

**PRILOG OBJEKTIVNIJOJ OCJENI I IZBORU MOTORNE PILE
U SJEČI I IZRADI DRVA**
**A contribution to more objective evaluation and choice chain saw for
cutting and wood conversion**

Branimir Jovanović, Dževad Jakupović
Šumarski fakultet u Sarajevu, "Unsko-sanske šume" Bosanska Krupa

Abstract

An chain saw is forestry tool the most frequently used in cutting and wood conversion in Bosnia and Herzegovina. Forestry professional (specialist) is faced with problem of evaluation and choice chain saw, considering modern construction, acceptable price and technological requirements for concrete work conditions. It is necessary to respect several evaluation and choice criteria. Behind ergonomic criterion established by the law and increasing demand for ecological criteria, it is necessary to analyze technical, technological, energetical and economic criteria. Decision-making should respect interaction between these criteria. Morphological analyze, study of work and time and economical calculation work of the chain saw work are instruments for more objective evaluation and chain saw choice. The aim of this paper is to inform forestry professional (specialist) about some possibilities to objective consideration of forestry tools (forestry mechanization), so that forestry specialist would not be passive participant of choice in the huge chain saw supply on the market.

Key words: chain saw; cutting and wood conversion; technical criteria; technological criteria; energetical criteria; economic criteria; morphological analyze; calculation costs.

Uvod

Djelatnost šumarstva obuhvata tri međusobno povezana područja: biološko, tehničko i ekonomsko. Gospodarenje šumama, u sferi iskorišćavanja šumskih resursa, treba da odgovori globalnim zahtjevima biološkog, tehničkog, ekonomskog i društvenog aspekta.

Stupanj mehaniziranosti određene djelatnosti može se izraziti postotnim učešćem mehanizacije u proizvodnji određenog proizvoda. Tehnički nivo određuje tehnološko-tehnički položaj sredstva rada u procesu proizvodnje. Otuda možemo govoriti o nekoliko tehničkih nivoa: ručni, strojno-ručni, strojni, poluautomatski i nivo robotike.

Današnje stanje šumskih radova karakterizira se velikim rasponom stupnjeva razvijenosti. Značajan dio radova se i dalje obavlja ručnim alatom, ili bez alata. U šumarstvima nekih razvijenih zemalja, ovisno o njihovih ekonomskoj moći, raspoloživoj radnoj snazi i uvjetima odvijanja rada u šumi, srećemo radne procese u kojima čovjek svojom rukom ne dolazi u dodir sa predmetom rada-drvetom, a na tlo stupa samo pri ulasku i izlasku iz stroja, odnosno u vrijeme neophodnih prekida rada.

Predviđanja trendova razvoja metoda i tehnika šumskog rada baziraju na zakonima diskontinuirane evolucije razvoja. Ukoliko je moguće predvidjeti kada će nastupiti kriza metode rada, onda je moguće predvidjeti približno vrijeme kada je neophodno započeti istraživanja u cilju iznalaženja novih rješenja. Na ovaj način bi se izbjeglo skupo plaćanje tuđih i često neprikladnih rješenja (Tomanić, 1998).

Jedan od prioritarnih zadataka šumarstva je uvođenje vlastitih tehnologija i vlastite mehanizacije. Uvođenje nove tehnologije može se obaviti izborom pogodnih strojeva i uređaja, njihovim ispravnim korišćenjem, te pružanjem povratnih informacija proizvođačima opreme za šumarstvo o kvalitetu njihovih proizvoda (Sever i Horvat, 1987).

Izbor osnovnih tehnologija i sredstava rada treba bazirati na poznavanju uvjeta konkretnih oblasti primjene. Planiranjem se predviđaju sve varijante koje vode izboru naboljeg rješenja. Analizom i ocjenom postojećeg stanja dolazi se do relevantnih pokazatelja. Značajna pomoć kod rješavanja razvojnih i tekućih problema dolazi od tehnoloških kvalifikacija. Na takav način se ostvaruje makro i mikro planiranje i pristupa realizaciji zadataka. Ocjena i prijedlog rješenja mogu se donijeti na osnovu uvažavanja više kriterija kao što su: tehnički, tehnološki, ekonomski, ekološki, ergonomski i energetski (Jovanović, 1990).

Problematika i cilj istraživanja

Sječa je rad, u okviru gospodarenja šumama, kojim se sastojina podmladjuje, njeguje, oblikuje i iskorišćava. Rad u okvirima iskorišćavanja šuma odvija se na relativno velikoj površini, pod otvorenim nebom, predmet rada je često velikih dimanzija i zapremine. Proizvodni proces traje duže od radnog procesa što uzrokuje gubitke u produktivnosti i ekonomičnosti rada.

U šumarstvima razvijenih zemalja, posebno u četinarskim sastojinama ujednačene strukture drvne mase, sječa i izrada se obavlja harvesterima i procesorima, pri čemu se rad na obaranju stabala i izradi sortimenata obavlja harvesterima, a procesori rade na kresanju grana, trupljenju, sortiranju i odlaganju sortimenata u hrpe. Uvođenje ovih sofisticiranih strojeva u tehnologiju iskorišćavanja šuma ograničeno na određene uvjete terena, čistu sječicu, vrste i dimenzije stabala i sortimenata.

U našim uvjetima odvijanja procesa iskorišćavanja šuma, ali i kod nekih drugih procesa, sa velikom vjerovatnoćom se računa na dalju primjenu pila lančanica, koje se najčešće pogone motorom sa unutrašnjim sagorjevanjem. U specifičnim uvjetima opravdana je primjena pila lančanica sa pogonom od elektromotora, odnosno pila lančanica na komprimirani zrak. Pila lančanica je stroj sastavljen od dva dijela: pogonskog stroja i radnog dijela, koji su povezani spojkom (Dereta, 1986).

Motorna lančana pila ima široku primjenu u šumarstvu R Bosne i Hercegovine. Primjena nije isključivo vezana za sječu i izradu, nego i za uzgojne radove, radove na gradnji i održavanju šumskih puteva, a koristi se i na poslovima zaštite šuma i protivpožarne zaštite. Naravno, ne smije se zaboraviti i na njenu primjenu u hortikulturnim radovima. Ponudjači opreme za šumarstvo i hortikulturu često nude različita rješenja, kod kojih se jednostavnom adaptacijom motor motorne pile koristi za pogon bušilica, vitla, čistača, strojeva za kresanje grana dubećih stabala, strojeva za rezanje kamena i slično.

Danas u svijetu postoji veliki broj proizvođača motornih lančanih pila, koji nude široku lepezu modela i tipova pila lančanica. Oni se razlikuju snagom i radnom zapreminom motora, masom pile, dužinom vodilice, vrstom i dimenzijama lanca, nivo-om buke i vibracija, odnosno zaštitom od njihovog štetnog uticaja, zaštitom od štetnih ispušnih plinova, rješenjima zaštite od povratnog udara itd. Naravno, svaka od tih karakteristika ima značajnog uticaja na cijenu motorne pile, a time i na mogućnosti nabavke tih strojeva za potrebe šumarskog poduzeća ili pojedinca zaposlenog na radovima sječe i izrade.

Šumarski stručnjaci se kod izbora novih motornih pila, odnosno kod praćenja rada i korišćenja postojećih sreću sa nizom problema, koji proističu iz potrebe objektiviziranja izbora, nabavke i primjene mehaniziranog sredstva rada. Postoje brojni kriteriji koje treba uvažavati i međusobno pomiriti pri izboru sredstava rada za sječu i izradu, odnosno u konkretnom slučaju pri izboru motorne pile.

Cilj ovoga rada je pomoć šumarskom stručnjaku kod izbora nove motorne pile i kod ocjene mogućnosti njene najekonomičnije upotrebe. Ne umanjujući značaj ekološkog i ergonomskog aspekta izbora i primjene motornih pila, cilj ovog rada je prikaz nekih ovisnosti i parametara koji pripadaju tehničkom, tehnološkom, energetskom i ekonomskom kriteriju izbora mehaniziranih sredstava rada u šumarstvu.

Dosadašnja istraživanja

Tehničke i druge karakteristike pila lančanica su dio dokumentacije vezane za ponudu proizvođača pila za šumarstvo. Objektivna ocjena se dobije ispitivanjem pila u specijaliziranim laboratorijama i njihovim testiranjem na terenu, odnosno u okviru nekog tehnološkog procesa. (Krohn, 1976, 1977, 1979., Trohar, 1980., Rupert, 1982-1985). Vrlo često iz toga proističe izdavanje atesta, ili neke druge vrste dokaza o upotrebljivosti stroja.

Na prostorima bivše nam države začela se ideja o izradi jedinstvenih kriterija za gradnju i korišćenje šumarske mehanizacije prilagodjene uvjetima regije. Predlagano je formiranje centra za ispitivanje mehanizacije za šumarstvo, te predloženi neki metodi ispitivanja strojeva u uzgoju i eksploataciji šuma (Sever, 1981).

Obzirom da u Bosni i Hercegovini ne postoji specijalizirani centar za ispitivanje mehanizacije za šumarstvo, a o tome bi trebalo razmišljati, šumarski stručnjaci su kod izbora i primjene strojeva orijentirani isključivo na strana i domaća iskustva. Obzirom na stalni napredak tehničkih karakteristika motornih pila, kod izbora i primjene ovih strojeva znatnu pomoć može pružiti morfološka analiza, koja osigurava

objektivnu ocjenu položaja izabrane motorne pile u ukupnom trendu njihovog razvoja u svijetu.

U okviru takve analize potrebno je ustanoviti i trend razvoja cijena motornih pila u odnosu na njihove tehničke performanse.

Morfološkom analizom se najčešće dolazi do graničnih vrijednosti dimenzija, mase i snage pogonskog motora. Prema Krohn-u (1979), koji je izvršio morfološku analizu motornih pila, usporedba pila se bazira na dosadašnjim iskustvima, a zajednički ulaz je snaga motora. Masa je pokazatelj savršenstva i ekonomičnosti konstrukcije stroja (Sever, 1980). Cijena stroja je obično proporcionalna masi stroja, njegovim gabaritima i učincima. Istraživanja ovisnosti cijene rotositnilica o njihovoj masi (cijena po jedinici mase) i snazi motora (cijena po kW snage), uz primjenu regresione analize, ukazuju na jake veze ovih veličina, što ne treba iznenaditi obzirom da se radi o stroju, koji se razvija već 10 godina (Koščak, B., Horvat, D., Sever, S., 1995). Obavljena su brojna morfološke analize sredstava u privlačenju drva, a neka iskustva interesantna za šumarstvo Bosne i Hercegovine biće posebno objavljena.

Iskorišćavanje šumskih potencijala zahtjeva rješavanje pitanja minimalnog faktora. U razvijenim zemljama je to metoda rada. U šumarstvu Bosne i Hercegovine, osim metode rada, minimalni faktor je vezan i za organizaciju rada i za tehnička sredstva.

Organizacija rada omogućava povezovanje, popunjavanje i koordinaciju postavljenih zadataka, a najvažniji zadatak je podizanje produktivnosti i ekonomičnosti rada, uz brigu za radnika (Rebula, 1983).

Ocjena ispitivanih sredstava rada daje se na osnovu studija rada i vremena, na osnovu ankete, na osnovu kalkulacije troškova, te na osnovu vijeka trajanja (KWF, 1980., Bojanin, 1981., Beber i Bojanin, 1983, Backhaus, 1985, 1988., Martinić, 1992). Istraživanja u šumarstvu, vezana za iskorišćavanje šuma, definirali su tzv. "zakon mase komada". Prema tome zakonu učinak sredstava za rad, a time i motornih pila, raste sa krupnoćom drveta, sječivom masom po hektaru i sa koncentracijom posječene mase. Troškovi su obratno proporcionalni veličini sortimenata (Rebula, 1986). Obavljena su brojna istraživanja vezana za racionalizaciju rada i tehnološku tipizaciju, što je uključivalo upotrebu motorne pile na poslovima sječe i izrade (Tomanić, 1974., Bojanin, 1974, 1984., Jovanović, 1980., Bedžula, 1983., Kulušić, Jovanović i Šobot, 1986).

Koristeći dostignuća bioloških i tehničkih šumarskih naučnih discipline, te političko-ekonomske zakonitosti, šumarska ekonomija istražuje racionalne metode, kojima se uz što niže troškove mogu postići što povoljniji rezultati. Definiranim programom za šumarstvo ostvaruje se osnovni zadatak planiranja: maksimalni efekat uz zadane troškove ili očekivani efekat uz minimalne troškove (Martinić, 1987). Prema Samsetu (1985) i zakonu diskontinuirane evolucije razvoja, svaki put kada trend porasta troškova po radniku dostigne trend porasta proizvodnosti po radniku može se očekivati početak krize primjenjenog rada.

U šumarstvu Bosne i Hercegovine obračun kalkulacije ekonomičnosti strojnog rada obavlja se po FAO-shemi prilagodjenoj našim potrebama. Kalkulacijama strojnog rada, kao teorijskom kategorijom, bave se brojni autori za vrlo različite svrhe

i različite objekte (Strehlike i dr. 1970., Turk, 1977, Kulušić 1977). U okviru ocjene tehnologije i sredstava rada, uz studij rada i vremena, koristi se kalkulacija troškova kao pokazatelj ekonomičnosti rada (Bojanin i Sever, 1977-1978, Kulušić i Jovanović, 1977., Jovanović 1990., Vondra, 1993).

Prema načinu zahvatanja ili ustanovljavanja, sve troškovi se dijele na neposredne i posredne, pri čemu se prvi odnose na pojedini stroj, a drugi su vezani za poslovanje poduzeća kod kojega stroj radi. Conway (1986) razlikuje varijabilne (nastale kao rezultat aktivnosti) i fiksne troškove, a Pampel (1984) kaže da varijabilni troškovi rastu proporcionalno sa povećanjem obima proizvodnje. Prema FAO-shemi, prilagođenoj našim potrebama, uobičajena kalkulacija sadrži sljedeće elemente troškova:

1. Gorivo i mazivo
2. Redovni(uobičajeni) rezervni dijelovi
3. Amortizacija
4. Oprema i održavanje
5. Kamate
6. Osiguranje, takse, garažiranje i dr.
7. Lični troškovi
8. Pogonska režija
9. Upravno-prodajna režija
10. Dobit (finansijski višak)

Za ekonomski kriterij ocjenivanja motornih pila posebno su značajne tačke 1 - 4., koje će biti obuhvaćene našom analizom.

Obračun troškova rada stroja može se obaviti prema vremenskim jedinicama(radno vrijeme, pogonsko vrijeme, efektivno vrijeme, vrijeme motoriste itd), ili po jedinici rada(stablo, kubni metar, prostorni metar itd).

Neposredno za prvu stavku kalkulacije troškova - gorivo i mazivo, vezan je jedan od značajnih kriterija za ocjenu, izbor i primjenu motorne pile, a to je energetski kriterij (16).

Utrošak goriva i maziva može biti apsolutni (g/h, kg/h, m³/h), specifični (g/kWh) i po jedinici rada (L/m³, L/t, L/km, L/t-km). Treba istaći da se u okviru osnovnih tehničkih ispitavanja motorne pile, između ostalog, određuje specifična i satna potrošnja goriva (Trohar, 1980).

Značajno je napomenuti da potrošnja goriva predstavlja dobru osnovu za normiranje strojnog rada (Sundberg i Svanquist, 1986).

Prema nekim istraživanjima, u ukupnoj potrošnji energije, neposredna proizvodnja angažira 58,5%, popratne djelatnosti 23,1%, a režija 18,4% goriva i maziva (Vengust, 1985).

Johnston (1979), koristeći kao pokazatelj energetski ekvivalent dizel goriva, navodi da iskorišćavanje šuma troši 3,7 L/m³, gradnja i održavanje saobraćajnica 2,02 L/m³, ostalo poslovanje gospodarstva 3,96 L/m³ (nelocirana potrošnja je 0,5 L/m³). Prema Boyd-u i Novaku (1985) sječa i izrada troši ca. 0,5 galona/proizvodnom satu. Podaci iz susjedne R Hrvatske ukazuju da je iskorišćavanje šuma najveći potrošač energije, pri čemu sječa i izrada sudjeluju sa 11,72%, privlačenje 48,69% i transport sa utovarom i istovarom 39,59%. (Igrčić, 1983). Slična istraživanja govore da je prosječna potrošnja goriva u sječi i izradi 0,15-0,30 L/m³, a maziva 0,08-0,15 L/m³ (Martinić i Vondra, 1989). Igrčić (13) navodi da prosječna potrošnja goriva motornih pila iznosi 0,30 - 0,44 L/m³

Potrošnja goriva (i maziva) kod motorne pile ovisi o brojnim faktorima, a najvažniji od njih su:

Faktori potrošnje goriva

<p>Spoljni faktori</p> <p><u>Klimatski faktori:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - temperatura - barometarski tlak - oborine - vjetar i dr. <p><u>Terenski faktori:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - nadmorska visina - nagib - ekspozicija - ispresjecanost terena - vrsta tla - stanje tla - pokrov - prepreke i dr. <p><u>Sastojinski faktori:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - postanak sastojine - starost sastojine - omjer i oblik smjese - bonitet - struktura sastojine i drvena zalija - vrsta drveća - kvalitet sastojine - način uzgoja - struktura sječiwe mase - broj stabola i raspored stabala za sječuu i dr. <p><u>Faktori drveta(stabla):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - vrsta drveta - prsni promjer - promjer na tanjem kraju - visina - oblikovisina - granatost - zapremina - anatomska gradja drveta - fizička svojstva - mehanička svojstva - greške drveta. - udio tehničke oblovine - udio prostornog drveta - položaj(stojeće, ležeće, pravo, nagnuto, leži cijelom dužinom na zemlji, visi na jednom kraju, leži na dva oslonca itd) 	<p>Faktori stroja</p> <p><u>Faktori motora</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - vrsta motora - stupanj korisnosti - smješa goriva(pravilan odnos goriva i zraka) - rasplinjač (ispravna membrana, poluga ventila, sapnice, leptiri, filter rasplinjača itd) - podešenost rasplinjača (podešene sapnice, poluga ventila rasplinjača, vijak praznog hoda, leptir praznog hoda itd) - rezervoar za gorivo (čist filter za gorivo i odušak na čepu rezervoara) - filter za zrak(čist filter) - sistem za paljenje (pravilan razmak platina, odnosno pravilan elektronski uredjaj za paljenje itd.) - svječica(pravilan izbor, pravilan razmak elektroda, čišćenje svječiwe, pritegnutost u ležaju itd) - rebra za hladjenje(čista) - uređjaj za ispuh - uređjaj za startovanje <p><u>Faktori radnog dijela</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - spojka(ispravni utezi, obloge, opruge) - lančanik(vrsta, ležaj, stanje zuba) - vodilica(vrsta, stanje žljeba, podmazivanje zvjезде itd) - lanac(vrsta lanca, stanje elemenata lanca, nategnutost, naoštrenost itd.) - sistem za podmazivanje (vrsta uljne pumpe, vrsta ulja, podešenost pumpe, čistoća ventila, čistoća otvora za ulje na vodilici, itd. - rezervoar za ulje(čist uljni filter i odušak na čepu) 	<p>Faktori tehnologije</p> <p><u>Metod rada</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - sortimentni - poludeblovni - deblovni - stablovni - dijelova stabla - iveranje <p><u>Tehnika(način) rezanja</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - rezanje donjom stranom vodilice - rezanje gornjom stranom vodilice - rezanje ubadanjem vodilice u drvo - kombinirani način rezanja - način kresanja grana - način izrade prostornog drveta <p><u>Oblici rezanja</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ravno ili paralelno - u obliku lepeze - kombinacija paralelnog i lepezastog <p><u>Radne operacije</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - prelaz - priprema radnog mjesta - obaranje - ustave - kresanje grana - šumski red - krojenje, prerezivanje i obrada tehničke oblovine - prerezivanje i izrada prostornog drveta <p><u>Struktura vremena</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - efektivno vrijeme - opća vremena - stepen iskorišćenosti radnog vremena 	<p>Faktori organizacije</p> <p><u>Manipulacija gorivom</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - uskladištenje - distribucija <p><u>Održavanje strojeva</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - programirano održavanje - školovanje - korekturno održavanje - preventivno održavanje - kombinovano održavanje <p><u>Obrazovanje rukovoaca</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - zakonski propisi - tehnika rada - programirana tehnika rada <p><u>Informiranje</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - prikupljanje podataka - obrada podataka - normiranje <p><u>Stimulacija</u></p>
--	---	--	---

Iz priloženog je vidljivo da postoji veliki broj faktora, koji određuje potrošnju goriva (i maziva). Obavljena su brojna istraživanja potrošnje goriva i maziva u različitim uvjetima.

Prema Rebuli (1985), potrošnja goriva kod četinarskog drveta kreće se od 0,202 do 0,980 L/m³, a kod liščara od 0,129 do 0,244 L/m³. Variranje potrošnje goriva izražene u odnosu na vremensku jedinicu je manje i iznosi 1,05 do 1,10 L/pogonski sat. Potrošnja goriva je vezana za "zakon mase komada" (potrošnja goriva kod sitnih sortimenata je 3 - 5 puta veća). Mazivo učestvuje sa ca. 4% u utrošku goriva.

Utrošak goriva u proredama iznosio je 0,163 - 0,296 L/m³, maziva 0,085 - 0,150 L/m³ (Sever, Horvat, Golja i Risović, 1989).

Sječa i izrada motornom pilom Stihl 064 (liščari, deblozni metod) iziskivala je dnevnu potrošnju goriva od 1,5 L i maziva od 0,77 L. Ista potrošnja po m³ iznosila je 0,062 L goriva i 0,031 L maziva, a potrošnja po jednom satu 0,84 L goriva i 0,42 L maziva. Kod rada na pomoćnom stovarištu dnevna potrošnja bila je 1,10 L goriva i 0,6 L maziva. Potrošnja po m³ iznosila je 0,029 L goriva i 0,016 L maziva. U jednom satu rada pila je trošila 1,2 L goriva i 0,67 L maziva (Vondra i Bogojević, 1994).

Nepravilno podešen rasplinjač motorne pile povećava potrošnju goriva za ca. 0,7 L/h, a nenaostren lanac povećava potrošnju goriva za 30 - 40% (Trohar, 1984). Angažiranjem radnika na poslovima oštrenja lanaca motornih pila potrošnja goriva se smanjila sa 0,38 L/m³ na 0,27 L/m³ (Matošević, 1983).

Manipulacija gorivom mora biti dobro organizirana, jer se prosipanjem izgubi 2 - 3% goriva (Matvejko, 1975).

Prema Doležalu (1984) u ČSSR se godišnje kod punjenja rezervoara gubilo ca. 1% pogonskih goriva. Problem manipulacije gorivom i mazivom zadire u oblast ekološkog kriterija izbora i korištenja strojeva, što nije predmet ovoga rada. Za ilustraciju, isti autor navodi da se godišnje u šumsko tlo ispusti 148.000 L pogonskih materija, ili ca. 7 L/ha.

U šume SR Njemačke se godišnje unese 4,35 - 5,28 miliona litara ulja, od čega jedan dio završi u šumskom tlu (Gerdsen, 1984).

Troškovi rezervnih dijelova prate cijenu motorne pile, a vezani su za pravilno svakodnevno održavanje. Neophodan je siguran i ovlašten servis sa dobro opremljenom radionicom, stručnim i uvježbanim mehaničarem i dobro snabdjeven rezervnim dijelovima.

Opravke i održavanje ovise o robusnosti i jednostavnosti gradje, te o dostupnosti dijelova motorne pile. Dio troškova je vezan za samo održavanje, a dio za rad radionice i mehaničara. Dijelovi koji zahtjevaju česta podešavanja moraju biti pristupačni, a podmazivanje jednostavno. Za veći broj motornih pila na radilištu potrebna je pokretna radionica, te poseban radnik za oštrenje i opravke.

Amortizacija predstavlja smanjenje vrijednosti i korisnog kapaciteta motorne pile kao rezultat prirodnog habanja, starenja, oštećenja, korozije, djelovanja klimatskih faktor i dr. Brzina habanja ovisi o vještini rukovaoca, o podmazivanju, o generalnom održavanju, o konstrukciji, o kvalitetu materijala itd.

Troškovi i vijek trajanja motorne pile zavise i o načinu nagradjivanja za rad. Nagradjivanje po vremenu i učinku, odnosno trka za normom, uzrokuju povećanje opterećenja stroja (veće održavanje, manji vijek trajanja, veći troškovi), u šumi nastaju štete, a dovodi se u pitanje vlastita i tuđa sigurnost. U Švedskoj je došlo do smanjenja niza problema vezanih za organizaciju rada kada se prešlo sa akordnog nagradjivanja po vremenu na premijsko nagradjivanje (Werner, 1986).

Nabavna cijena motorne pile sa kojom se ulazi u kalkulaciju obuhvata tržišnu cijenu i troškove carine, špedicije, dopreme i dr. Nabavna cijena rezervnih dijelova mora se posebno ustanoviti.

Prema Kulušiću (1977) normalan vijek trajanja stroja (i rezervnih dijelova), izražen u pogonskim satima, obuhvata vrijeme rada stroja pri kojem se postižu minimalni prosječni troškovi rada toga stroja. Zastarjevanje stroja može biti fizičko (korozija i dr.) i tehničko (razvojem tehnike), te se u kalkulaciju strojnog rada uvodi pojam "vijek tehničkog zastarjevanja" kao maksimalno vrijeme korištenja stroja (izraženo godinama). "Prag godišnjeg korištenja stroja" je minimalno godišnje korištenje stroja, kod koga se u vremenu tehničkog zastarjevanja postiže normalan vijek korištenja. Na bazi uvjeta rada stroja i tehnološkog procesa prognozira se "stvarna mogućnost godišnjeg korištenja stroja" (u pogonskim satima).

U ovom radu vijek trajanja motorne pile i rezervnih dijelova iskazan je u m^3 , koji trebaju biti usječeni i izradjeni u normalnom vijeku trajanja motorne pile.

Metoda istraživanja s obradom podataka

U šumarstvu Bosne i Hercegovine korišćene su i sada se koriste pile različitih proizvođača iz Evrope i svijeta, odnosno različiti modeli i tipovi pila istog proizvođača. Međutim, ukoliko se detaljnije razmotri višegodišnje prisustvo nekih proizvođača, onda dolazimo do saznanja da su na ovim prostorima stalno prisutne dvije velike svjetske firme: Stihl (SR Njemačka) i Husqvarna (Švedska). Njihova katalogska ponuda bila je jedan od izvora podataka za ovaj rad. Korišćeni su podaci o osnovnim tehničkim karakteristikama pila i o njihovim cijenama. Ovakav pristup se može opravdati i time, da se ovim radom ne riješava pitanje kupovine neke pile, nego se traže trendovi razvoja, koji karakteriziraju i ostale proizvođače pila u svijetu. Razlika može da postoji samo u stupnju dostignuća željenih ciljeva, a oni danas uglavnom idu u pravcu što lakšeg i sigurnijeg rada za rukovaoca motorne pile.

Drugi razlog ovakvog izbora je prezentacija nekih novih pristupa mehanizaciji šumarstva, koja se izučava u nastavnom predmetu Mašine u šumarstvu, koji se sluša na postdiplomskom studiju (oblast Iskorišćavanja šuma) Šumarskog fakulteta u Sarajevu. U okviru tog studija, dipl. ing. Dževad Jakupović uradio je seminarski rad pri čemu je koristio podatke svog poduzeća "Unsko-sanske šuma" Bosanska Krupa, gdje se u tehnološkim procesima iskorišćavanja šuma koriste neke motorne pile navedenih proizvođača.

Za analizu je odabrano 56 motornih pila firme "Stihl" i "Husqvarna". Formirana je datoteka podataka u računarskom programu Excel. Izabrane su 4 osnovne karakteristike: radni volumen (zapremina) cilindra V_c , masa motorne pile m , snaga motora P_m , nabavna cijena pile C i tri izračunate: jedničina (specifična) masa g_m , jedinični (specifični) volumen V_m i omjer radni volumen/masa V_c/m .

U cilju određivanja korelacijskih ovisnosti parova podataka korišćeno je grafičko predstavljanje podataka programa Microsoft Excel (iz glavnog menija Chart/Add Trendline/Option). Pomoću ovog programa određene su regresijske jednadžbe i indeksi korelacije.

Kod izrade kalkulacija troškova korišćeni su podaci i normativi poduzeća

"Unsko-sanske šume", odnosno na raspolaganju su bili podaci za: utroške goriva, utroške maziva, cijene rezervnih dijelova i njihov vijek trajanja, amortizaciju i troškove održavanja. Izračunati su troškovi rada motornih pila po jedinici proizvoda(m^3) za:

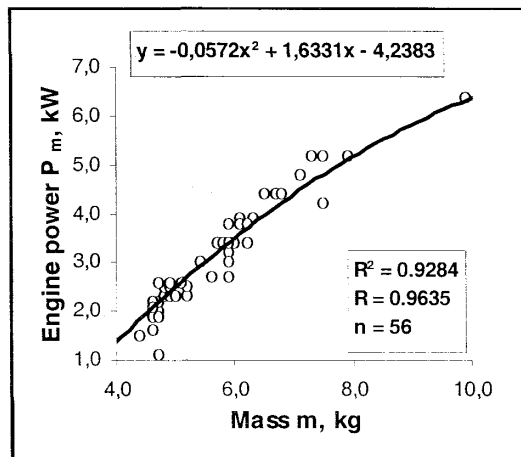
- oblovinu liščara
- cijepane sortimenata liščara
- oblovinu četinara
- celulozno drvo četinara

Na osnovu morfološke analize izabranih tehničkih karakteristika motornih pila, te na osnovu analize ovisnosti cijene motornih pila i datih tehničkih karakteristika trebao se odrediti trend razvoja odnosa ovih dvije grupe karakteristika. Iz kalkulacije troškova jedne od motornih pila, koja radi u tehnološkim procesima sječe i izrade različitih sortimenata liščara i četinara, tražena je vezanost tehničkih, tehnoloških, ekonomskih i energetskih parametara u okviru kriterija koji su odlučujući za izbor i korišćenje motornih pila na poslovima sječe i izrade u šumarstvu. U isto vrijeme, ovaj rad treba da posluži kao primjer šumarskoj struci (i nauci) kako treba pristupiti mehanizaciji šumarstva kod biranja rješenja, kako bi se izbjegla primjena skupih i ponekad neprikladnih tuđih iskustava.

Rezultati istraživanja sa diskusijom

Kriterij tehničkih karakteristika

Na slici 1. prikazana je ovisnost snage motora i mase motornih pila. Veza ove dvije tehničke karakteristike motorne pile ukazuje na stupanj savršenstva i na ekonomičnost gradnje, gdje se kroz ugradnju lakih materijala velike otpornosti na statička i dinamička opterećenja omogućava rad pili u najtežim uvjetima, a radnik nije izložen prevelikim fizičkim naprezanjima u rukovanju teškom pilom. Naravno, sve to to ima određenu granicu i cijenu.

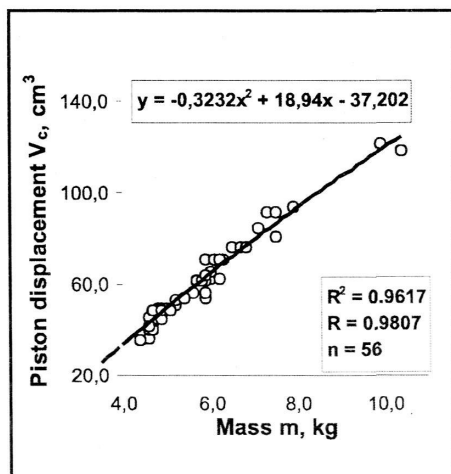


Slika 1. Ovisnost snage motora o masi pile

Figure 1. The dependence of the engine power upon the chain saw mass

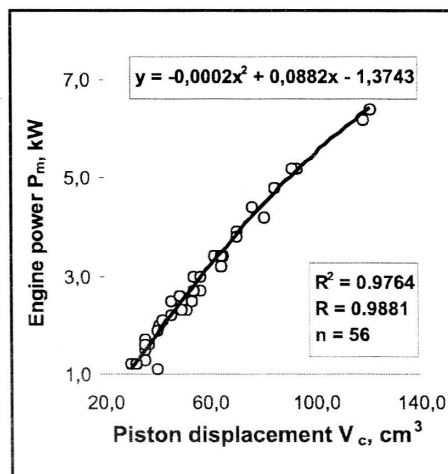
Regresiona analiza između mase i snage motora motorne pile pokazuje visok ($R = 0,9635$) stupanj međusobne ovisnosti. Trend porasta mase motorne pile sa porastom snage motora potpuno je logičan obzirom na konstrukcione zahtjeve motora sa unutrašnjim izgaranjem, odnosno radnog dijela motorne pile. Nasuprot tome, obzirom na ergonomske zahtjeve, može se očekivati dalji rad proizvođača na smanjenju mase pile uz zadržavanje postojeće snage, ili njeno povećanje, posebno kada se radi o profesionalnim pilama za potrebe šumarstva. Grafikon može poslužiti kao primjer načina orijentacije pri izboru nove pile, koji može pomoći šumarskom stručnjaku da izbjegne nabavku pile, koja bi izašla iz trenda razvoja međusobne ovisnosti mase i snage, a na koji nas upućuju dva velika svjetska proizvođača motornih pile.

Konstrukcija motora sa unutarnjim izgaranjem, a time i konstrukcija pogonskog dijela pile, koja se pogoni jednocilindričnim dvotaktnim motorom, usko povezuje dvije značajke pretvorbe toplotne energije goriva u mehanički rad, odnosno snagu. To su radni (stapajni) volumen cilindra i snaga motora. Radni (stapajni) volumen cilindra ovisi o promjeru i hodu (stapaju) cilindra, a oni su povezani sa brzinom okretanja motora, te time sa snagom motora. Isto tako, opće je poznata ovisnost mase motora o dimenzijama cilindra u kojem se oslobadja mehanička snaga za pogon pile. Naravno, kako je to već istaknuto, masa motorne pile ne ovisi jedino o njenom pogonskom dijelu.



Slika 2. Ovisnost radnog volumena motora o masi pile

Figure 2. The dependence of the piston displacement upon the chain saw mass



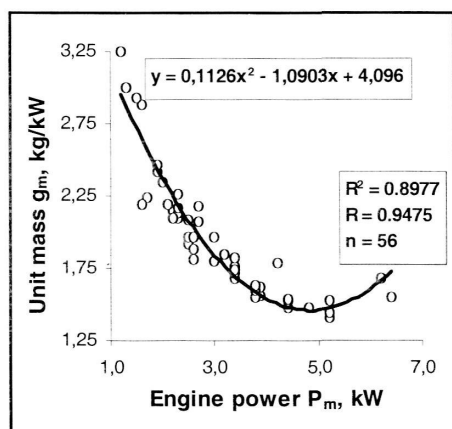
Slika 3. Ovisnost snage o radnom volumenu motora

Figure 3. The dependence of the engine power upon the piston displacement

Na slici 2. je prikazana ovisnost mase pile i radnog (stapajnog) volumena motora pile. Regresionom analizom je ustanovljen visok indeks korelacije ($R = 0,9807$), što upućuje na skoro funkcionalnu ovisnost ovih veličina.

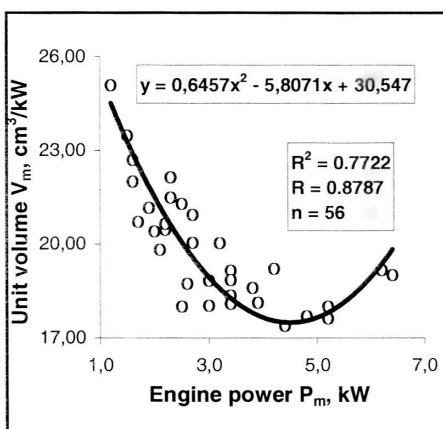
Indeks korelacije ($R = 0,9881$) regresione analize pokazuje visok stupanj međusobne ovisnosti između radnog volumena i snage motora pile lančanice (slika 3.). Pored značaja ovih karakteristika za određivanje mjesta pile u dijapazonu ponude

na tržištu motornih pila lančanica, koja se kreće od laganih hobby-pila do profesional-pila za šumarstvo, potrebno je istaći usku povezanost potrošnje goriva sa navedenim karakteristikama čime zadiremo u oblast ekonomičnosti korištenja pila. Jedinična (specifična) masa je odnos mase motorne pile i snage njenog pogonskog motora. Ova izračunata vrijednost predstavlja dobar pokazatelj dostignutog stupnja uspješnosti i ekonomičnosti gradnje motorne pile. Pokazuje koliku masu motorne pile nosi jedinica snage pogonskog motora. Za razliku od traktora, koji moraju imati veću jediničnu masu, motorne pile trebaju da budu što lakše, a da posjeduju dovoljno snažan motor za obavljanje rada u sječi i izradi.



Slika 4. Ovisnost jedinične mase oznazi motora pile

Figure 4. The dependence of the unit mass upon the chain saw engine power



Slika 5. Ovisnost jediničnog volumena o snazi motora pile

Figure 5. The dependence of the unit volume upon the chain saw engine power

Jedinični (specifični) radni volumen je odnos radnog (stapajnog) volumena cilindra i snage motora. Radni volumen ovisi o promjeru i radnom hodu (stapaju) cilindra. Povećanje promjera cilindra znači povećanje snage motora, a omjer promjera cilindra i stapaja određuje brzinu okretanja motora, što je značajno za brzohodne motore, kao što je motor motorne pile. Potrošnja goriva vezana je za jedinični radni volumen.

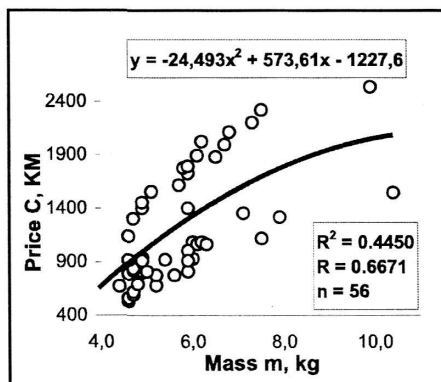
Na slici 4. prikazana je ovisnost snage motora i jedinične mase pile lančanice. Regresionom analizom je utvrđen visok indeks korelacije ($R = 0.9475$). Vidljiv je trend smanjenja jedinične (specifične) mase motorne pile sa porastom snage njenog motora. To je posljedica izrade suvremenih pila od lakših i kvalitetnijih materijala, uz postojeću ili povećanu snagu njihovog motora. Obzirom da uzorak obuhvata mali broj pila snage motora preko 5 kW, prije bi se moglo govoriti da funkcija ima asimptotski karakter. Porast jedinične mase pila sa snagom motora preko 5 kW djelomično se može objasniti potrebom robusnije izrade profesionalnih pila za šumarstvo.

Regresiona analiza između snage motora i jediničnog (specifičnog) volumena cilindra motora pile lančanice pokazuje visok ($R = 0.8787$) stupanj njihove međuovisnosti (slika 5.). Trend je potpuno logičan, jer povećanje snage motora, kao

veliĉine u nazivniku pri izraĉunanju vrijednosti jediniĉnog volumena motora pile lanĉanice, uzrokuje asimptotsko pribliŹavanje funkcije izravnavanja nekoj graniĉnoj vrijednosti, koja nije potpuno definirana. Za morfološku analizu bilo bi interesantno ispitati prošireni uzorak, koji bi sadržavao i veći broj pila snage preko 5 kW.

Kriterij tehniĉko-ekonomskih karakteristika

Cijena je novĉani oblik vrijednosti proizvoda (robe). Pojedinaĉne cijene ne moraju odgovarati vrijednosti proizvoda (naroĉito u sluĉaju monopolskog poloŹaja). Tržišna cijena je izraz tržišne vrijednosti proizvoda. U sluĉaju motornih pila, gdje na tržištu vlada velika konkurencija, a u cilju zadržavanja kupaca, moguća su odreĉena smanjenja nabavnih cijena ovih strojeva. To predstavlja posebnu pogodnost za šumarstva i individualne kupce u zemljama tranzicije, kao što je Bosna i Hercegovina. Iz tih razloga je vrlo nesigurno ulaziti u morfološke analize sa trenutnim nabavnim cijenama. Meĉutim, obzirom da se u našoj analizi bavimo ovisnostima i trendovima razvoja nekih karakteristika motornih pila, cijena nam može biti dobar pokazatelj pravaca razvoja tih karakteristika, kao izraz troškova koji prate taj razvoj.

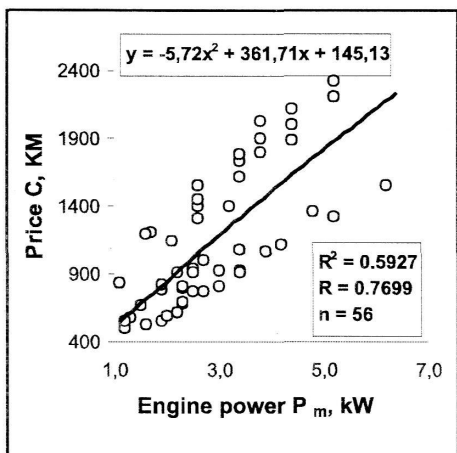


Slika 6. Ovisnost cijene o masi pile
Figure 6. The dependence of the purchase price upon the chain saw mass

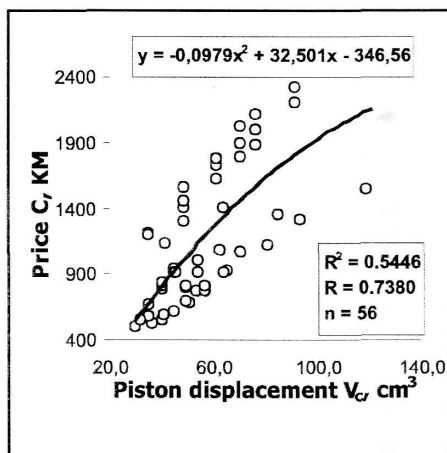
Na slici 6. prikazana je ovisnost mase i nabavne cijene pile lanĉanice. Provedenom regresionom analizom ustanovili smo srednji indeks korelacije ($R = 0.6671$). Na slici su uoĉljiva dva odvojena skupa podata. Rezultat su razliĉitosti u cijenama nastalih iz razloga o kojima smo govorili, što nije odluĉujuće za naĉu analizu.

Grafikon pokazuje porast cijene sa masom motorne pile. Nešto niŹi indeks korelacije mogao bi se objasniti i povećanjem cijena motornih pila iz razloga uvoĉjenja nekih novih konstrukcionih rješenja, koja idu prema: poboljšanju rada motora pile (elektronsko paljenje, automatsko grijanje rasplinjaĉa, ĉišćenje usisanog zraka u cilju ujednaĉavanja rada i manjeg trošenja motora); unapreĉjenju ergonomskih karakteristika pogonskog i radnog dijela pile (lakše pokretanje pomoću dekompressionog ventila, ergonomski oblikovane ruĉke, grijanje ruĉki, ruĉke sa kombinacijom upravljaĉih elemenata, smanjenje buke, ublaŹavanje vibracija kroz AV ruĉke i protuvibracijski rasplinjaĉ,

postranice smješten zatezač lanca, lanci smanjenih vibracija i dr.); zadovoljavanju ekoloških zahtjeva (manje ispušnih plinova kroz ugradnju katalizatora, upotreba razgradljivih maziva); smanjenju utroška goriva i maziva (posebno radjene lamelirane i tvrde vodilice malog otpora trenja, podesiva uljna pumpa bez podmazivanja u praznom hodu). Navedena poboljšanja konstrukcije nisu imala presudan uticaj na trend porasta cijene pile sa njenom masom iz razloga, što najveći broj suvremenih pila ima ugrađenu većinu navedenih inovacija.



Slika 7. Ovisnost cijene o snazi motora motorne pile
 Figure 7. The dependence of the purchase price upon the chain saw engine power



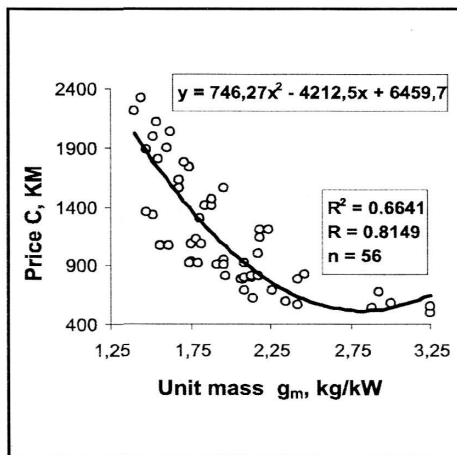
Slika 8. Ovisnost cijene o radnom volumenu motora
 Figure 8. The dependence of the purchase price upon the piston displacement

Regresionom analizom između nabavne cijene motorne pile i snage njenog motora ustanovljen je visok indeks korelacije ($R = 0.7699$). Slika 7. pokazuje skoro linearnu funkciju sa proporcionalnim porastom nabavne cijene sa snagom motora pila lančanica. Objašnjenje treba tražiti u činjenici da sa porastom snage motora ulazimo u područje profesionalnih pila za šumarstva, kod kojih postoji najveći interes za stalno unapredjenje ranije spomenutih karakteristika (tehničko-tehnološke, ergonomske, ekološke, energetske karakteristike), a to traži i veću cijenu pile. Isto tako, potrebno je istaći da se radi o proizvođačima pila sa dugotrajnim razvojnim programima, te nema lutanja u traženju novih puteva razvoja. Samo se u početnim stadijima pionirskih poslova može ponuditi slab proizvod (nedovoljne snage) za veliku cijenu.

Na slici 8. prikazana je međusobna ovisnost cijene pile lančanice i radnog volumena njenog pogonskog motora. Visok indeks korelacije ($R = 0.7380$), kao izraz regresione analize, potpuno je objašnjiv ovisnošću snage motora i radnog volumena cilindra tog motora (vidi sliku 3.).

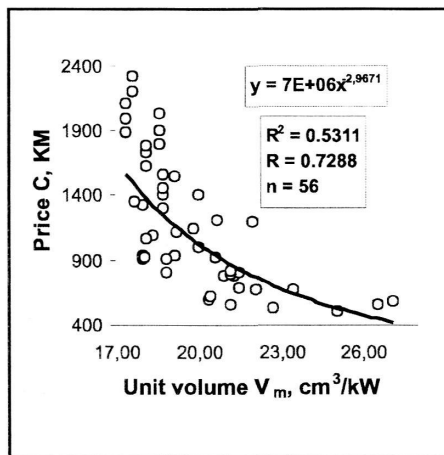
U diskusiji ovisnosti jedinične (specifične) mase i jediničnog (specifičnog) volumena cilindra o snazi motora pile lančanice istaknut je značaj ovih veličina, kao pokazatelja savršenstva i ekonomičnosti gradnje motorne pile. Regresione analize, i u jednom i u drugom slučaju, pokazale su visok stupanj ovisnosti. Uočljiv je trend smanjenja

navedenih specifičnih vrijednosti sa povećanjem snage motora pile. Smatrali smo interesantnim ispitati trend promjene cijene motorne pile sa promjenom jedinične (specifične) mase pile, odnosno promjene cijene sa jediničnim (specifičnim) volumenom cilindra motora motorne pile. Cilj je bio ustanoviti da li nabavna cijena motorne pile prati napore konstruktora da osiguraju dovoljno snažnu motornu pilu za profesionalni rad u šumarstvu uz uvažavanje ergonomskih zahtjeva prema što lakšoj pili. Uradjena je regresiona analiza za navedene slučajeve, a grafički prikaz ovisnosti dat je na slikama koje slijede.



Slika 9. Ovisnost cijene o jediničnoj masi motorne pile

Figure 9. The dependence of the purchase price upon the unit mass



Slika 10. Ovisnost cijene o jediničnom volumenu motora motorne pile

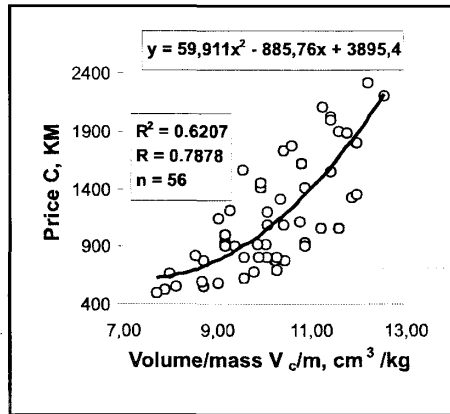
Figure 10. The dependence of the purchase price upon the unit volume

Na slici 9. prikazana ovisnost jedinične mase pile lančaničice i njene nabavne cijene, te prikazana funkcija i pokazatelji regresione analize. Indeks korelacije ($R = 0.8149$) pokazuje visok stupanj ovisnosti istraživanih veličina. Sa smanjenjem jedinične (specifične) mase, kao rezultat veće snage uz istu ili manju masu pile, raste cijena motorne pile. Treba napomenuti, da smo u ranijim diskusijama (slika 4.) govorili o asimptotskom karakteru funkcije ovisnosti jedinične mase pile i snage njenog motora, što se odrazilo i na nabavnu cijenu pile lančaničice.

Indeks korelacije ($R = 0.7288$) regresione analize pokazuje visok stupanj ovisnosti jediničnog volumena i nabavne cijene pile (slika 10.). To je posljedična veza snage motora i radnog (stapajnog) volumena cilindra motora pile lančaničice. Za razliku od kvadratne funkcije (slika 5), kojom je prikazana ovisnost snage motora i jediničnog volumena, ovisnost jediničnog volumena i nabavne cijene iskazana je eksponencijalnom funkcijom.

U cilju sveobuhvatnog pristupa istraživanju međusobne ovisnosti tehničkih parametara motornih pila lančaničice i njihove nabavne cijene, uz sva ograničenja o kojima je bilo govora (relevantnost cijene kao parametra obzirom na njen promjenljiv karakter), smatrali smo potrebnim provesti regresionu analizu ovisnosti omjera radni volumen/masa pile lančaničice i nabavne cijene pile. Radni volumen cilindra motora neposredno određuje snagu pile lančaničice, a masa pile je odraz dostignutog stupnja konstrukcije i

ekonomičnosti gradnje stroja. U oba slučaja mora se platiti određena cijena, kao izraz profesionalne upotrebljivosti ovih vrlo prisutnih sredstava rada u šumarstvu. Pokazatelji spomenute regresione analize, odnosno njen grafički prikaz, dati su na slici 11.



Slika 11. Ovisnost cijene pile o omjeru radni volumen/masa
 Figure 11. The dependence of the purchase price upon the piston displacement /mass relation

Regresionom analizom ovisnosti omjera volumen/masa i nabavne cijene motorne pile ustanovljen je visok indeks korelacije ($R = 0.7878$). To znači da povećanje radnog (stapajnog) volumena motora (veća snaga motora) uz zadržavanje, ili smanjenje mase pile lančanice traži veću nabavnu cijenu pile.

Kriterij tehnološko-energetsko-ekonomskih karakteristika

Za ocjenu motorne pile po tehnološkom kriteriju neophodno je provesti studij rada i vremena, odnosno precizno odrediti učinke i uraditi norme.

Tabela 1. Vijek trajanja motorne pile i rezervnih dijelova
 Table 1. Service life chain saw and services parts

Predmet - Object	Sortimenti - Assorments			
	Oblovina liščara Broadleaved roundwood	Oblovina četinarara Coniferous roundwood	Cjepano drvo liščara Broadleaved splitwood	Celulozno drvo četinarara Coniferous pulpwood
	Vijek trajanja, m ³ - Service life, m ³			
Lančana pila - Chain saw	4800	6000	3600	4200
Glavni rezervni dijelovi - Main services parts				
- lanac - chain	400	500	300	350
- vodilica - blade	580	750	340	450
- klip i cilindar - piston and cylinder	4800	6000	3600	4200
Ostali rezervni dijelovi (kraburator, AV-sistem, ručke) - Others services parts (carburetor, AV-system, handle)	4800	6000	3600	4200

Na području Kantonalnog poduzeća "Unsko-sanske šuma", u okviru iskorišćavanja šuma srećemo više tehnoloških procesa, ovisno o vrstama drveta, sastojnim i terenskim uvjetima i dr. Preovladavaju sortimenti i deblovi metoda sa izradom nekoliko osnovnih sortimenata kao što su oblovina liščara i četinar, cijepani sortimenti liščara i celulozno drvo četinar. Za navedene tehnološke procese i sortimente postoje snimljeni podaci za izračunavanje troškova rada motorne pile, odnosno za kalkulaciju ekonomičnosti strojnog rada na sječi i izradi.

Tabela 2. Utrošci goriva i ulja
Table 2. Consumption fuel and oils

Gorivo i ulja – <i>Fuel and oils</i>	Sortimenti - <i>Assortments</i>			
	Oblovina liščara <i>Broadleaved roundwood</i>	Oblovina četinar <i>Coniferous roundwood</i>	Cjepano drvo liščara <i>Broadleaved splitwood</i>	Celulozno drvo četinar <i>Coniferous pulpwood</i>
	L/m^3			
Benzin - <i>Gasoline</i>	0.230	0.210	0.270	0.240
Motorno ulje - <i>Motor-oil</i>	0.068	0.061	0.084	0.076
Ulje za lanac - <i>Chain-oil</i>	0.009	0.007	0.011	0.010

Tabela 3. Kalkulacija troškova motorne pile
Table 3. Calculation costs of chain saw

Troškovi - <i>Costs</i>	Sortimenti - <i>Assortments</i>			
	Oblovina liščara <i>Broadleaved roundwood</i>	Oblovina četinar <i>Coniferous roundwood</i>	Cjepano drvo liščara <i>Broadleaved splitwood</i>	Celulozno drvo četinar <i>Coniferous pulpwood</i>
	KM/m^3			
1. Gorivo i ulja - <i>Fuel and oils</i>				
- benzin - <i>gasoline</i>	0.26	0.24	0.31	0.28
- motorno ulje - <i>motor-oil</i>	0.54	0.49	0.67	0.61
- ulje za lanac - <i>chain-oil</i>	0.04	0.03	0.04	0.04
Ukupno - gorivo i ulje Total - <i>fuel and oils</i>	0.84	0.76	1.02	0.93
2. Rezervni dijelovi - <i>Services parts</i>				
- lanac - <i>chain</i>	0.06	0.05	0.09	0.07
- vodilica - <i>blade</i>	0.06	0.05	0.10	0.08
- klip i cilindar - <i>piston and cylinder</i>	0.05	0.04	0.07	0.06
- ostalo - <i>others</i>	0.05	0.05	0.08	0.07
Ukupno - rezervni dijelovi Total - <i>services parts</i>	0.22	0.19	0.34	0.28
3. Amortizacija - <i>depreciation</i>	0.17	0.13	0.22	0.19
Ukupno - amortizacija Total - <i>depreciation</i>	0.17	0.13	0.22	0.19
4. Opravke i održavanje - <i>Repairs and maintenance</i>	0.08	0.06	0.10	0.09
Ukupno - popravke i održ. Total - <i>repairs and maint.</i>	0.08	0.06	0.10	0.09
Total costs	1.31	1.14	1.68	1.49

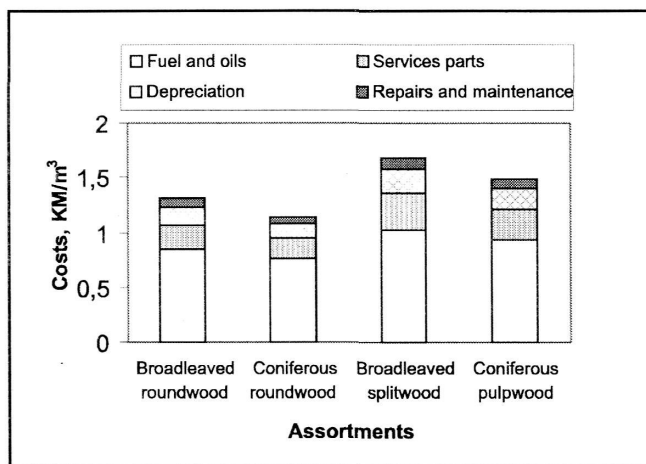
U tabeli 1., za svaki vrstu usječenih i izradjenih sortimenata motornom pilom, prikazan je vijek trajanja motorne pile i njenih rezervnih dijelova. Vijek trajanja je

izražen u m^3 mogućeg učinka u normalnim uvjetima korištenja, odnosno u normalnom vijeku trajanja stroja i rezervnih dijelova.

U toku vijeka trajanja jedne motorne pile utroši se 100 sati rada mehaničara.

U tabeli 2. adekvatno prethodnoj tabeli, dati su normativi utroška goriva i maziva za motorne pile u sječi i izradi na radovima iskorišćavanja šuma poduzeća "Unsko-sanske šuma".

Na osnovu datih pokazatelja uradjena je kalkulacija troškova rada motorne pile pri sječi i izradi navedenih sortimenata, ali bez stavki 5 - 10 iz FAO sheme, koje nisu direktno vezane za problematiku ovog rada. Kalkulacija troškova iz tabele 3. prikazana je grafički na slici 12.



Slika 12. Troškovi motorne pile u sječi i izradi
Figure 12. The costs of chain saw in the cutting and wood conversion

Predstavljene troškovi su odraz trenutne cijene motorne pile i njenih rezervnih dijelova, odnosno normativa poduzeća "Unsko-sanske šuma". Isto tako, dati troškovi su prikazani u odnosu na jedinicu proizvoda, koja u sebi sadrži mnoge nepoznanice. Zbog toga iskazane troškove treba primiti sa rezervom, ali oni su ilustrativni, jer pokazuju učešće pojedinih komponenti troškova motorne pile. Pravu sliku o troškovima po jedinici proizvoda (m^3) dobili bi studijem rada i vremena, gdje bi se na osnovu učinaka i stvarnih utrošaka goriva i maziva, rezervnih dijelova, održavanja i opravki i dr. ustanovili realni troškovi motorne pile, kojima bi se morale dodati preostale stavke (5-10) iz FAO-sheme kalkulacije ekonomičnosti strojnog rada, a posebno stavke ličnih troškova, troškova pogonske i upravno prodajne režije.

Iz slike je vidljivo da su troškovi rada sa sitnijim sortimentima (cijepano i celulozno drvo) veći od istih kod oblovine. Rad na izradi sortimenata iz drveta lišćara iziskuje veće troškove od rada sa sortimentima četinarara. U ovoj grupi troškova najveće učešće imaju troškovi goriva i maziva, a niski troškovi amortizacije su rezultat niske nabavne cijene motorne pile i relativno visokog normativnog vijeka trajanja.

Zaključci

Istraživanja međusobne ovisnosti tehničkih, tehnoloških, energetskih i ekonomskih parametara, značajnih za izbor i korištenje motornih pila na poslovima sječe i izrade pokazuju jaku povezanost pripadnih karakteristika. Mada istraživanjima nisu obuhvaćeni ergonomske i ekološke parametri poznata je neophodnost njihovog uključivanja u kriterije za ocjenu motorne pile.

Stručnjacima koji se bave problematikom mehanizacije u šumarstvu i hortikulturi stoje na raspolaganju objektivni pokazatelji trendova razvoja sredstava rada u svijetu od kojih su neki od njih prikazani u ovom radu na primjeru motorne pile. Dokaze pravilnog izbora rješenja treba tražiti u vlastitim istraživanjima, bilo u specijaliziranim laboratorijima, bilo u okviru terenskih radova, uz uvažavanje konkretnih uvjeta rada.

Morfološkom analizom mase, radnog volumena i snage motora potvrđena je njihova jaka ovisnost. Porast radnog volumena motora i mase motorne pile prati porast snage motora, a isti trend pokazuje ovisnost mase pile i radnog volumena motora.

Jedinična masa pile lančanice ukazuje na napore proizvođača pila da sačuvaju, ili povećaju snagu motora uz zadržavanje, ili smanjenje mase pile lančanice, pri čemu se naslućuje asimptotski karakter funkcije. Na taj način se zadovoljava tehničko-tehnološki kriterij i ergonomske kriterij izbora. Ovisnost snage i jediničnog volumena volumena, koja ima sličan trend prethodnom, može da utiče na energetski kriterij izbora.

Tehničko-ekonomski kriterij povezuje nabavnu cijenu pile sa istim tehničkim karakteristikama, koje su bile predmet morfološke studije tehničkih karakteristika.

Regresione analize ovisnosti nabavne cijene pile o njenoj masi, snazi i radnom volumenu motora dale su indekse korelacije, koji pokazuju visok stupanj njihove međusobne ovisnosti. U sva tri slučaja nabavna cijena pile prati promjene navedenih tehničkih karakteristika.

Ovisnost nabavne cijene i jedinične mase, odnosno jediničnog volumena motora pile takodje upućuje na asimptotski karakter funkcija. Posebno je izražena ovisnost nabavne cijene i jedinične mase pile, što je bilo i za očekivati obzirom da se zadržavanje (ili povećanje) snage motora i zadržavanje (ili smanjenje) mase mora platiti većom cijenom pile, zbog savršenije i ekonomičnije gradnje pile. Istraživanja ovisnosti nabavne cijene pile o omjeru radni volumen/masa ima teoretski značaj, a ukazuje na porast nabavne cijene sa povećanjem ovog omjera.

Kriteriji tehnološko-energetsko-ekonomskih karakteristika, mada radjeni na osnovu podataka i normativa jednog poduzeća šumarstva pokazuju međusobnu ovisnost ovih karakteristika. Kalkulacija troškova motorne pile, uradjena samo na osnovu 4 stavke FAO-sheme, a izražena po m^3 usječenih i izradjenih sortimenata, pokazuje veće troškove kod sitnih sortimenata, a kod toga veliki uticaj na troškove imaju izdvajanja za gorivo i mazivo. Troškovi su veći kod sortimenata lišćara. Prava slika o troškovima motorne pile u sječi i izradi dobila bi se studijem rada i vremena, ustanovljavanjem pripadnih troškova, te uključivanjem u kalkulaciju ekonomičnosti rada motorne pile svih stavki FAO-sheme, a posebno ličnih troškova, te troškova pogonske i upravno-prodajne režije. To je posebno značajno za sječu i izradu, koja predstavlja kombinaciju strojno-ručnog rada, odnosno rad motorne pile prati i veliki udio

manuelnog rada, naročito kod izrade cijepanih sortimenata liščara i celuloznog drveta četinarara.

Literatura

1. Backhaus, G. (1985): Beurteilen von Leistungen bei verschiedenen Waldarbeiten. (Ocjenuvanje učinka pri različitim šumskim radovima). Mehanizacija šumarstva, br. 7-8, str. 214-217, Zagreb
2. Backhaus, G. (1988): Untersuchungen des Arbeitsgegenstandes im forstlichen Arbeitstudium. (Istraživanje predmeta rada pri studiju rada u šumarstvu). Mehanizacija šumarstva, br. 7-8, str. 102-108, Zagreb
3. Beber, J., Bojanin, S. (1983): Specifične karakteristike istraživanja rada u eksploataciji šuma. Zbornik Opatija, str. 99-107
4. Bedžula, D. (1983): Problematika usporedjivanja efikasnosti primjene razne mehanizacije u približno jednakim uvjetima rada. Zbornik Opatija, str. 7-14
5. Bojanin, S. (1974): Primjena metode trenutačnih opažanja (MTO) studija vremena kod obaranja i izrade jelovih stabala. Šumarski list br. 12, Zagreb
6. Bojanin, S. (1981): Veličine-činioci u radnom procesu eksploatacije šuma i njihovo mjerenje. Biblioteka mehanizacije, br. 3, str. 13-22, Zagreb
7. Bojanin, S., Sever, S. (1977-78): Kalkulacije troškova rada strojeva u eksploataciji šuma. Mehanizacija šumarstva, br. 5-6, str. 145-157; br. 7-8, str. 207-214; br. 9-10, str. 258-273; br. 3-4(1978), str. 62-78, Zagreb
8. Boyd, J., Novak, W. (1985): A Method of Comparing Logging System and Machine Concepts - Estimate Wood Cost Productivity and Investment needs for 84. Logging System Combinations. Mehanizacija šumarstva, br. 11-12, str. 263-278, Zagreb
9. Conway, S. (1986): Logging practices. Principles of timber harvesting systems. Miller Freeman Publications, str. 1-432
10. Dereta, B. (1986): Motorne pile. Školska knjiga Zagreb, str. 1-150. Zagreb
11. Doležal, B. (1984): Štete u šumi izazvane primjenom mehanizacije. Dokumentacija za tehniku i tehnologiju u šumarstvu. Jugoslavenski poljoprivredno-šumarski centar. Služba šumske proizvodnje, br. 8, str. 1-48, Beograd
12. Gerdsen, G. (1984): Verminderung der Belastung des Waldes durch Einsatz Neuerer Sägekettenöle. Forsttechnische Informationen br. 34., str. 39-40
13. Igrčić, V. (1983): Ocjena potrošnje goriva za pogon strojeva u iskorišćavanju šuma šumarstva Hrvatske u 1983 godini. Zbornik radova savjetovanja Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi, str. 497-504, Opatija
14. Johnston, B.D. (1979): Fuel and energy use in a costal logging operation FERIC, TN-32, Pointe Claier, str. 25.
15. Jovanović, B. (1980): Istraživanje utroška vremena za dvije tehnologije rada kod eksploatacije bukovih šuma u SR Bosni i Hercegovini. Magistarski rad. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-248, Zagreb
16. Jovanović, B. (1990): Komparativno istraživanje tehničko-tehnoloških karakteristika traktora pri privlačenju drva. Doktorska disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1 - 423, Zagreb

17. Koščak, B., Horvat, D., Sever, S. (1995): Morfološka raščlamba tehničkih značajki rotositnilica. *Mehanizacija šumarstva*, br. 3, str. 137-144, Zagreb
18. Krohn, B. (1976): Beurteilung von Motorsägen. (Ocjena motornih pila). *Mehanizacija šumarstva*, br. 3-4., str. 110-116, Zagreb
19. Krohn, B. (1977): Information über DLG-FPA - geprüfte Motorsägen. (Obavjest po DLG-FPA ispitanim motornim pilama). *Mehanizacija šumarstva*, br. 9-10, str.277-278, Zagreb
20. Krohn, B. (1979): Beurteilung bei der Motorsägenenprüfung.(Ocjenjivanje pri ispitivanju motornih pila). *Mehanizacija šumarstva*, br. 3-4, str. 88-98, Zagreb
21. Kulušić, B. (1977): Iskorišćavanje šuma. Proizvodnja drvnih sortimenata. Šumarski fakultet u Sarajevu, str. 1-291
22. Kulušić, B., Jovanović, B. (1977): Istraživanje produktivnosti i ekonomičnosti rada traktora gusjeničara BNT-75 na primicanju i privlačenju drveta. *Mehanizacija u šumarstvu*, br. 6, str. 1-57, Sarajevo
23. Kulušić, B., Jovanović, B., Šobot, S. (1986): Mogućnosti racionalizacije i unapredjenja radova u iskorišćavanju mješovitih šuma bukve, jele i smrće, Šumarski fakultet u Sarajevu, str. 1-47
24. KWF (1980): Forsttechnik und Mechanisierung (Šumska tehnika i mehanizacija). *Mehanizacija šumarstva*, br. 7-8, str. 311-326; br. 9-10, str. 397-406; br. 11-12, str. 463-479, Zagreb
25. Martinić, I. (1987): Perspektive razvoja metoda rada i tehnike u šumarstvu. *Mehanizacija šumarstva*, br. 5-6, str.85-91, Zagreb
26. Martinić, I. (1992): Tri razine primjene studija rada u šumarstvu Hrvatske. *Mehanizacija šumarstva*, br. 3-4, str. 75-77, Zagreb
27. Martinić, I., Vondra, V. (1989): Elementi planiranja i njihovo ostvarenje pri sječi i izradi drva. *Mehanizacija šumarstva*, br. 1-2, str. 11-18, Zagreb
28. Matošević, I. (1983): Oštrač u procesu proizvodnje na sječi i izradi drva. Zbornik radova savjetovanja *Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi*, str. 237-243, Opatija
29. Matvejko, A.P. (1975): Tehnologija i mašine lesosečnih i lesovostanovitelnih rabot. *Viša škola*, str. 1-52
30. Pampel, W. (1984): Grundlagen der Forsttechnik und Forsttechnologie. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, str. 1-260
31. Rebula, E. (1983): Mehanizacija rada i njegova proizvodnost. Zbornik radova savjetovanja *Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi*, str. 53-61, Opatija
32. Rebula, E. (1985): Potrošnja goriva i maziva pri sječi i izradi drva. *Mehanizacija šumarstva*, br. 5-6, str. 67-69, Zagreb
33. Rebula, E. (1986): Vlačenje ili vožnja pri transportu gozdnih sortimenata. (Vuča ili vožnja pri transportu šumskih sortimenata). *Strokovna i znanstvena dela* br. 77. *Mehanizacija šumarstva*, br. 1-2, str.3-20; br. 3-4, str. 33-49, Zagreb
34. Rupert, D. (1982-1985): Aus der Arbeit des FPA. (Iz rada FPA). *Mehanizacija šumarstva*, br. 1-2 (1982), str. 49-52, br. 9-10 (1982), str. 282-283; br.7-8 (1984), str. 164-171; br. 9-10 (1985), str. 237-241, Zagreb
35. Samsel, I. (1985): Winch and cable systems. Martinus Nijhoff. Dr. W. Junk Publishers Dordrecht, str. 1-359

36. Sever, S. (1980): Masa kao pokazatelj kod gradnje strojeva za mehanizirane radove u šumarstvu. Zbornik radova savjetovanja iz oblasti šumarstva, drvne industrije i industrije celuloze i papira, Sarajevo. Mehanizacija šumarstva, br. 9-10, str. 370-387, Zagreb
37. Sever, S. (1981): Zamisao stvaranja centra za ispitivanje mehanizacije šumarstva. Biblioteka mehanizacije, br. 3, str. 37-47, Zagreb
38. Sever, S., Horvat, D. (1987): Gradnja šumarske opreme u SR H. Mehanizacija šumarstva, br. 11-12., str. 188-193, Zagreb
39. Sever, S., Horvat, D., Golja, V., Risović, S. (1989): Neki rezultati istraživanja potrošnje goriva na radovima proređa sastojina. Mehanizacija šumarstva, br. □, str. 49-54, Zagreb
40. Strehlike, E.G., Sterzik, H., Strehlike, B. (1970): Forstmaschinenkunde. Hamburg und Berlin, str. 1-277
41. Sundberg, U., Svanquist, N. (1986): Fuel better than time as indicator of true machine costs? Referat na 18th IUFRO World Congress, Division 3 - Forest operations and techniques, Ljubljana, str. 1-8
42. Tomanić, S. (1974): Racionalizacija rada pri sječi i izradi i privlačenju drva. Doktorska disertacija. Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1-468, Zagreb
43. Tomanić, S. (1998): Razvoj metoda i sredstava rada.- Mehanizacija šumarstva, br.1., str. 25-29, Zagreb
44. Trohar, V. (1980): Upute za ispitivanje motornih pila lančanica. Mehanizacija šumarstva, b. 5-6, str. 207-218, Zagreb
45. Trohar, V. (1980): Upute za ispitivanje motornih pila. Mehanizacija šumarstva, br. 5-6, str. 206-218, Zagreb
46. Trohar, V. (1983): Smanjenje utroška goriva motornih pila. Zbornik Opatija, str. 387-408
47. Turk, Z. (1977): Metodika kalkulacije ekonomičnosti strojnog rada u šumarstvu, Ljubljana
48. Vengust, F. (1985): Analiza porabe goriva in maziva pri GG Postojna v letih 1982 i 1983, GV br. 42, str. 130-134, Ljubljana
49. Vondra, V. (1993): Podloga za objektivniju kalkulaciju cijene rada motorne pile. Mehanizacija šumarstva, br. 2., str. 47-60, Zagreb
50. Vondra, V., Bogojević, S. (1994): Prinos znanju o upotrebi srednjeg skidera Eco-trac V organizacijskim i ekonomskim pokazateljima rada. Mehanizacija šumarstva, br. 4, str. 247-258, Zagreb
51. Werner, M. (1986): Development in new ways forms in Swedish forestry. referat na 18th IUFRO World Congress, Division 3. Forest operations and technique. str. 382-394, Ljubljana

Summary

To discuss established aim, in this paper are used information of chain saw characteristics presented by two chain saw producer that are the most present in forestry in Bosnia and Herzegovina. Data of chain saw application in technological process and

calculation elements were undertaken from the forest enterprises that use the normative evaluated in own research. Regression analyses from software packages Excel is used for data analyzing. Morphological analyze contains four main basic characteristics - piston displacement (V_c), chain saw mass (m), engine power (P_m) and market price of chain saw (C), then three calculated characteristics -unit mass (g_m), unit volume (V_m) and piston displacement/mass relation. High values of correlation between analyzed characteristics are found. Also, we do not present ergonomical and ecological characteristics here, because they are not subject of research. This characteristics and previous mentioned main characteristics show the trend of keeping or reducing chain saw mass related to keeping or increasing chain saw power. Trends directs clearly on producers efforts to produce chain saw that it could follow technological requests and also has acceptable mass. Of course, it must be paid by higher price. Chain saws need higher consumption of fuel and oils for small assortments (splitwood and pulpwood). Calculations costs of chain saw include following costs: fuel and oils, services parts, depreciation, repair and maintenance. Comparison of costs exhibits higher costs in cutting and wood conversion broadleaves assortment than conifer assortments. Costs for cutting and conversion small assortments are higher than this costs for roundwood. In this paper, forestry-specialist is informed about possibilities to analyze development of trends in forestry tools, intending to avoid supply and application technical-technological "old-fashion" tools. Using applied work-time study and presented calculation of costs chain saw work, it is possible to evaluate and conform application some tools in technological processes.