

Morfološka raščlamba šumskih hidrauličnih dizalica

Marijan Šušnjar, Dubravko Horvat, Ivica Grahovac

Nacrtač – Abstract

Rad prikazuje morfološku raščlambu različitih tipova hidrauličnih dizalica koje se ugrađuju na strojeve za izvođenje šumskih radova kako bi se vidjele različitosti njihovih tehničkih značajki i mogućnosti njihove primjene.

Za potrebe raščlambe izrađena je baza tehničkih podataka 231 tipa hidrauličnih dizalica podijeljenih u četiri skupine s obzirom na vozilo na koje se ugrađuju. Skupine su: traktorske dizalice, forvardske dizalice, harvesterske dizalice i kamionske dizalice. Odabrano je šest osnovnih tehničkih značajki hidrauličnih dizalica: bruto podizni moment, okretni moment, masa dizalice, doseg dizalice, radni tlak ulja, protok ulja.

Na osnovi istraživanih tehničkih značajki zaključuje se da kamionske dizalice imaju najveći podizni moment, masu i radni tlak. Široki rasponi vrijednosti svih istraživanih tehničkih značajki kamionskih i traktorskih dizalica upućuju na mogućnost njihove široke primjene za različite radne zahtjeve. Harvesterske se dizalice odlikuju najvećim vrijednostima dosega i protoka ulja, što će rezultirati smanjenim kretanjem vozila po sastojini te povećanjem učinkovitost rada.

Ključne riječi: hidraulična dizalica, tehničke značajke, šumska vozila, morfološka raščlamba

1. Uvod – Introduction

Razvoj tehnike, koja je osobito napredovala u 20. stoljeću, omogućio je razvoj mehaniziranih sredstava za izvođenje šumskih radova. S obzirom na sredstva za rad, način i uvjete rada na pojedina mehanizirana sredstva u pridobivanju drva ugrađuju se hidraulične dizalice različitih tehničkih značajki.

Pri prijevozu drva kamionima otpočelo je mehaniziranje utovarnih radova. Kamioni isključive namjene za prijevoz oblovine dobivaju se doradom iz velikoserijskih inačica. Osnova je gradnje takva šumskog kamiona montiranje šumske nadogradnje, udvajanje stražnje osovine te ugradnja šumske dizalice.

Razliku u vrstama šumskih nadgradnji kamiona najčešće uzrokuje morfologija tereta (duljina sortirana), a izbor nadgradnje uvjetuje i primjereni kamionski skup. U hrvatskom šumarstvu najčešće se koriste ove vrste kamionskih skupova: kamion s prikolicom (slika 1), kamion s poluprikolicom (tzv. biling) i tegljač.

Autonomnost i fleksibilnost kamionskih skupova postignuta je ugradnjom hidrauličnih šumskih dizalica na svaki kamion. Sredinom sedamdesetih godina proizvedena je prva domaća hidraulična dizalica koja se ugrađivala na kamion za prijevoz drva (Sever 1976). Istražujući tehničke norme različitih vrsta ručnoga i strojnoga utovara, Klanjšček (1975) najavljuje buduću prevlast šumskih hidrauličnih dizalica. Bojanin i Sever (1977) utvrđuju porast broja hidrauličnih dizalica ugrađenih na kamion za 75 %, a Sever i dr. (1985) bilježe da je te godine 80 % od ukupnoga broja kamiona u šumarstvu imalo ugrađenu hidrauličnu dizalicu. Za utovar preostalih kamiona za prijevoz drva koriste se hidraulične dizalice ugrađene na traktor koje se nalaze na pomoćnim stovarištima. Danas se hidraulične dizalice ugrađene na traktor koriste u manjem brojem, isključivo pri uhrpavanju drvnih sortirana na pomoćnim stovarištima nakon privlačenja skiderima radi lakšega utovara na kamion te prohodnosti prostora stovarišta.

Zanimljiv je i podatak da je 1988. godine uz 400 kamiona koji su radili na prijevozu drva bilo oko 300



Slika 1. Kamionski skup IVECO za prijevoz drva
Fig. 1 Truck unit IVECO for timber transport

montiranih dizalica. Već 1995. godine, kada se broj kamiona smanjio na 250, rabilo se 236 dizalica, što znači da su gotovo svi kamioni bili njima opremljeni. Zapaženo smanjivanje ukupnoga broja kamiona krajem 90-ih godina uzrokovano je nabavom kamionskih skupova veće nosivosti te povećanjem udjela vanjskih transportnih i drugih poduzeća izvan šumarstva (poduzetništvo) u ukupno prevezenoj količini drva (Krpan i dr. 2002).

Prijevoz drva kamionima ujedno je i najskuplji oblik transporta. Da bi se povećala njegova učinkovitost, potrebno je provoditi svrhovite tehničke, tehnološke i organizacijske mjere. U modernim kamionima, pa tako i u šumskim izvedbama, primjenjuje se sofisticirana oprema koja znatno olakšava vožnju, ali i povećava nabavnu cijenu. I veličina kamiona, pa time i njegova nosivost, također ga poskupljuju. Za povećanje učinkovitosti, osim tehnoloških mjera, potrebne su i moderne šumske dizalice koje su također relativno skupe.

Mehaniziranje je privlačenja drva iz proreda nizinskih šuma započelo početkom 70-ih godina prošloga stoljeća primjenom traktorskih skupova: adaptiranih poljoprivrednih traktora sa šumskom poluprikolicom i dizalicom. Prvi takav skup bio je tzv. »PIONIR« koji je imao mehaničku dizalicu sa šumskim vitlom. Početkom 90-ih godina počinje inten-



Slika 2. Traktorski skup FORMET
Fig. 2 Tractor unit FORMET

živno traženje optimalnoga traktorskoga skupa. Pri tome se mehaničke dizalice na traktorskom skupu zamjenjuju hidrauličnim dizalicama, čime se omogućuje dizanje težih drvnih sortimenata te ergonomski povoljnije hidraulično, a poslije elektrohidraulično upravljanje. Dodatnim opremanjem traktorskih skupova šumskim vitlom omogućilo se da traktorske ekipe (slika 2) ne moraju ulaziti u sastojinu do svakoga izrađenoga drvnoga sortimenta na udaljenost dosega dizalice, već se isključivo kreću po usporednim vlakama međusobne udaljenosti od 37,5 m na koje se privitlavaju drveni sortimenti te utovaruje dizalicama. Navedenim se postupkom smanjuje mogućnost oštećenja šumskoga tla, pomlatka i preostalih stabala pri pridobivanju drva u proredama, poglavito u razdoblju velike vlažnosti tla, odnosno njegove slabe nosivosti.

Dok se u prorednim sječinama koriste traktorski skupovi za izvoženje drva, u oplodnim sječinama usustavljeni su šumski strojevi treće generacije – forvarderi. Bojanin i Sever (1987) navode da je prvi forvarder konstruiran u Švedskoj 1962, a već 1971. godine ulaze u hrvatsko šumarstvo. Forvarder se sastoji od upravljačko-pogonskoga dijela vozila i pogonjene poluprikolice (nosač tereta) koji su spojeni zglobno (dva zgloba – uzdužni i poprečni), s mogućnošću gibanja u vodoravnoj i uspravnoj ravnini. Hidraulična dizalica kod forvardera ugrađuje se uvijek na

poluprikolici, a komande za upravljanje dizalicom nalaze se u kabini forvardera. Hidrauličnom se dizalicom utovaruje i istovaruje (hvatanje, primicanje, dizanje, prenošenje, odlaganje, slaganje) oblo drvo. Doseg ugrađenih hidrauličnih dizalica kreće se u opsegu od 5 do 10 m, uz nazivni podizni moment između 50 i 100 kNm. S gledišta ekonomične uporabe zahtjev hrvatskoga šumarstva jest forvarder nosivosti od 14 t i podiznoga momenta hidraulične dizalice od 100 kNm, kojim se osigurava utovar i izvoženje trupaca velikih dimenzija iz sječina glavnoga prihoda (Horvat i Poršinsky 2000).

U prigrorskim i brdskim predjelima Hrvatske za privlačenje drva upotrebljavaju se u prvom redu kotačni skideri opremljeni šumskim vitlom. Osim opremanja šumskoga zglobnoga traktora s vitlom (eng. *cable skidder*) postoje različite konstrukcije prihвата (utovara) drva: s hvatalom okrenutim prema dolje (eng. *grapple skidder*) i s hvatalom okrenutim prema gore i dizalicom za utovar drva u hvatalo (eng. *clam-bunk skidder*). Pri tome pojedini tipovi skidera uz hvatalo i hidrauličnu dizalicu za utovar drva opremaju se i šumskim vitlima. Navedeni se tipovi skidera ne koriste u hrvatskom šumarstvu. Jedino je tijekom 2006. godine na probnom radu ispitani skider HSM 804Z (slika 4) opremljen hidrauličnom dizalicom s hvatalom za privlačenje drva iz bukovih sastojina.

Iznošenje drva uporabom žičara u hrvatskom je šumarstvu zanemarivo, iako se ubraja u okolišno



Slika 3. Forvarder Timberjack 1710
Fig. 3 Timberjack 1710 Forwarder



Slika 4. Skidder HSM 804Z
Fig. 4 Skidder HSM 804Z

pogodan način pridobivanja drva zbog izostanka oštećenja tla i stabala. No, Poršinsky i Stankić (2005) navode da šumske žičare imaju budućnost primjene u Hrvatskoj pogotovo u sastojinama koje zbog nagiba terena, uvrštenosti u neki od oblika zaštićenih područja prirode ili nekih drugih značajki isključuju bilo koje drugo sredstvo za rad. Jedan od smjerova razvoja današnjih šumskih žičara čine kamionske žičare, kojima je na stražnjem kraju šasije pridodana hidraulična dizalica s kabinom (slika 5). Izborom alata za prihvat drva (hvatalo ili harvesterska glava) otvorena je mogućnost brze prilagodbe sustava na metodu izrade drva (sortimentna, stablovna). Također je kod kamionskih žičara omogućeno u dohvat hidraulične dizalice slaganje drva u složajeve, čime se otklanja problem brzoga zatrpavanja prostora pomoćnoga stovarišta.

U hrvatskom se šumarstvu sječa i izradba stabala obavlja motornim pilama lančancima. Uvjeti u hrvatskim šumama omogućuju primjenu određenoga broja harvesteri, ponajprije u šumskim kulturama i proredama. Harvesteri su strojevi za sječu, kresanje grana, prevršivanje te trupljenje stabala na mjestu sječe. Šasija se harvesteri sastoji od dvaju odvojenih okvira. Prednji dio vozila (kabina, hidraulična dizalica sa sječnom glavom) i stražnji (pogonski motor) spojeni su zglobno, s mogućnošću gibanja u vodoravnoj i uspravnoj ravnini (slika 6).



Slika 5. Šumska žičara na kamionu s hidrauličnom dizalicom
Fig. 5 Forest cable yarder mounted on truck with hydraulic crane



Slika 6. Harvester Valmet 921.1

Fig. 6 Valmet 921.1 Harvester

Kod čistih sječa harvester se kreće slobodno po sječini, dok druge vrste sječa (prorede, preborne) zahtijevaju infrastrukturu. Vlake širine 3,5 do 4 metra harvester tijekom rada prosijeca na određenim međusobnim razmacima (Poršinsky 2005). Najjednostavniji je međusobni razmak 20 m, pri kojem harvesteri s hidrauličnom dizalicom dohvata 10 m, krećući se po vlaci, mogu dosegnuti i oboriti sva stabla. Tehničke značajke hidraulične dizalice harvestera trebaju omogućiti držanje i preokretanje čitavoga posječnoga stabla. Pri toj se radnoj operaciji narušava stabilnost harvestera te se stoga ova obitelj vozila odlikuje većom masom ili inovativnim sustavima poboljšanja stabilnosti (neovisno ovješeni kotači i osovine radi spuštavanja vozila odnosno spuštanja točke težišta vozila).

U ovom se prikazu strojeva koji se rabe ili se mogu rabiti pri pridobivanju drva može uvidjeti sve veća prisutnost ugradnje hidrauličnih dizalica. Cilj je ovoga rada napraviti podjelu i morfološku raščlambu različitih tipova hidrauličnih dizalica koje se ugrađuju na strojeve za izvođenje šumskih radova kako bismo se upoznali s različitostima njihovih tehničkih značajki te mogućnostima njihove primjene.

2. Hidraulične dizalice – *Hydraulic cranes*

Osnovni su dijelovi dizalice: okretni stup, podizni krak, produžni krak, izvlačni krak (samo pojedini tipovi), rotator i hvatalo (slika 7).

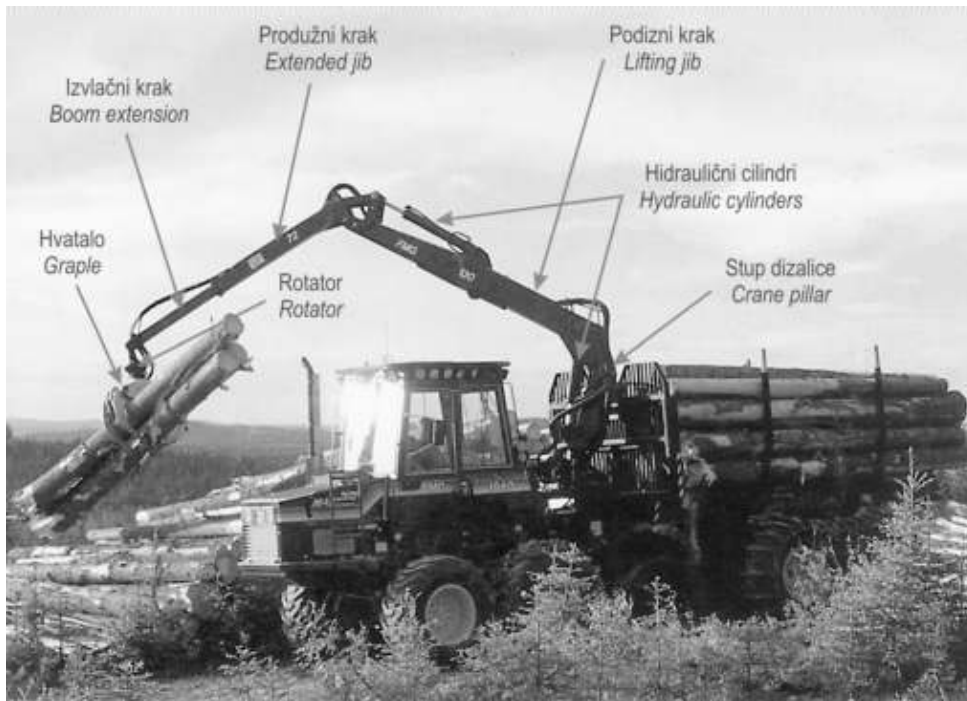
Rad dizalice i pokretanje njezinih dijelova omogućuje hidraulični sustav koji se sastoji od hidraulične pumpe, spremnika ulja, ventila, hidrauličnih vodova i hidrauličnih cilindara.

Hidrauličnu pumpu pogoni transmisija motora vozila na kojem se nalazi. Hidraulična pumpa predaje tlak ulju u zatvorenom sustavu te se ulje pod tlakom provodi hidrauličnim vodovima do hidrauličnih cilindara ili hidromotora te se njihovim radom pokreće pojedini dio dizalice. Tlak ulja omogućuje ostvarenje određene sile, dok količina protoka ulja utječe na brzinu kretanja hidrauličnih dijelova dizalice.

Okretni stup, kao što i sam naziv kaže, služi uglavnom za okretanje same dizalice za određeni kut. Dno je okretnoga stupa nazubljeno s vanjske strane te se naslanja na nazubljenu letvu. Pomicanjem nazubljene letve u lijevu ili desnu stranu pod utjecajem tlaka ulja u hidrauličnom cilindru okreće se stup dizalice.

Podizni je krak dio dizalice koji se nastavlja na okretni stup i služi za podizanje samoga tereta. Podizni se krak pokreće s dva hidraulična cilindra koja se nalaze na okretnom stupu dizalice.

Nakon podiznoga kraka nalazi se produžni krak koji se također pokreće na isti način. Kod pojedinih tipova dizalice u produžnom se kraku nalazi izvlačni krak. Njegovim se izvlačenjem pomoću hidrauličnih cilindara omogućuje veći doseg dizalice.



Slika 7. Dijelovi hidraulične dizalice
Fig. 7 Parts of hydraulic crane

Na kraju se dizalice nalazi rotator i hvatalo. Rotator je hidromotor koji omogućuje okretanje hvatala oko svoje osi u beskonačnom broju okretaja na obje strane. Otvaranje i zatvaranje hvatala također je omogućeno hidrauličnim cilindrima.

Radi poboljšanja stabilnosti vozila pri radu dizalice ugrađuje se stabilizator. Stabilizatori se postavljaju kod stupa dizalice i njihovim spuštanjem s obje strane vozila povećava se njegova stabilnost na mjestu najvećega utjecaja momenta sile pri dizanju tereta. Spuštanje i dizanje stabilizatora odvija se pokretanjem hidrauličnih cilindara istim hidrauličnim sustavom. Kod harvesteri i forvardera ne postoje stabilizatori, već se problem stabilnosti rješava blokadom zgloba vozila i njihovom povećanom težinom.

Na prvi se pogled čini da je izbor najprikladnije dizalice za neku vrstu izvođenja radova u šumarstvu jednostavan i bez rizika. Međutim, praksa je pokazala da su mnoge kasnije poteškoće i kvarovi, prekratak vijek trajanja dizalice i slične neugodnosti često posljedica pogrešnog odabranoga tipa dizalice.

Na svjetskom tržištu hidrauličnih dizalica pojavljuje se danas velik broj proizvođača. Svi se ti uređaji reklamiraju s mnogobrojnim svojim više ili manje značajnim tehničkim svojstvima; ističu im se pojedini detalji kao važne prednosti, naglašava se mogući način ili pak elementi koji pridonose sigurnosti odnosno komforu rukovatelja.

Kao i svako drugo sredstvo za rad, tako i hidraulične dizalice imaju ograničen vijek trajanja. Prevladava mišljenje da je kod hidrauličnih dizalica najobjektivniji kriterij za određivanje vijeka trajanja broj završenih radnih ciklusa i odnos prosječnoga opterećenja prema nazivnomu (maksimalnomu) opterećenju. Pod opterećenjem se razumijeva moment dizanja, a ne veličina tereta. To znači da je deklariranje vijeka trajanja dizalica u godinama, ako nije definiran broj radnih ciklusa i prosječno opterećenje, nesiguran podatak.

Na osnovi višegodišnjega praćenja rada hidrauličnih dizalica predložen je postupak za izbor dizalice koji se zasniva na dvama kriterijima: intenzitet rada u jednom radnom danu i veličina prosječnoga opterećenja (Morović 1986). Sever i dr. (1988) mjere opterećenja elemenata hidraulične dizalice te navode da je učestalost hidrauličnih operacija ključni parametar koji treba poznavati pri izboru sastavnica hidrauličnoga dizaličnoga sustava.

Važno je napomenuti da masa odnosno težina same dizalice ima značajnu ulogu. Teža dizalica povećava težinu vozila na koje se ugrađuje. Povećanjem se mase vozila smanjuje količina tereta koju takvo vozilo može prevesti. Današnji razvoj hidrauličnih dizalica donosi uporabu različitih materijala za konstrukciju pojedinih dijelova. Uporabom specifičnih legura pridonosi se smanjenju težine dizalice uz istodobno zadržavanje mehaničkih svojstava (čvrstoće, tvrdoće, žilavosti) materijala za konstrukciju.

3. Metode istraživanja – *Research methods*

Jedna od metoda proučavanja strojeva koji se rabe u šumstvu jest morfološka raščlamba. Morfološkom se raščlambom utvrđuje trenutačno stanje, svojstva i zakonitosti, ali i mogući tijek razvoja strojeva u šumarstvu. Na temelju izabranih geometrijskih, masenih i drugih veličina izražavaju se ovisnosti i donosi sud o valjanosti izbora stroja. Rezultati provedenih analiza služe šumarskim stručnjacima pri odabiru novih strojeva, najpovoljnijoj uporabi strojeva u raznim radnim uvjetima, određivanju parametara pri konstrukciji novih strojeva unutar poznatih obitelji.

Iz pregleda nekih dosadašnjih radova lako se daće zapaziti kako je morfološka raščlamba značajna metoda u proučavanju pogodnosti šumskih vozila i drugih strojeva općenito. Sever i Horvat (1992) analiziraju temeljne morfološke značajke raznih šumskih vozila. Iznose mišljenje kako se ovakvim podacima mogu služiti konstruktori pri konstrukciji vozila i šumarski stručnjaci pri njihovom izboru.

U ovom je radu metoda morfološke raščlambe primijenjena za utvrđivanje ovisnosti odabranih parametara hidrauličnih dizalica. Bojanin i Sever (1977) prvi su morfološki raščlanili hidraulične dizalice kao pomoć šumarskoj praksi u njihovom izboru.

Za potrebe raščlambe preuzeti su tehnički podaci hidrauličnih dizalica s web-stranica ili iz kataloga proizvođača. Podaci su tablično razvrstani u računalnoj datoteci te su lako dostupni za određivanje mogućih ovisnosti. Ukupno baza podataka sadrži 231 tip hidrauličnih dizalica. Odabrano je šest osnovnih morfoloških značajki hidrauličnih dizalica: bruto podizni moment M_b , okretni moment M_{okr} , masa dizalice m , doseg dizalice k , radni tlak ulja p , protok ulja Q . U bazi podataka nisu pronađene sve odabrane tehničke značajke za nekoliko tipova hidrauličnih dizalica te su se ovisnosti s tim tehničkim značajkama izračunale na manjem broju parova podataka.

U prikazima ovisnosti između morfoloških značajki hidraulične su dizalice podijeljene u četiri skupine s obzirom na vozilo na koje se ugrađuju. Skupine su: traktorske dizalice, forvarderske dizalice, harvesterske dizalice i kamionske dizalice.

Za istraživanje mogućih stohastičkih ovisnosti između zadovoljavajuće koreliranih varijabli primijenjena je regresijska analiza. Za izjednačavanje ovisnosti parova podataka koji porastom nezavisne varijable pokazuju da podaci zavisne varijable imaju asimptotski trend porasta, korišten je eksponencijalni regresijski računalni program REG.EXE (Hitrec i Horvat 1987). Navedeni računalni program čvrstoću

veza odabranih regresijskih modela prikazuje pomoću triju parametara: r – koeficijent korelacije, R – indeks korelacije i $R >$ – testiranje indeksa korelacije temeljem broja opažanja. Za utvrđivanje jakosti veze između izjednačenih nezavisnih i zavisnih varijabli korištena je Römer–Orphalova skala (Kump i dr. 1970).

4. Rezultati istraživanja – *Research results*

Od ukupno 231 tipa dizalica u istraživanju je bilo uključeno 96 traktorskih, 36 forvarderskih, 13 harvesterskih i 86 kamionskih dizalica.

Kao neovisne varijable pri morfološkoj raščlambi hidrauličnih dizalica odabrani su bruto podizni moment i masa dizalice.

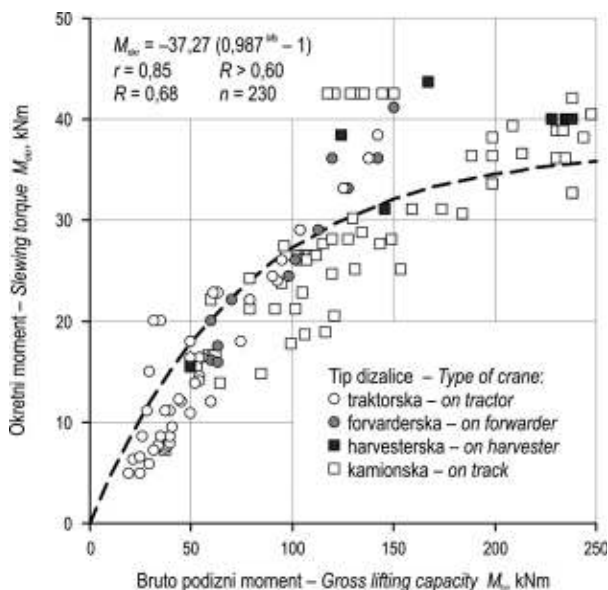
Proizvođači dizalica najčešće za određeni tip dizalice daju maksimalni moment podizanja – bruto podizni moment. To je umnožak najvećega tereta na najvećem ostvarivom kraku. Naravno, pri tome se teret mora podići bez eventualnoga isključivanja sigurnosnih ventila. Podatak o bruto podiznom momentu pretpostavlja podizanje najvećega tereta bez hvatala. Ako se uvrsti i težina hvatala koje dizalice treba podići i ako se oduzme moment sile dizanja hvatala od bruto podiznoga momenta, dobiva se podatak o neto podiznom momentu. Davanje podatka o bruto podiznom momentu ustaljeni je postupak proizvođača jer kupac hidraulične dizalice može upotrijebiti različita hvatala s obzirom na veličinu zahvata (otvora). Izbor hvatala ovisit će o primjeni hidraulične dizalice.

Na slici 8 prikazana je ovisnost okretnoga momenta o bruto podiznom momentu dizalice. Utvrđena je vrlo jaka čvrstoća veze izjednačenih varijabli ($r = 0,85$), ali se ne može donijeti sud o odvajanju skupina tipova dizalica. Najveće vrijednosti okretnoga i bruto podiznoga momenta dosežu kamionske i harvesterske dizalice. Kamionske dizalice imaju velik raspon vrijednosti i onemogućuju potpunu čvrstoću veze promatranih varijabli.

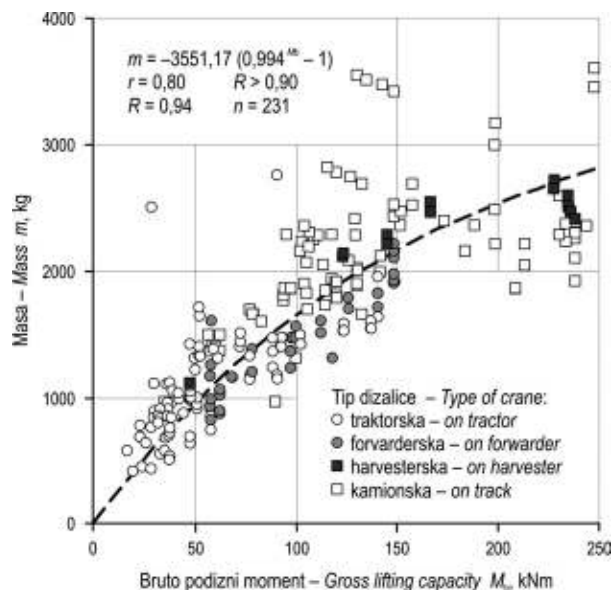
Traktorske se dizalice bruto podiznoga momenta većega od 100 kNm nalaze iznad krivulje izjednačenja. Kod traktorske dizalice podiznoga momenta od 150 kNm zabilježen je najveći okretni moment od 42 kNm.

Općenito, s povećanjem bruto podiznoga momenta dolazi do povećanja okretnoga momenta dizalice. Prema položaju linije izjednačenja rast okretnoga momenta zaustavlja se na vrijednosti od 37,27 kNm.

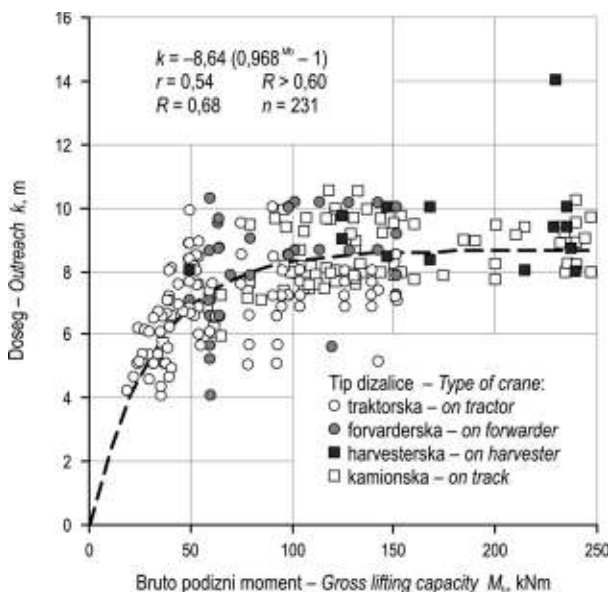
Ovisnost dosega dizalice o bruto podiznom momentu prikazana je na slici 9. Rast je dosega dizalice značajno izražen s povećanjem bruto podiznoga mo-



Slika 8. Ovisnost okretnog momenta o bruto podiznom momentu dizalice
Fig. 8 Dependence of slewing torque on gross lifting capacity of crane



Slika 10. Ovisnost mase dizalice o bruto podiznom momentu dizalice
Fig. 10 Dependence of crane mass on gross lifting capacity



Slika 9. Ovisnost dosega dizalice o bruto podiznom momentu dizalice
Fig. 9 Dependence of crane outreach on gross lifting capacity

menta do 70 kNm, kada linija izjednačenja poprima asimptotsku vrijednost od 8,64 m. Čvrstoća je veze između promatranih varijabli jaka ($r = 0,54$). Izdvaja se jedna nova harvesterska dizalica s dosegom od 14 m i nalazi se znatno iznad linije izjednačenja.

Možemo zaključiti da većina dizalica ima približno doseg u rasponu od 7 m do 10 m uz pretpostavku da novija konstrukcijska rješenja kod harvesterskih dizalica omogućuju veće dosege, što je značajno

ponajprije s ekološkoga stanovišta. Harvester s većim dosegom dizalice može smanjenim kretanjem po sastojini i šumskom tlu dohvatiti više stabala određenih za sječu te time smanjiti oštećenja šumskoga tla zbog svoje težine.

Masa je dizalice značajan parametar prilikom njezine ugradnje na vozila za privlačenje i prijevoz drva. Dizalica svojom masom povećava ukupnu masu vozila na kojem se ugrađuje, a time se smanjuje nosivost vozila te njegova učinkovitost. Također, kod vozila za izvoženje drva (forvardera i traktorskih skupova) povećana će masa vozila uzrokovati veće zbijanje tla tijekom njihova kretanja po šumskoj sastojini.

Kod nadogradnje kamiona hidraulična se dizalica postavlja najčešće (primjena kamiona u kamionskom skupu) na stražnji kraj na produženu šasiju te masa dizalice uzrokuje dodatno opterećenje stražnje osovine kamiona. Zbog takve ugradnje hidraulične dizalice na opterećenje stražnje osovine djeluju moment težine dizalice na kraku udaljenosti od stupa dizalice do stražnje osovine. U praksi je vrlo čest slučaj preopterećenja stražnje osovine kamiona preko dopuštenoga opterećenja od 9 t u slučaju udvojene stražnje osovine. Dopušteno se opterećenje ne prelazi kod praznoga kamiona, ali zbog nepravilnoga rasporeda pri utovaru moguće je prekoračenje i kod manje količine drvnih sortimenata.

Zbog navedenoga značenja mase dizalice analizirana je ovisnost mase o podiznom momentu dizalice (slika 10). Vidljivo je da masa dizalice raste s povećanjem podiznoga momenta dizalice. Čvrstoća je korelacijske veze vrlo jaka ($r = 0,80$), ali se ne može pra-

vilno ograničiti područje različitih tipova dizalica. Prikaz na slici 10 upućuje na zaključak kako pri izboru određenoga tipa dizalice povoljniji odnos mase prema podiznomu momentu imaju tipovi dizalica ispod linije izjednačenja.

Dalje su ostvarene ovisnosti dviju osnovnih značajki hidrauličnoga sustava (radni tlak i protok ulja) o podiznom momentu dizalice. Korelacijskom analizom dobivena je vrlo jaka ($r = 0,80$) i jaka ($r = 0,63$) čvrstoća veze među varijablama (slika 11 i 12).

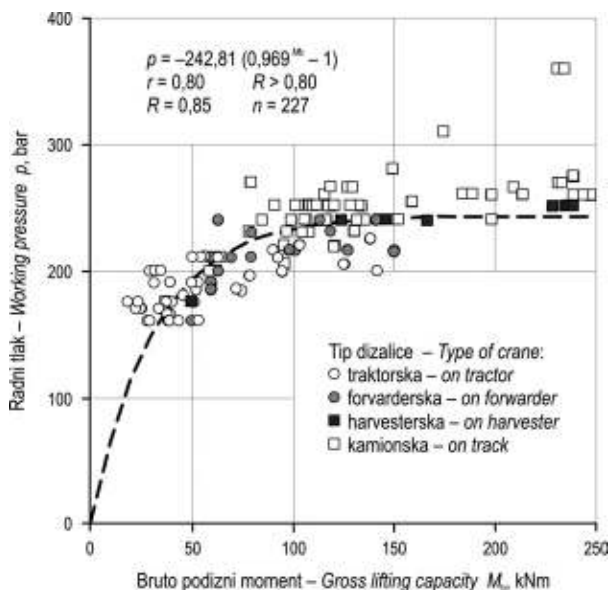
Linija izjednačenja podataka ovisnosti radnoga tlaka ulja u hidrauličnom sustavu o podiznom momentu dizalice ima polagani porast i teži asimptotskoj vrijednosti od 242,8 bara. Podaci su čvrsto svrstani oko linije izjednačenja te ova ovisnost ukazuje na najveću povezanost promatranih varijabli u provedenoj morfološkoj raščlambi. Veća združenost podataka jedino je ostvarena u ovisnosti okretnoga momenta o podiznom momentu dizalice. Zanimljivo je primijetiti da tijekom čitavoga raspona vrijednosti podiznih momenata najveće se vrijednosti radnoga tlaka pokazuju kod kamionskih dizalica.

Manji koeficijent korelacije u ovisnosti protoka ulja o podiznom momentu uzrokovan je i vidljivim većim rasipanjem podataka. Raspon protoka ulja u hidrauličnim dizalicama kreće se od 20 L/min do 120 L/min. Najveće se vrijednosti protoka ulja od 120 L/min ostvaruju kod harvesterskih dizalica. Kamionske dizalice pokrivaju čitav raspon vrijednosti protoka ulja do 100 L/min, a traktorske su dizalice svrstane u donjem lijevom dijelu slikovnoga prikaza s najmanjim vrijednostima podiznoga momenta i protoka ulja.

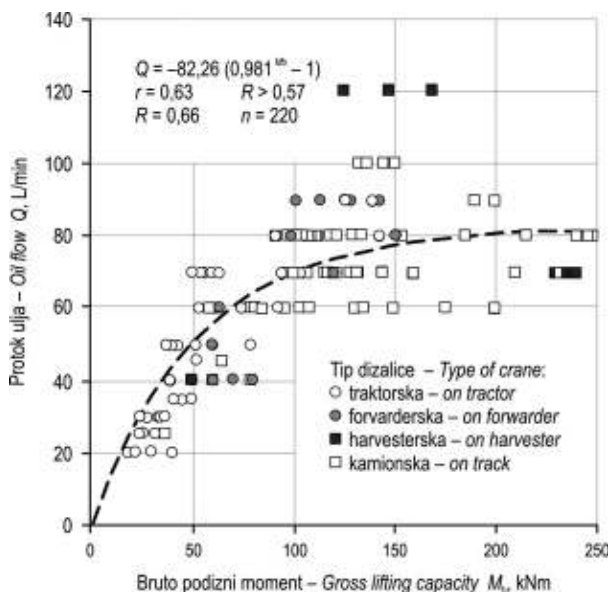
Usporedbom navedenih dviju ovisnosti i najvećih vrijednosti zavisnih varijabli primjećuje se, što je zanimljivo, da kamionske dizalice koje imaju najveće vrijednosti radnoga tlaka istodobno ne ostvaruju najveći protok ulja.

Sljedeći je dio morfološke raščlambe istraživanje ovisnosti tehničkih značajki hidrauličnih dizalica o masi dizalice. Prije je navedena značajnost mase dizalice kao tehničkoga parametra pri njezinu odabiru, ugradnji i primjeni. Od istraživanih parametara hidrauličnih dizalica u istraživanje ovisnosti o masi dizalice odabrana su dva parametra: doseg dizalice i radni tlak ulja u hidrauličnom sustavu. Već je prije istražena ovisnost mase o podiznom momentu dizalice.

Na slici 13 prikazani su podaci i linija izjednačenja podataka ovisnosti dosega dizalice o masi dizalice. Ostvarena je jaka veza združenosti podataka ($r = 0,59$). Vidljivo je da s porastom mase dizalice raste i doseg dizalice. Veći doseg dizalice razumijeva prisutnost izvlačnoga kraka dizalice, što je povećanje materijala pri konstrukciji dizalice, pa je time i veća masa. Najveće vrijednosti mase i dosega dizalice imaju ka-



Slika 11. Ovisnost radnoga tlaka ulja o bruto podiznom momentu dizalice
Fig. 11 Dependence of working pressure on gross lifting capacity of crane

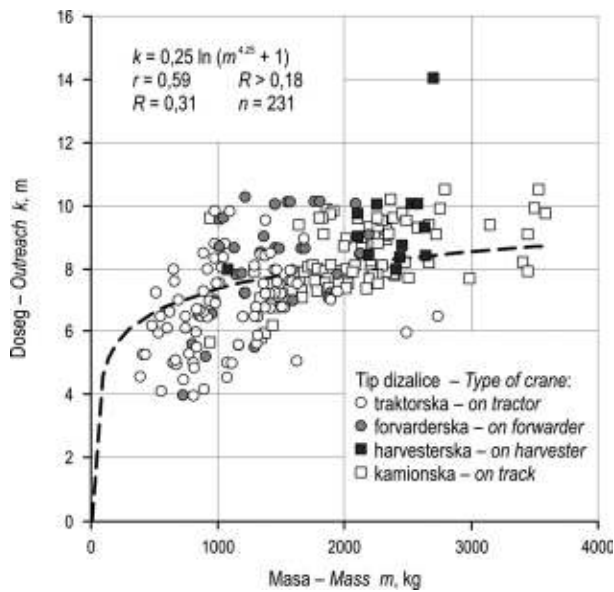


Slika 12. Ovisnost protoka ulja o bruto podiznom momentu dizalice
Fig. 12 Dependence of oil flow on gross lifting capacity of crane

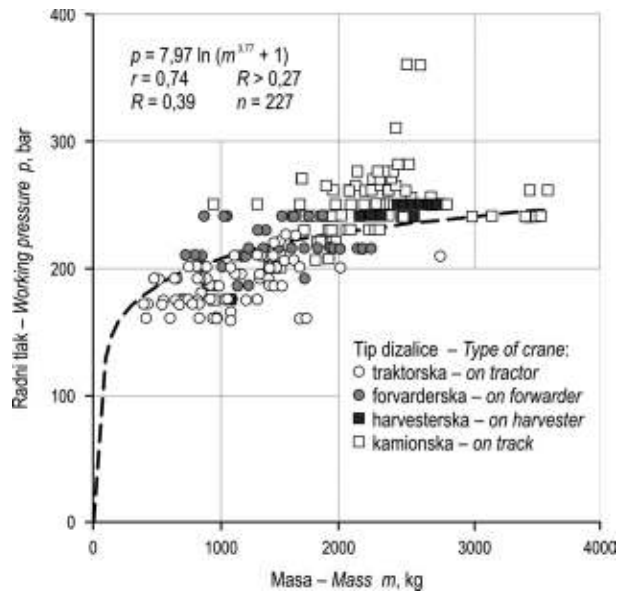
mionske i harvesterske dizalice. Ističe se harvesterska dizalica s dosegom od 14 m.

U ovisnosti radnoga tlaka ulja u hidrauličnom sustavu o masi dizalice (slika 14) uočava se znatno grupiranje podataka oko linije izjednačenja te je postignuta jaka veza združenosti podataka s koeficijentom korelacije od 0,74.

Sve se traktorske dizalice nalaze ispod linije izjednačenja ili na njoj, tj. ostvaruju manji radni tlak.



Slika 13. Ovisnost dosega dizalice o masi dizalice
Fig. 13 Dependence of crane outreach on the crane mass



Slika 14. Ovisnost radnoga tlaka ulja o masi dizalice
Fig. 14 Dependence of working pressure on the crane mass

Harvesterske se dizalice nalaze uz samu liniju izjednačenja. Najveće vrijednosti mase dizalice i radnoga tlaka imaju kamionske dizalice. Radni tlak ulja kod kamionskih dizalica doseže vrijednost od 360 bara, i to ne kod dizalica s najvećom masom već kod dizalica s masom od 2500 kg.

Kako u grafičkim prikazima provedenih ovisnosti nije bilo moguće točno razgraničiti područja razli-

čitih tipova hidrauličnih dizalica (traktorske, forvardske, harvesterke i kamionske dizalice), bolji se pregled različitosti navedenih tipova dizalica dobiva prikazom temeljnih statističkih parametara istraživanih tehničkih značajki (tablica 1).

Najveći bruto podizni moment kod traktorskih i forvardskih dizalica ima istu vrijednost od 151 kNm. Pri tome raspon kretanja vrijednosti bruto po-

Tablica 1. Statistički parametri istraživanih tehničkih značajki hidrauličnih dizalica
Table 1 Statistical parameters of investigated technical characteristics of hydraulic cranes

Tip dizalice Type of crane	Statistički pokazatelj Statistical parameter	Bruto podizni moment Gross lifting capacity	Okretni moment Slewing torque	Doseg Outreach	Masa Mass	Radni tlak Working pressure	Protok ulja Oil flow
		M_b , kNm	M_{okr} , kNm	k , m	m , kg	p , bar	Q , L/min
traktorska for instalation on tractor	n	96	95	96	96	92	86
	min.	19	4,9	4	400	160	20
	maks.	151	41	10	2750	225	90
forvardska for instalation on forwarder	n	36	36	36	36	36	36
	min.	50	12	4	740	160	40
	maks.	151	41	10,25	2200	240	90
harvesterska for instalation on harvester	n	13	13	13	13	13	13
	min.	50	15,3	8	1100	175	40
	maks.	240	43,6	14	2720	250	120
kamionska for instalation on truck	n	86	86	86	86	86	85
	min.	37	7,1	5,7	950	175	25
	maks.	250	42,4	10,5	3590	360	100
Ukupno - Total	n	231	230	231	231	227	220

diznoga momenta kod traktorskih dizalica kreće od niže vrijednosti (19 kNm) nego kod forvarderskih dizalica (50 kNm).

Slični se slučaj uočava pri usporedbi harvester-skih i kamionskih dizalica. Najveći bruto podizni moment iznosi 240 kNm, odnosno 250 kNm, ali kamionske dizalice imaju veći raspon vrijednosti (od 37 kNm). Raspon kamionskih dizalica pokriva čitavo područje forvarderskih i harvester-skih dizalica, što upućuje na mogućnost široke primjene kamionskih dizalica za različite radne zahtjeve.

Vrijednosti okretnoga momenta dizalice imaju isti slijed kao i bruto podizni moment.

Kod dosega dizalice već je prije istaknuta harvester-ska dizalica koja od svih istraživanih dizalica ima najveći doseg od 14 m. Općenito najveće dosege imaju harvester-ske dizalice u kojih se oni kreću u rasponu od 8 m do 14 m, što je potrebno za lakši dohvat većega broja stabala bez premještanja vozila, čime se povećava njegova učinkovitost i smanjuje opasnost od oštećivanja šumskoga tla kretanjem vozila. Nakon harvester-skih dizalica najveće dosege imaju kamionske dizalice – od 5,7 m do 10,5 m. Dosezi traktorskih i forvarderskih dizalica približno su jednaki i kreću se u rasponu od 4 m do 10 m.

Najveća je masa dizalice zabilježena kod kamionskih dizalica (najveća vrijednost od 3590 kg), ali je i raspon mase kamionskih dizalica vrlo širok jer počinje od 950 kg. Vrlo širok raspon mase pokazuju i traktorske dizalice (od 400 kg do 2750 kg). Specijalizirane šumske dizalice – harvester-ske i forvarderske – imaju također znatan raspon masenih vrijednosti. Njihov raspon masenih vrijednosti sukcesivno se nastavlja od forvarderskih (od 740 kg do 2200 kg) prema harvester-skim dizalicama (od 1100 kg do 2720 kg).

U istraživanju ovisnosti radnoga tlaka ulja u hidrauličnom sustavu o bruto podiznom momentu i masi dizalice ustanovljene su najveće vrijednosti radnoga tlaka kod kamionskih dizalica od 360 bara. Opet se očitava i velik raspon vrijednosti kamionskih dizalica koji počinje od 175 bara. Raspon vrijednosti radnoga tlaka ulja kod harvester-skih dizalica počinje pri istoj vrijednosti, ali dostiže najveću vrijednost od 250 bara. Raspon je radnoga tlaka ulja kod traktorskih i forvarderskih dizalica jednak – od 160 bara do 240 bara.

Protok je ulja približno jednak kod traktorskih i forvarderskih dizalica. Najveća je vrijednost 90 L/min, samo raspon vrijednosti kod traktorskih dizalica kreće od 20 L/min, a kod forvarderskih od 40 L/min. Raspon vrijednosti protoka ulja kod harvester-skih dizalica kreće od iste vrijednosti od 40 L/min, ali završava s vrijednosti od 120 L/min. Kamionske se dizalice prema rasponu vrijednosti protoka ulja (od 25 L/min do 100 L/min) ne ističu kao različit tip dizalica.

5. Zaključci – Conclusions

Provedena morfološka raščlamba šumskih hidrauličnih dizalica pokazala je različitost njihovih tehničkih značajki te mogućnosti njihove primjene. Također je utvrđena ispravnost podjele hidrauličnih dizalica s obzirom na vozilo na koje se ugrađuju.

Na osnovi istraživanih tehničkih značajki zaključuje se da kamionske dizalice imaju najveći podizni moment, masu i radni tlak. Kamionske dizalice koje imaju najveće vrijednosti radnoga tlaka istodobno ne ostvaruju najveći protok ulja.

Široki rasponi vrijednosti svih istraživanih tehničkih značajki kamionskih i traktorskih dizalica upućuju na mogućnost njihove široke primjene za različite radne zahtjeve.

Harvester-ske i forvarderske se dizalice razlikuju određenim značajkama od ostalih tipova s obzirom na njihovu specijaliziranost. Novija konstrukcijska rješenja kod harvester-skih dizalica omogućuju najveće dosege, što je značajno u prvom redu s ekološkoga stanovišta. Harvester s većim dosegom dizalice može smanjenim kretanjem po sastojini i šumskom tlu dohvatiti više stabala određenih za sječu te time smanjiti oštećenja šumskoga tla zbog svoje težine. Harvester-ske se dizalice odlikuju i najvećim protokom ulja, što će rezultirati većom brzinom kretanja hidrauličnih dijelova dizalice te uz veliki podizni moment povećanjem učinkovitost rada harvestera.

6. Literatura – References

- Bojanin, S., S. Sever, 1977: Morfološka studija hidrauličkih dizalica. *Mehanizacija šumarstva*, 2(3–4): 78–91.
- Bojanin, S., S. Sever, 1987: Traktor. *Šumarska enciklopedija*, 3, JLZ »Miroslav Krleža« Zagreb, 513–519.
- Hitrec V., D. Horvat, 1987: Jedna metoda određenja regresijskog modela na primjeru krivulje klizanja kotača. *Mehanizacija šumarstva*, 12(11–12): 177–181.
- Horvat, D., T. Poršinsky, 2000: Research of forwarder performance on hard and soft soil. *Forests and Society: The Role of Research*, XXI IUFRO World Congress, August 7–12, 2000, Kuala Lumpur, Vol. 3, Poster Abstracts, 111–112.
- Klanjšček, V., 1975: Istraživanje sistema tehničkih normi i ekonomskih efektivnosti pri utovaru u kamione oblovine jele i bukve. *Disertacija*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- Krpan, A. P. B., D. Horvat, T. Poršinsky, M. Šušnjar, 2002: Tehničke i tehnološke značajke kamiona SCANIA P124 B 6x4 NZ400, prikolice Narkö i dizalica Jonsered 1090. *Studija*, Zavod za iskorištavanje šuma – Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–69.
- Kump, M., i sur., 1970: Poljski pokusi (Metodika postavljanja i statistička obrada). *Centar za primjenu nauka u poljoprivredi SR Hrvatske*, Zagreb, 1–86.

Morović, S., 1986: Preporuke za izbor najprikladnije hidraulične dizalice i mogućnosti provjere. *Mehanizacija šumarstva*, 11(9–10): 151–153.

Poršinsky, T., I. Stankić, 2005: Prilog poznavanju iznošenja drva šumskim žičarama. *Nova mehanizacija šumarstva*, 26: 39–54

Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. *Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, 1–170.

Sever, S., 1976: Domaća hidraulična automobilska dizalica HAK 7. *Mehanizacija šumarstva*, 1(1–2): 60–61.

Sever, S., D. Horvat, I. Tisovec, 1985: Prilog proučavanju šumarske hidrauličke dizalice HAK-3Š montirane na poljoprivredni traktor. *Mehanizacija šumarstva*, 10(11–12): 253–262

Sever, S., D. Horvat, A. Malek, 1988: Mjerenje opterećenja elemenata hidrauličke dizalice. *Zbornik radova JUKEM*, 609–614.

Sever, S., D. Horvat, 1992: Skidders and forwarders database as source and help in determining morphological relationships. *Proceedings of IUFRO workshop »Computer supported planning of roads and harvesting«*, Feldafing, Germany, 196–200.

Abstract

Morphological analysis of forest hydraulic cranes

This paper presents a morphological analysis of different types of hydraulic cranes installed on forest vehicles with the aim of determining their technical characteristics as well as possibilities of their use.

A database of technical characteristics of 231 types of hydraulic cranes was compiled for the morphological analysis. Hydraulic cranes were divided into four groups according to the vehicle on which they were to be installed (tractor, forwarder, harvester and truck). Six basic technical characteristics were chosen: gross lifting capacity, slewing torque, mass, outreach, working pressure and oil flow.

On the basis of the investigated technical characteristics it may be concluded that hydraulic cranes for trucks have the highest values of lifting capacity, mass and working pressure. Wide ranges of technical characteristics of hydraulic cranes for trucks and tractors indicate the possibility of their wide application for different working demands. Hydraulic cranes for harvesters show the highest values of outreach and oil flow which may result in reduced vehicle movement along the forest site and increased work efficiency.

Keywords: hydraulic crane, technical characteristics, forest vehicles, morphological analysis

Adresa autorâ – Authors' addresses:

Doc. dr. sc. Marijan Šušnjar
 e-mail: susnjar@sumfak.hr
 Prof. dr. sc. Dubravko Horvat
 e-mail: horvat@sumfak.hr
 Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
 Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
 Svetošimunska 25
 HR-10 000 Zagreb
 Ivica Grahovac, dipl. inž. šum.
 Kralja Zvonimira 88
 HR-53 220 Otočac

Primljeno (*Received*): 19. 7. 2007.
 Prihvaćeno (*Accepted*): 15. 11. 2007.