun površine učinkovitih omeđenih površina, površine »mrtvih zona« i koeficijenta učinkovitosti, te obavlja raščlamba mogućih lokacija budućih šumskih cesta prema kriteriju najvećega utjecaja na otvaranje predmetnoga šumskoga područja. Nakon izlučivanja trasa

novoprojektiranih šumskih cesta ponovno se obavlja njihovo uklapanje u postojeću mrežu šumskih cesta, a za ukupnu (postojeću i novoprojektiranu) mrežu šumskih cesta ponovno se provodi postupak raščlambe kao u *prvoj fazi optimiziranja*.

3.3.5. Četvrta faza optimiziranja – *The fourth stage of optimizing*

Rezultat treće faze optimiziranja mreže šumskih cesta jest položajno optimalna mreža šumskih cesta; kao lokacije novoprojektiranih šumskih cesta odabrani su oni osnovni nositelji informacija za koje se različitim metodama i sustavima ocjenjivanja optimalnosti, od složenih dominantnih utjecajnih čimbenika preko kriterija i prioriteta razina do sveobuhvatne optimizacije, utvrdilo da su najbolji. Kao podloge se koriste slojnički zemljovid u digitalnom obliku, na njih se primjenjuje GIS tehnologija raščlambe podataka i informacija, pri čem se rabe već postojeće ili uvode vlastite metode. Svi se rezultati optimiziranja odnose na plošni raspored mreže šumskih cesta, dok se visinska sastavnica razvijanja trasa šumskih cesta dosad nije razmatrala. To je zadaća ove faze optimiziranja.

3.3.6. Peta faza optimiziranja – *The fifth stage of optimizing*

Idejne se trase šumskih cesta određene temeljem *Studije primarnoga otvaranja šuma* prenose na teren pomoću GPS uređaja. U našim je istraživanjima korišten GPS uređaj Trimble GeoExplorer 3, a na teren su prenesene samo lomne točke (točke u kojima šumska cesta mijenja svoj smjer) idejnih trasa šumskih cesta. One su na terenu obilježene crveno obojenim kolčićima s upisanim brojem lomne točke. Oznake su lomnih točaka (poradi lakšega pronalaženja i osiguranja idejne trase šumske ceste) upisivane crvenim markirnim sprejem i na stabla u neposrednoj blizini lomnih točaka. Na taj je način na terenu ugrubo postavljena svojevrsna istoznačica nultoj liniji pri klasičnom postupku planiranja (u engleskom jeziku se za idejnu trasu određenu temeljem studije otvaranja koristi naziv *P-line*).

Idejna trasa služi kao putokaz pri postavljanju osovinskoga poligona (operativnoga poligona) šumske ceste. Uklapanje je obavljeno primjenom padomjera s preklopnom busolom uz što kvalitetnije zadržavanje smjera obilježene trase buduće šumske ceste, ali i uz poštovanje svih pravila i uzusa koji vrijede pri postavljanju osovinskoga poligona šumske ceste pri normalnom slijedu njezina planiranja (uklapanje osovinskoga poligona u najpovoljniju nultu liniju) i projektiranja.

Poligone su točke iznova snimljene GPS-om te primjenom programa GPS Pathfinder Office 2.80 obrađene i prebačene na digitalne zemljovide pomoću programskoga paketa ArcGIS. Slikovni prikazi sa slojnicama kao podlogom zorno prikazuju odstupanje osovinskoga poligona projektirane šumske ceste od idejne trase šumske ceste locirane računalnim modelom. To omogućuje određene korekcije ostalih idejnih trasa kako bi se u konačnici na terenu uspostavila uistinu najbolja moguća mreža šumskih cesta.

3.4. Koristi polučene 'Studijom primarnoga otvaranja šuma' – *Benefits achieved by the 'Study of Primary Forest Opening'*

Koristi koje se mogu polučiti od svih izrađenih studija primarnoga otvaranja šuma dijele se na izravne i neizravne koristi. Sljedeće su izravne koristi potvrđene na pilot projektu u dvjema gorskim gospodarskim jedinicama:

- Već prva faza optimiziranja daje odgovor na pitanje o kakvoći i količini postojeće mreže primarne šumske prometne infrastrukture (kako u cjelini tako i za pojedinu sastavnicu) te usmjerava naše daljnje aktivnosti glede otvaranja šuma primarnim šumskim prometnicama, čime se izbjegava nepotreban gubitak vremena u boljem ili nepotrebnom ulaganju u gorem slučaju.
- Ista se ili veća učinkovitost (iskazana koeficijentom učinkovitosti) mreže primarne šumske prometne infrastrukture uz istu ili manju srednju udaljenost privlačenja drva postiže s približno 2 do 4 km manje šumskih cesta po 1000 ha ako se uspoređuje plansko otvaranje na razini gospodarske jedinice (preko *Studije primarnoga otvaranja*) s tzv. stihijskim otvaranjem bez sustavnoga, razrađenoga pristupa.
- Manjim se intenzitetom gradnje šumskih cesta uz jednake rezultate učinkovitosti mreže primarne šumske prometne infrastrukture samo na troškovima izvedbe štedi između 500 000 i 1 000 000 kn na površini šuma i šumskoga zemljišta od 1000 ha (uz pretpostavku prosječne planske cijene izgradnje 1 km šumske ceste od 250 000 kn/km), dok se u pretpostavljenom razdoblju amortizacije (35 do 40 godina), na temelju potrebe za provedbom radova tekućega i periodičnoga održavanja (u prosječnim uvjetima), taj iznos udvostručuje i doseže vrijednost od 1 000 000 do 2 000 000 kn/1000 ha površine.
- Izgradnja je šumskih cesta jeftinija (u usporedbi s planskom cijenom) jer je jedan od kriterija prosudbe optimalnosti i ekonomski kri-

terij, a troškovi su održavanja također niži jer je interval između pojedinih periodičnih popravaka dulji te intenzitet radova održavanja šumskih cesta manji.

- Ako postoji *Studija primarnoga otvaranja šuma* za područje u kojem još treba provesti značajne zahvate u izgradnji šumskih cesta, moguće je pri izradi studije simulirati frekvenciju i intenzitet prometa u pojedinim dijelovima šumskoga transportnoga sustava te temeljem rezultata raščlambe preporučiti različite tehničke značajke za različite dionice šumskih cesta; time je moguća daljnja ušteda pri uspostavi najbolje moguće mreže primarne šumske prometne infrastrukture.
- U svezi s prethodnom točkom, temeljem *Studije primarnoga otvaranja šuma* za pojedina područja, mogu se i pojedine dionice šumskih cesta, opet u ovisnosti o prometnom opterećenju i frekvenciji prometa, ciljano, planski i kontrolirano održavati, čime se postiže smanjivanje troškova.
- Troškovi su pridobivanja drva manji poradi planskoga, sustavnoga otvaranja šuma i odabira najpovoljnijih lokacija šumskih cesta prema tehničko-tehnološkomu kriteriju prosudbe optimalnosti, a idejne trase šumskih cesta i stvarno projektirane trase šumskih cesta nanovo ucrtane u GIS podloge omogućuju izradu *Studije sekundarnoga otvaranja šuma*, čime se detaljno provodi planiranje »finoga« otvaranja šuma te pridonosi daljnjemu smanjenju troškova pridobivanja drva.

Kao neizravne koristi mogu se izdvojiti:

- Jednom uspostavljen GIS istraživanoga područja primjenjiv je u svim segmentima šumarstva te kao takav pomaže pri planiranju ostalih radova u šumarstvu.
- Baza podataka i GIS sustav se može komercijalizirati i izvan šumarstva jer postoji puno zainteresiranih korisnika šume i šumskoga prostora (npr. operateri mobilne telefonije, televizijske kuće, elektroprivreda, vodoprivreda, lokalna uprava, turistička zajednica i dr.).

4. Literatura – References

- Dahlin, B., O. Sallnas, 1992: Using network analysis for road and harvest planning. Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planing of Roads and Harvesting, Feldafing, Germany, 36–41.
- Dietz, P., H. Löffler, W. Knigge, 1984: Walderschließung, Eine Lehrbuch für Studium und Praxis unter besonderer Berücksichtigung des Waldwegebaus. Verlag Paul Parey, Hamburg – Berlin, 1–196.
- Dürrstein, H., 1996: Opening up of a mountainous region – decision making by integration of the parties concerned applying cost-efficiency-analysis. Proceedings on Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport, Sinaia (Romania), 17–22 June 1996, basic paper, 34–43.
- Erdas, O., H. Acar, A. Karaman, S. Gümüş, 1997: Selecting of Forest Road Routes on the Mountainous Areas Using Geographical Information Systems. XI. World Forestry Congress, Antalya, Turkey, Vol. 3, 214–220.
- Häyrinen, T., 1998: Forest road planning and landscaping. Proceedings of the Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport, Sinaia (Romania), 17–22, June 1996, 50–61.
- Heinimann, H. R., 1998: Opening-up planning taking into account environmental and social integrity. Proceedings of the Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport, Sinaia (Romania), 17–22 June 1996, 62–72.
- Hentschel, S., 1996: GIS gestützte Herleitung der flächenhaften. Forsttechnische Informationen, 1–2: 8–13.
- Krč, J., 1995: Model napovedovanja oblika spravila lesa. Magistrsko delo, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo, 1–115.
- Lihai, W., 1992: Computing optimal combination of seasonal and all season roads for harvesting operations in China. Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planing of Roads and Harvesting, Feldafing, Germany, 53–56.
- Pentek, T., 1998: Šumske protupožarne ceste kao posebna kategorija šumskih cesta i čimbenici koji utječu na njihov razmještaj u prostoru. Glasnik za šumske pokuse, Zagreb, 93–141.
- Pentek, T., D. Pičman, A. Krpan, T. Poršinsky, 2003: Inventory of primary and secondary forest communications by the use of GPS in Croatian mountainous forest. Proceedings of Austro 2003 CD/DVD MEDIJ – High Tech Forest Operations for Mountainous Terrain Schlaegl, Austrija, 5–9. 10. 2003. / Karl, Stampfer (ur.).–Viena: University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Beč, 1–12.
- Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, 2004: Environmental – ecological component of forest road planning and designing. International scientific conference: Forest constructions and ameliorations in relation to the natural environment. Technical University in Zvolen, Slovakia, 16th – 17th September 2004, Proceeding CD/DVD MEDIJ, 94–102.
- Pentek, T., D. Pičman, T. Poršinsky, 2004: Planning of forest roads in Croatian mountainous forest by the use of modern technologies. International scientific conference on Forest engineering: new techniques, technologies and the environment, Lviv, Ukraine, October 5–10, 2004, Proceeding, 380–389.

- Pentek, T., D. Pičman, H. Nevečerel, D. Horvat, T. Poršinsky, 2005: Applicability of computer model of forest road network optimisation in the real terrain conditions. International Scientific Conference »Ecological, ergonomic and economical optimization of forest utilization in sustainable forest management«, Krakow – Krynica, Poland, June 15–18, 2005, Proceeding, 243–251.
- Pentek, T., D. Pičman, I. Potočnik, P. Dvorščak, H. Nevečerel, 2005: Analysis of an existing forest road network. Croatian Journal of Forest Engineering, 26 (1): 39–50.
- Pičman, D., T. Pentek, 1998: Relativna otvorenost šumskog područja i njena primjena pri izgradnji šumskih protupožarnih prometnica. Šumarski list, Zagreb, CXXII (1–2): 19–30.
- Pičman, D., T. Pentek, T. Poršinsky, 2002: Application of modern technologies (GIS, GPS,...) in making methodological studies on the primary open of hilly-mountain forests. Forest Information Technology 2002 – International Congress and Exhibition, 3–4 September, 2002, Helsinki, Finland, Proceedings, 1–10.
- Potočnik, I., T. Pentek, D. Pičman, 2005: Traffic characteristics on forest roads due to forest management. Croatian Journal of Forest Engineering 26(1): 51 – 57.
- Segebaden, von G., 1964: Studies of cross-country transport distances and road net extension. Studia Forestalia Suecica, 18.
- Shiba, M., M. Zeisek, H. Löffler, 1990: Der Einsatz moderner Informationstechnologie bei der forstlichen Erschließungsplanung. Forstarchiv, 61: 16–21.
- Shiba, M., 1992: Optimization of road layout in opening of forest. Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planing of Roads and Harvesting, Feldafing, Germany, 1–12.
- Sessions, J., 1992: Using networks analysis for roads and harvest planning. Proceedings IUFRO Workshop on Computer Supported Planing of Roads and Harvesting, Feldafing, Germany, 36–41.
- Sessions, J., W. Chung, H. R. Heinimann, 2001: New algorithms for solving large transportation planning problems. Proceedings on Workshop on New Trends in Wood Harvesting with Cable Systems for Sustainable Forest Management in the Mountains, Osiach (Austria), 18–24 June 2001, 253–258.
- Setyabudi, A., 1994: Design of an optimum forest road network using GIS and linear programming. ITC Journal, 2: 172–174.
- Tan, J., 1992: Planning a forest road network by a spatial data handling-network routing system. Acta Forestalia Fennica, 227: 1–85.
- Yoshimura, T., K. Kanzaki 1998: Fuzzy expert system laying out forest roads based on the risk assesment. Proceedings of the Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport, Sinaia (Romania), 17–22 June 1996, 144–150.
- Wolf, W., 1998: Assessment of forest roads alternatives with special emphasis on environmental protection. Proceedings of the Seminar on Environmentally sound forest roads and wood transport, Sinaia (Romania), 17–22 June 1996, 130–143.
- ****, 1991: Program gospodarenja g. j. Veprinačke šume od 1992. do 2001. godine.
- ****, 1993: Program gospodarenja g. j. Lisina od 1994. do 2003. godine.
- ****, 2001: Interni cjenik rada strojeva i prijevoza građevinskog materijala u šumskom građevinarstvu, Hrvatske šume d.o.o. Zagreb, str. 1–8.

Abstract

Planning of forest roads – current status, identifying problems and trends of future activities

Planning of forest roads should be the first and most important phase of a complex procedure for establishing an optimum density of forest roads network. Modern techniques, technology and methods of work, primarily personal computers, appropriate software packages, GIS, GPS, etc. provide the possibility to make various simulations, analyses, comparisons and finally the selection of the most favourable solutions. What is the current situation in Croatia, are there certain problems in forest opening, how to act in future, what direction to follow – these are only some of the topics discussed in this paper. The basic conclusions can be summarised in the recommendation that the approach to planning of forest roads should be highly serious and systematic with the application of all available techniques, technologies and methods of work that could be of help in reaching fair, timely and reasonable decisions. Such an approach would result in a variety of direct and indirect benefits, and to do so strict legal frameworks, laws and regulations, should be defined.

Key words: Planning of forest roads, primary forest roads, secondary forest roads, study of forest opening, Forestry Chamber

Adresa autora – Authors address:

Doc. dr. sc. Tibor Pentek
Doc. dr. sc. Dragutin Pičman
Hrvoje Nevečerel, dipl. ing. šum.
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Svetošimunska 25
10 000 Zagreb
HRVATSKA
e-mail: pentek@hrast.sumfak.hr
e-mail: picman@hrast.sumfak.hr
e-mail: hnevecerel@hrast.sumfak.hr

Primljeno (*Received*): 10. 9. 2005.
Prihvaćeno (*Accepted*): 22. 11. 2005.

Ovodobno stanje prijevoza drva kamionskim skupovima u hrvatskom šumarstvu

Željko Tomašić, Željko Sučić, Mladen Slunjski, Mirko Polaček

Nacrtak – Abstract

Daljinski transport drva šumarskim kamionskim skupovima pomoćna je djelatnost unutar temeljne šumarske djelatnosti uporabe šuma. Kako se radi o djelatnosti s vrlo visokim proizvodnim troškovima, a istodobno je sve više izložena konkurenciji i tržištu, s pravom se nastoji povisiti njezina svekolika učinkovitost i omogućiti njezin odgovor izazovima tržišta i tržišnih utakmica.

Od 1986. do 2000. godine broj kamionskih prijevoznih jedinica u vlasništvu »Hrvatskih šuma« smanjio se s 400 na 250 komada, čemu je vjerojatni razlog povećanje nosivosti kamionskih skupova uz pretpostavku da se prevoze približno iste količine drva. Od 1995. godine do danas zamjetno rastu količine drva koje prevezu poduzetnici i/ili kupci, od 51 % 1995. pa sve do 78 % 2004.

Korisna nosivost kamionskoga skupa, kakav najčešće prevozi drvene sortimente u Hrvatskoj, ograničena je i određena ponajprije i gotovo isključivo zakonskim odredbama koje propisuje Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama (NN, 92/05). Osim dopuštenih nosivosti i osovinskih opterećenja, Pravilnik donosi i niz drugih ograničenja za rad šumarskih kamionskih prijevoznih skupova, a osobito je značajno i dimenzijsko ograničenje koje se odnosi na ukupnu dopuštenu duljinu kamionskih prijevoznih skupova.

Mogućnosti za povećanje svekolike učinkovitosti i snižavanja troškova rada na prijevozu drva nalaze se na prvom mjestu u povećanju korisne nosivosti kamionskih skupova, i to smanjenjem mase kamionskoga skupa primjenom različitih mjera. Osim povećanjem korisne nosivosti kamionskoga skupa, na prijevoz većih količina drva može se utjecati i povećanjem brzina u prijevozu, uz veći broj i kraće vrijeme trajanja ciklusa (tura) prijevoza. Na to se zadnje može utjecati, osim povećanjem brzina samoga vozila, i povećanjem brzina utovara i istovara tereta, što je u velikoj mjeri vezano uz radne mogućnosti i kakvoću ugrađene dizalice.

U budućoj organizacijskoj shemi pri restrukturiranju poduzeća »Hrvatske šume« mora se voditi računa da se jedan određeni (strateški) dio daljinskoga prijevoza drva šumarskim kamionskim skupovima i dalje zadrži u njegovu sustavu zbog posebnosti uvjeta rada i biološko-tehničkih svojstava drva koje se prevozi (visokovrijedno drvo, pokvarljivost, biološki rokovi).

Ključne riječi: kamionski prijevozni skupovi, »Hrvatske šume« d.o.o., zakonski okviri, korisna nosivost, povećanje učinkovitosti, snižavanje troškova

1. Uvod – Introduction

Prijevoz drva s pomoćnoga do glavnoga stovarišta i/ili do kupca proizvodni je zadatak unutar djelatnosti uporabe šuma koji je najčešće bio izložen raspravi treba li se potpuno izdvojiti iz tzv. »čistoga šumarstva« i izložiti slobodnomu tržištu. Osobito je

to izraženo u ovodobnim okolnostima kada stalno raste broj poduzetnika prijevoznika izvan sustava »Hrvatskih šuma« (privatni poduzetnici, sredstva prijevoza u vlasništvu kupca) pa time nastaje i sve veća međusobna konkurencija. Ovdje se mora napomenuti da je u nemalom broju slučajeva ta »konkurencija« nelojalna jer je ona proizvod uvjeta »sive

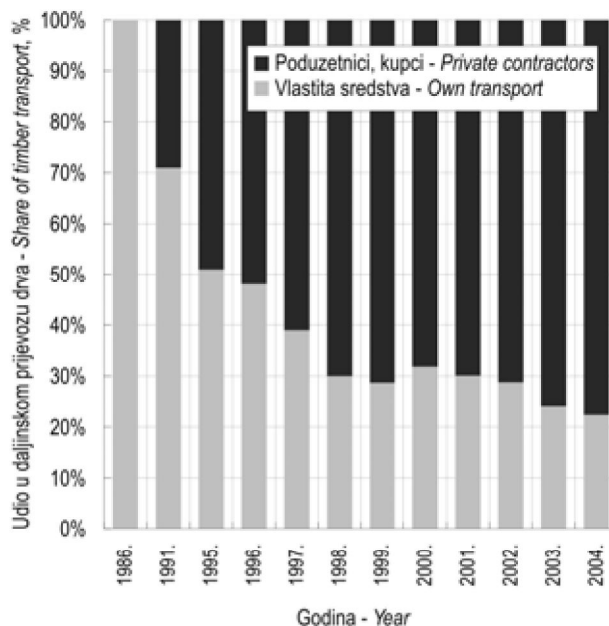
ekonomije«, još uvijek znatno zastupljene u hrvatskoj gospodarskoj stvarnosti. Naime, poznato je da za određeni broj takvih privatnih poduzetnika rade neprijavljeni vozači, za rad se nenamjenski upotrebljavaju jeftinije vrste goriva, izbjegava se plaćanje dijela poreza, pretovari se često puno blaže tretiraju nego kada vozi »državna firma« i sl.

Vrlo je zanimljiva raščlamba uzroka smanjivanja broja kamionskih vozniha jedinica u »Hrvatskim šumama« koju iznosi skupina autora (Krpán i dr. 2002) u okviru znanstvene studije *Tehničke i tehnološke značajke kamiona SCANIA P124CB 6 × 4 NZ400, prikolice Narkö i dizalice Jonsered 1090*. Studiju su bile naručile »Hrvatske šume«.

Kao glavni razlog smanjivanja broja transportnih vozniha jedinica od 1986. do 2000. godine s više od 400 do 250 autori studije navode povećanje nosivosti kamionskih skupova, uz pretpostavku da se prevoze približno iste količine drva. Ta je postavka u konkretnoj situaciji samo djelomice točna. Naime, ona se odnosi na razdoblje od 1986. do 1993. kada je prijevoz drva gotovo isključivo obavljan kamionskim vozniha jedinicama u vlasništvu »Hrvatskih šuma«. Već od 1995. do danas zamjetno rastu količine drva koje prevoze poduzetnici i/ili kupci, od 51 % 1995. pa sve do 78 % 2004. (slika 1). Za to se razdoblje slobodno može zaključiti da je za smanjenje kamionskih vozniha jedinica značajniji razlog otpis starih kamiona i nenabavljanje novih zamjenskih u količinama i prema dinamici iz spomenutoga ranijega razdoblja.

U istoj je studiji zanimljiva i raščlamba broja šumarskih dizalica prema broju kamionskih prijevoznih jedinica. Autori navode kako 1988. godine 400 kamiona i 340 prikolica različitih izvedbi radi s 300 ugrađenih dizalica, što znači da na 100 kamiona nisu bile ugrađene dizalice. Godine 1995, kada se značajno smanjuje broj kamionskih prijevoznih jedinica u odnosu na 1986. godinu, s 400 na 250, na 234 kamionska skupa s prikolicom ugrađena je dizalica, iz čega se može zaključiti da je u gotovo svaki kamionski skup bila uključena i dizalica (jedan dio od 250 kamiona odnosi se na kamione manje nosivosti, one ispod 7 t). Objašnjenje te činjenice ponajprije je u nastojanju da se kamionski prijevozni skupovi učine što neovisnijim, uz snažnije pogonske motore, a činjenica je i da se sve više teži ugradnji dizalica sa što većom podiznom moći kako bi gotovo svaka prijevozna jedinica mogla utovariti i prevesti čak i one najteže drvene sortimente te one proizvedene u najnepovoljnijim radnim uvjetima.

Rezultat svega bio je da se povećala ukupna nosivost i radne mogućnosti prijevoznih jedinica, ali je ujedno korisna nosivost, koja je temelj radne učinkovitosti u prijevozu, podvrgnuta brojnim ograničenjima.



Slika 1. Udio vlastitoga i vanjskoga daljinskoga prijevoza drva u razdoblju od 1986. do 2004. godine

Figure 1 – Share of timber transport performed by own and private contractors' truck units in the period 1986 – 2004

ma. Kako pod velikim opterećenjima ne bi dolazilo do lomova podvozja i/ili nadgradnje, postoji opravdana potreba ugradnje što snažnijih i robusnijih šumarskih nadgradnja na podvozja kamiona, odnosno prikolica. Pri tome se rabe vrlo teški materijali koji uvelike povećavaju masu voznoga skupa, a smanjuju korisnu nosivost. Isto tako ugrađene šumarske dizalice koje imaju veliku podiznu moć, uglavnom imaju i veliku vlastitu masu, što također ide na štetu korisne nosivosti.

2. Zakonski okviri rada šumarskim kamionskim prijevoznim skupovima – Legal framework for providing services by forest truck transport units

Kada se govori o korisnoj nosivosti kamionskoga skupa, kakav najčešće prevozi drvene sortimente na području »Hrvatskih šuma«, mora se naglasiti da je ta značajka ponajprije i gotovo isključivo ograničena i određena zakonskim odredbama koje propisuje *Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama*. Najnoviji je *Pravilnik* objavljen u *Narodnim novinama*, br. 92, od 27. 7. 2005. Osim dopuštenih nosivosti i osovinskih opterećenja, *Pravilnik* donosi i niz drugih ograničenja za rad šumarskih kamionskih prijevoznih skupova, a osobito je značajno i dimenzijsko ograničenje koje se odnosi na ukupnu

dopuštenu duljinu kamionskih prijevoznih skupova. Najvažnije odredbe vezane uz ovu problematiku sadržane su u člancima 3, 9. i 10.

Članak 3. pod točkama 4. i 5. (za skupove vozila koji su najčešća sredstva prijevoza drva u »Hrvatskim šumama« d.o.o. Zagreb) propisuje da najveća duljina vozila (razmak između najizbočenijega prednjega i stražnjega dijela vozila, bez tereta) može iznositi najviše za:

4) tegljač s poluprikolicom – 16,50 m, te

5) vučno vozilo s prikolicom – 18,75 m.

Članak 9. koji propisuje najveće dopuštene mase, odnosno ukupne mase motornih vozila, priključnih vozila ili skupa vozila, osovinsko opterećenje vozila u stanju mirovanja na vodoravnoj podlozi u točki 1. određuje da najveća dopuštena masa ili ukupna masa skupa vozila ne smije prelaziti masu od 28 t za slijedeće vozne jedinice:

a) troosovinsko motorno vozilo s dvoosovinskom ili troosovinskom prikolicom,

b) troosovinski tegljač s dvoosovinskom ili troosovinskom prikolicom ne smiju prelaziti masu od 40 t,

c) skup vozila s tri osovine (sam kamion).

Isti članak u točki 2. određuje da osovinsko opterećenje skupa vozila ne smije prelaziti slijedeće vrijednosti kako slijedi:

A) Za jednostruke osovine

a) jednostruka slobodna osovina – 100 kN,

b) jednostruka pogonska osovina – 115 kN.

B) Za dvostruke osovine motornih vozila zbroj opterećenja osovina po dvostrukoj osovini ne smije prijeći 180 kN* ako je razmak (d) između osovina od 1,3 m do manje od 1,8 m ($1,3 \text{ m} < d < 1,8 \text{ m}$).

C) Kod dvostrukih osovina prikolica i poluprikolica zbroj opterećenja osovina po dvostrukoj osovini kao i kod B) ne smije prijeći 180 kN ako je razmak (d) između osovina od 1,3 m do manje od 1,8 m ($1,3 \text{ m} < d < 1,8 \text{ m}$).

Posve je jasno da se tim odredbama uvelike ograničavaju duljina tovarnoga prostora kod kamionskih skupova i dopuštena nosivost.

Ograničenje tovarnoga prostora kao teškoća pri stavljanju šumarske nadogradnje osobito je izraženo kod samoga kamiona, koji bi zbog tehnologije višemetrice morao iznositi barem 6,40 m, što je vrlo teško izvedivo zbog neupitne potrebe istodobnoga zadovoljenja odredaba propisa o ukupnoj dopuštenoj duljini kamionskoga skupa i dopuštenih osovinskih opterećenja.

Korisna je nosivost istodobno ograničena prema dvama mjerilima: ukupno dopuštenoj masi i dopuštenim opterećenjima osovina. Ugradnja razmjerno teške kamionske šumarske hidraulične dizalice, najčešće na stražnjem dijelu pogonskoga vozila, zahtijevala je dodavanje dodatne osovine uz postojeću stražnju osovinu. Na taj je način povećana nosivost udvojene osovine, ali često to nije dovoljno zbog različitosti svojstava tovara, te zahtijeva veliku umješnost operatera pri slaganju drvnih sortimenata kako se ne bi pojačano opteretila dvostruka stražnja osovina (»perca« i sl.).

Spomenuta nastojanja da se kamionski prijevozni skup učini što neovisnijim, a povećanjem nosivosti sposobnijim za prijevoz što veće količine tereta (drvnih sortimenata), djelovanjem postojećih zakonskih ograničenja došlo se u gotovo apsurdnu situaciju da se dobilo razmjerno moćno i učinkovito radno sredstvo koje ne može koristiti gotovo 40 % svojih eksploatacijskih mogućnosti (»vožnja do pola štica«). Gotovo se sa sigurnošću može ustvrditi da se ovdje radi o svojevrsnoj predimenzioniranosti radnih sredstava u odnosu na propisane zakonske veličine.

Vrlo je slična situacija, ali s obrnutim predznakom, kada je riječ o sukobu zakonskih odredaba i radnih mogućnosti u svezi s propisanom najmanjom snagom motora u odnosu na ukupnu dopuštenu masu za kategoriju radnih strojeva koji rade u iznimno teškim radnim uvjetima.

Člankom 10. propisan je odnos bruto snage motora izražene u kilovatima i najveće dopuštene mase vozila izražene u tonama.

Slučaj u podtočki 7. određuje da kod radnih i specijalnih vozila namijenjenih obavljanju komunalnih usluga, teretnih automobila namijenjenih za obavljanje prijevoza u poljoprivredi, šumarstvu, građevinarstvu i rudarstvu te za skupove motornih i priključnih vozila odnos bruto snage motora izražene u kilovatima i najveće dopuštene mase vozila izražene u tonama mora iznositi najmanje 4 kW/t.

Ako razmotrimo situaciju u »Hrvatskim šumama«, od ranih 90-ih godina kada su nabavljeni prvi kamioni MAN 33.422 snage motora 315 kW (422 KS) te najnovijih MAN 33.464 s 346 kW (464 KS), stavljanjem u odnos najveće dopuštene mase kamionskoga skupa (40 t) dobivamo da u prvom slučaju spomenuti odnos iznosi 7,9 kW/t, a u najnovijem 8,6 kW/t, što znači da je taj odnos dvostruko veći od zakonskih najmanjih traženih vrijednosti. Ako u obzir uzmemo i stav da su uvjeti rada u šumarstvu

* odnosno 190 kN ako je pogonska osovina opremljena udvojenim gumama i zračnim ogibljenjem ili ogibljenjem koje se priznaje kao ekvivalentno unutar EU

mного teži i od onih u koje ih svrstava spomenuta odredba zakonskoga propisa, ipak je teško objasniti da takve snage motora nisu predimenzionirane u odnosu na stvarne potrebe. U *Kriterijima za izvedbe kamionskih kompozicija* 1979. godine te su potrebe za većom snagom motora zbog težih radnih uvjeta izražene stajalištem da najmanja snaga motora za šumarske kamione mora biti najmanje 20 % veća u odnosu na zakonski propisanu. Ovdje se spominje da se to odnosi na znatna opterećenja šumarskih kamiona ponajprije pri prijevozu u gorskim područjima gdje je izražena razvedenost terena i veći nagibi. Ako bi se primijenilo to mjerilo uvećavši ga na 50 % više od propisane veličine, izlazi da bi prema takvu mjerilu dovoljna snaga motora za kamionski skup namijenjen prijevozu drva u hrvatskom šumarstvu trebala iznositi oko 240 kW, preko 100 kW manje od posljednjih nabavljenih kamiona.

3. Mogućnosti za povećanje svekolike učinkovitosti i snižavanja troškova rada na prijevozu drva – *Possibilities for increasing total efficiency and decreasing costs of timber transport*

Činjenica je da je oblik transporta drva kamionskim skupovima, prema svojim troškovima koje nije teško utvrditi, najskuplji, ali trenutačno i teško zamjenjiv drugim oblicima. Sama nabava takvih radnih sredstava, čija se cijena kreće u milijunskim iznosima, vrlo je velika teškoća u poslovanju od samoga početka, a nakon toga započinju stalni visoki materijalni troškovi: guma, goriva, maziva, održavanja i dr.

Visoka nabavna cijena ponajprije je rezultat potrebe prerade temeljnoga, serijskoga vozila (kamiona) u vozilo za rad u posebno nepovoljnim uvjetima kakvi prevladavaju u šumarstvu. Na tzv. kamionsku šasiju stavlja se šumarska nadogradnja s potpornim ručicama, ugrađuje se posebna šumarska hidraulična dizalica, a stražnja se osovina udvaja dodatkom još jedne osovine uz postojeću. Kada se tomu kamionskomu skupu pridoda još i prikolica koja također mora imati konstrukcijske značajke kao i sam kamion, potpuno je jasno da se za to radno sredstvo mora uložiti još dosta novca koji se odnosi na samu preradbenu osnovnoga vozila.

Napomenute visoke cijene materijalnih troškova rada također su ponajprije rezultat nepovoljnih radnih uvjeta. S druge strane, osim onih prirodnih, uvjeti su rada na prijevozu drva u šumarstvu i u gospodarskom smislu također vrlo nepovoljni. Prevozi se velik obujam razmjerno jeftinoga tereta koji ne podnosi visoke prijevoznike cijene, zakonski propisi ograničavaju povećanja u smislu učinaka i količina,

zbog neujednačenosti u značajkama drva koje se prevozi (vrsta, dimenzije, mokrina i dr.) otežan je nadzor utovarenih količina, gotovo polovica prijeđenih udaljenosti odnosi se na prazne vožnje, radovi su sezonskoga karaktera s vremenskim i prometnim ograničenjima neprekinutoga prijevoza cijele godine.

Zbog svega navedenoga nameće se logično pitanje u kojem se smjeru može djelovati kako bi se pokušala povećati radna i gospodarska učinkovitost, što znači i snižavanje troškova prijevoza drva. Ovdje se može navesti nekoliko mjera za ostvarivanje tih ciljeva:

(I) Iz prijašnjih je razmatranja o ukupnoj masi kamionskih skupova i korisnoj nosivosti jasno da se povećanjem korisne nosivosti može uvelike utjecati na mogućnost prijevoza većih količina tereta. Korisna se nosivost može povećati samo smanjenjem vlastite mase kamionskoga skupa primjenom nekoliko mjera:

a) povoljnijim konstrukcijskim rješenjima šumarske nadogradnje, uz uporabu boljih i lakših vrsta materijala,

b) ugradnjom lakše dizalice jednakih mogućnosti i poboljšanih tehničkih značajki (prisilno hlađenje hidrauličnoga ulja),

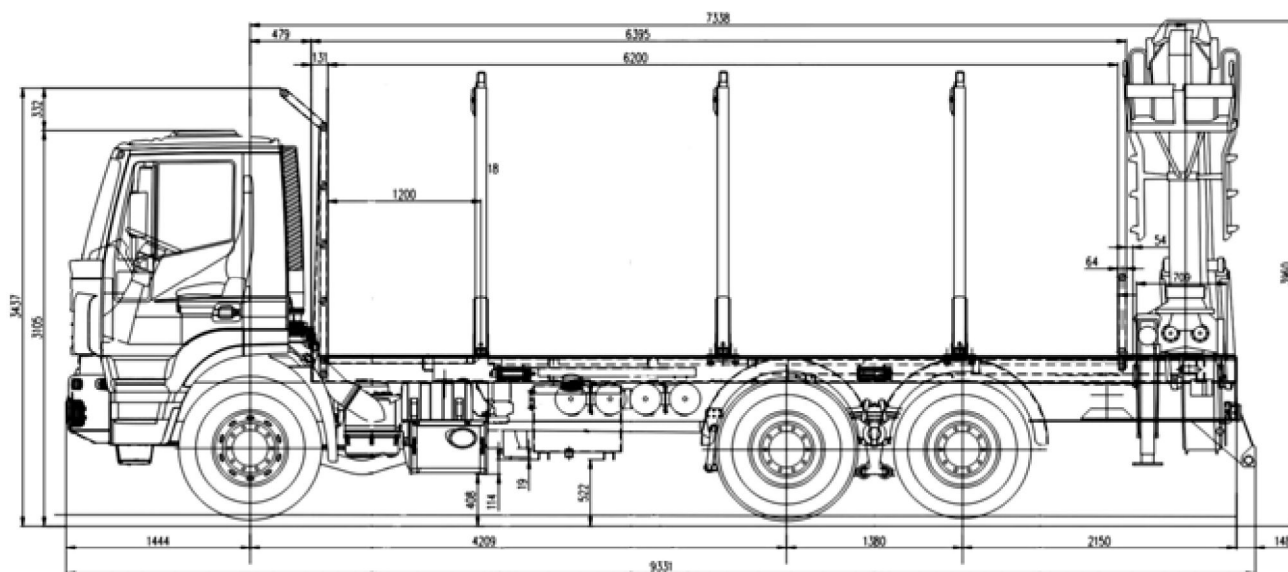
c) izborom kamionskoga skupa s lakšim i drugačije riješenim sklopovima (motor, mjenjač, kabina sl.),

d) uvođenjem kombiniranih načina prijevoza kamionskih skupova s dizalicom i bez dizalice (povećanje korisne nosivosti kod takvih kamionskih skupova za iznos mase dizalice te sustava hlađenja dizalice).

Ako se odluči na primjenu takvih mjera za povećanje korisne nosivosti, mora se imati na umu činjenica da sve navedeno znači i veće nabavne cijene. Treba dobro odvagati i izračunati koliko te mjere mogu stvarno utjecati na povećanje količinske i financijske učinkovitosti u prijevozu. Mjera pod d) pretpostavlja i izmjenu u načinu rada na prijevozu, ali i u projektiranju i izgradnji šumskih prometnica.

(II) Osim povećanjem korisne nosivosti kamionskoga skupa, na prijevoz većih količina drva može se utjecati i povećanjem brzina u prijevozu, uz veći broj i kraće vrijeme trajanja ciklusa (tura) prijevoza. Na to se zadnje može utjecati, osim povećanjem brzina samoga vozila, i povećanjem brzina utovara i istovara tereta, što je uvelike vezano uz ranije spomenute radne mogućnosti i kakvoću ugrađene dizalice.

Općenito se može uzeti da čimbenik povećanja brzine u prijevozu trenutačno ne pruža neke značajnije mogućnosti u povećanju broja tura, odnosno prevezenih količina tereta jer to ne dopuštaju uvjeti na šumskim cestama koji se ne mogu znatnije po-



Slika 2. Šumarski kamion s tri para ručica

Figure 2 – Forest truck with 3 pairs of log retaining posts

praviti u nekom kratkom vremenu, a mogu biti vrlo bitni za brzinu i prohodnost kamionskih prijevoznih skupova.

Povoljnija (veća) otvorenost šumskim cestama također može značajnije utjecati na povećanje broja tura, odnosno skraćivanje njihova vremena, ali je ujedno povezana i s povećanim troškovima ulaganja.

Sve navedene mjere odnose se ponajprije na povećanje tzv. radne učinkovitosti prijevoza drva, odnosno mogućnosti povećanja količine prevezenoga drva.

Gospodarska ili svekolika učinkovitost, osim o radnoj učinkovitosti, u znatnoj mjeri ovisi i o visini troškova u prijevozu drva. Snižavanje razine materijalnih troškova rada kod kamionskih prijevoznih skupova značajno je povezano s energijskom potrošnjom (Sever i Horvat 1989) prije razmatranoj na primjeru nepotrebnoga »rasipanja« predimenzioniranjem snage motora. Uporabom jačega motora nego što je potreban za obavljanje radnih zadaća, osim što je on mnogo skuplji, nepotrebno se povećavaju trošci goriva i maziva. To može značajno povisiti jedinične radne troškove. Na troškove goriva i maziva može prilično utjecati i vrsta mjenjača. Uporabom suvremenih automatskih mjenjača mogu se sniziti trošci goriva i maziva, ali i trajnost nekih sklopova i dijelova vozila jer se povoljnijom uporabom snage izravno utječe na ravnomjernost i ujednačenost rada cjelokupnoga voznoga sustava. I ovdje se, naravno, mora voditi računa o početnoj višoj nabavnoj cijeni takvih sklopova i o njezinoj ukupnoj isplativosti te uštedama ostvarenim njihovom primjenom.

4. Poduzete mjere za povećanje učinkovitosti – *Steps taken for increasing productivity*

U nabavi kamionskih prijevoznih skupova za 2005. godinu pri postavljanju temeljnih tehničkih zahtjeva nastojao se učiniti korak naprijed u smislu poboljšanja nedostataka koji su razmatrani u prikazu ovogobnoga stanja.

1. Optimizacija snage pogonskoga motora

Radi bolje iskorištenosti energije i potrebne pogonske snage motora zahtijevana snaga motora postavljena je s iznosom od 300 kW, što je manje i od snage motora kamiona nabavljenih početkom 90-ih godina (315 kW).

2. Način hlađenja hidrauličnoga maziva

Kod šumarskih hidrauličnih dizalica s primijenjenim prisilnim hlađenjem hidrauličnoga maziva smanjena je količina potrebnoga maziva za gotovo 150 l, pa se postiže ušteda na mazivu i smanjenje mase, povoljnije hlađenje i duže trajanje maziva.

3. Smanjenje mase skupa vozila smanjenjem broja pari potpornih ručica

Broj pari potpornih ručica smanjen je s 4×2 na 3×2 , što je izravno smanjenje vlastite mase u korist korisne nosivosti. Ukupna nosivost ručica više je nego dovoljna za osiguranje i stabilnost tereta. Mogućnost pomicanja parova ručica na kamionu i prikolici dopušta prilagodbu prema potrebama tereta (slika 2).

Osim navedenoga razmatra se i mogućnost opremanja hidrauličnih utovarno-istovarnih dizalica ure-

đajem za mjerenje utovarene mase kako bi se poboljšao nadzor veličine tereta koji se prevozi ili utovara u vagone te kako bi se već pri otpremanju drva imao dokument o masi u prijevozu.

5. Zaključci – Conclusions

Daljinski transport drva šumarskim kamionskim skupovima pomoćna je djelatnost unutar temeljne šumarske djelatnosti uporabe šuma. Kako se radi o djelatnosti s vrlo visokim proizvodnim troškovima, a istodobno je sve više izložena konkurenciji i tržištu, s pravom se nastoji povisiti njezina svekolika učinkovitost i omogućiti njezin odgovor izazovima tržišta i tržišnih utakmica.

Jedna od važnih mjera za ostvarivanje navedenoga cilja svakako je izbor najprikladnijega sredstva za vrstu rada koji se obavlja te uvjeti koji prate taj rad. Pri tom se jako mora paziti da se sredstvo ne »predimenzionira« da se ne bi uzaludno rasipale masa i energija, ali i da se istodobno zadrže sve tehničke značajke bitne za nesmetano i sigurno obavljanje radnih zadataka. Izbor najprikladnijega sredstva za dane uvjete mora se ponajprije temeljiti na dobrom poznavanju zakonskih odrednica koje određuju okvire mogućega djelovanja. Isto tako moraju se dobro poznavati prirodni uvjeti u kojima se rad odvija i tehničke značajke samoga sredstva. Konačno, svakako se izboru sredstva mora pridodati obračun cijene sredstva i njegova učinka, tj. materijalizirati poboljšanja u odnosu na učinak (rezultat).

U budućem organizacijskom ustroju pri restrukturiranju se mora voditi računa da se jedan određeni

(strateški) dio daljinskoga prijevoza drva šumarskim kamionskim skupovima i dalje zadrži u sustavu »Hrvatskih šuma« zbog posebnosti uvjeta rada i biološko-tehničkih svojstava drva koje se prevozi (visokovrijedno drvo, pokvarljivost, biološki rokovi). Drugi, ništa manje značajan razlog za ovu preporuku odnosi se na moguće poremećaje na tržištu prijevoza drva, odnosno mogući ucjenjivački odnos privatnih prijevoznika i privatno-poduzetničkih udruga prema »Hrvatskim šumama«, u skladu s prilikama na tržištu usluga.

6. Literatura – References

- Krpan, A. P. B., Horvat, D., Poršinsky, T., Šušnjar, M., 2002: Tehničke i tehnološke značajke kamiona SCANIA P124CB 6 × 4 NZ400, prikolice Narkö i dizalice Jonsered 1090, Znanstvena studija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1 – 69.
- Sever, S., Horvat, D., 1989: Prilog proučavanju potrošnje goriva pri prijevozu kamionskim kompozicijama, Mehanizacija šumarstva, 14 (7–8): 157 – 162.
- *** Kriteriji izvedbe kamionskih kompozicija, 1979: Bilten Mehanizacija šumarstva, 5–6, 133 – 210.
- *** Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama, 1998: Narodne novine, 59/1998.
- *** Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama, 2005: Narodne novine, 92/2005.
- *** Tehnička dokumentacija za natječaj javne nabave, 2003, 2005: Hrvatske šume d.o.o. Zagreb

Abstract

Present status of timber transport by truck units in Croatian forestry

Timber transport performed by forest truck units is an auxiliary activity within the basic activities of forest exploitation. This activity implies high production costs and is increasingly subject to market competition, and as such, efforts are being made to increase its efficiency and to enable this activity to respond to market challenges.

The load of forest truck units most commonly used to transport timber in Croatia is restricted and determined primarily and exclusively by legal provisions prescribed by the Regulations on Technical Characteristics of Vehicles in Road Transport (OG 92/05). The possibility of increasing overall efficiency and reducing costs of timber transport primarily lies in increasing the load capacity and reducing the weight of forest truck units through various measures. In addition to increasing the usable truck load, increasing transport speed with a higher number of cycles and shorter transport time can also result in the transport of greater quantities of timber. Finally, in addition to transport speed, the rate of loading and unloading is also imperative, and is greatly associated to the work capacity and quality of the crane.

When restructuring the company Hrvatske šume (Croatian Forests), care must be taken that a strategic part of timber transport by forest truck units be left within its system due to specific working conditions and biological-technical characteristics of timber being transported (high quality timber, biological deadlines, decay). In creating the future organization in the restructuring of the company Croatian Forests (Hrvatske šume), care must be taken that a strategic part of timber transport with forest truck units remain under its system due to the specific working conditions and biological-technical characteristics of the timber being transported (high quality timber, biological deadlines, decay).

Key words: truck transport units, Hrvatske šume d.o.o., legal framework, load efficiency, increasing productivity, decreasing costs

Adresa autora – Authors address:

Mr. sc. Željko Tomašić
Željko Sučić, dipl. inž. šum.
Mladen Slunjski, dipl. inž. šum.
Mirko Polacek; dipl. inž. šum.
»Hrvatske šume« d.o.o., Direkcija Zagreb
Farkaša Vukotinovića 2
10 000 Zagreb
HRVATSKA
e-mail: zeljko.tomasic@hrsume.hr
e-mail: zeljko.sucic@hrsume.hr
e-mail: mladen.slunjski@hrsume.hr
e-mail: mirko.polacek@hrsume.hr

Primljeno (Received): 3. 10. 2005.
Prihvaćeno (Accepted): 7. 12. 2005.