

TIBOTRAC FM 03 – prvi hrvatski šumski zglobnik na biodizelsko gorivo¹

Stanislav Sever, Stjepan Puljak

Nacrtač – 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 ergonomskih značajki radne okoliše, 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 osovina 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 šumarstvu 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 ergonomskih 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 okretnost 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 – rujana 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. Duljina 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 ergonomskih 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 energetska štedljiva i jeftinija po jedinici urađenoga posla, npr. po privučenom 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 ergonomska 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 smjernicama 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 tehnološkoga 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 norma (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 harvester. Zadovoljenje i ovodobnih kriterija što se tiče razine buke u kabini i njegovoj okolici 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 nezadovoljavajuće 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 zglobom (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 (Augustin 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 energetskega 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 možebitno 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 privlačenju drva), po stovarištima, možebitno 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 prorednim 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 najstaknutiju 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 usporenu od približno 2 m/s². Vrijedi napomenuti da je na drugoj generaciji ustanovljeno usporenu 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, sve-smjernikom 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 preklapnoga 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).

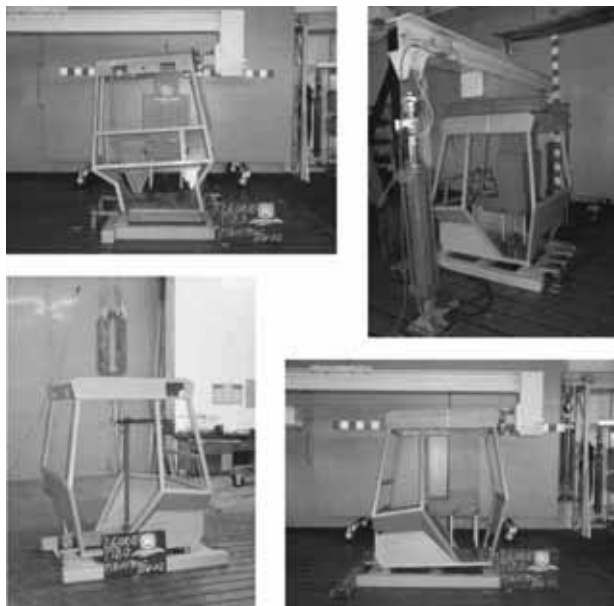
Provjera vibracija koje se prenose na tijelo radnika u sjedećem položaju učinjena je za obje razmatrane generacije zglobnika. No, zbog nevjerodostojnosti i neusporedivosti podataka ne iznose se rezultati. Zaključno će se predložiti da se sva ta i mnoga druga ispitivanja ponove kod treće neutralne strane (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 privremene 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 MPSVG-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.

Augustin, 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 ergonomске 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 ergonomskih 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 Waldarbeit«, 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 šumskog 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 šumskog 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 šumskog zglobnika – TIBOTRAC FM 03. Inovacijsko žarište, glasnik Odjela za tehnološki 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 šumskog 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 Forstechnologie. 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 Biohydrauliköle in einem Forstwirtschaftsbetrieb – 10 Jahre Einsatzerfahrung. Berlin, 1–42.
- Rehschuh, 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 »Tera-mehanika 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 šumskog zglobnika TIBOTRAC FM 03. Crni Lug, 15. srpnja 2005, str. 1–32.
- Sever, S., Klak, S., 2005: Treća generacija šumskog zglobnika TIBOTRAC FM 03. Prvi kolokvij tehnoloških projekata MZOŠ-a, Zagreb, 5. svibnja 2005, 1–32.

Sever, S., Risović, S., Dekanić, S., 2005: Pogonska goriva motora SUI – njihova obnovljivost, okolišna dobrot, 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 deblovnne 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 mjesecniku 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