

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Primož BIZJAK

**RAZVOJ MOTORNIH VERIŽNIH ŽAG IN NJIHOVE
TEHNIČNE IZBOLJŠAVE**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

Spodnja Idrija, 2007

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Primož BIZJAK

RAZVOJ MOTORNIH VERIŽNIH ŽAG IN NJIHOVE TEHNIČNE
IZBOLJŠAVE

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

DEVELOPMENT OF CHAINSAWS AND THEIR TECHNICAL
IMPROVEMENTS

GRADUATION THESIS
Higher studies

Spodnja Idrija, 2007

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Katedri za gozdno tehniko in ekonomiko Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je dne 29.8. 2007 za mentorja diplomskega dela imenovala dr. Jurija Marenče in za recenzenta prof. dr. Boštjana Koširja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki identična tiskani verziji.

Primož Bizjak

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn

DK GDK 362.7(043.2)=163.6

KG motorne verižne žage/ročna orodja/naprave/razvoj/tehnične izboljšave

KK

AV BIZJAK, Primož

SA MARENČE, Jurij (mentor)

KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83

ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

LI 2007

IN RAZVOJ MOTORNIH VERIŽNIH ŽAG IN NJIHOVE TEHNIČNE IZBOLJŠAVE

TD Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij)

OP XI, 88 str., 9 pregl., 56 sl., 2 pril., 35 vir.

IJ sl

JI sl/en

AL Motorna verižna žaga je stroj, ki v današnji gozdni proizvodnji predstavlja pomembno delovno sredstvo. Zato je nujno potrebno poznavanje njenega razvoja, ključnih tehničnih mejnikov in izboljšav. V diplomskem delu smo najprej predstavili obdobje pred uvedbo motornih verižnih žag, ko so bila v uporabi ročna orodja in različni stroji. Osnove delovanja omenjenih predhodnikov motornih žag so predstavljala podlago za razvijanje idej pri izdelavi novih delovnih sredstev, kot je motorna verižna žaga. Za gozdna opravila, kjer so prisotne specifične razmere, so bili potrebni lahki, prenosni in učinkoviti stroji. Razmerje masa/moč je predstavljalo ključen dejavnik v razvoju motornih verižnih žag. Še danes proizvajalci stremijo k zmanjšanju razmerja masa/moč in posledično k razvijanju vedno bolj zmogljive motorne verižne žage. Zaradi vpliva različnih dejavnikov, kot so bili ustaljenost uporabljanja ročnega orodja in naprav, odpor do uvajanja novih strojev, vpliv druge svetovne vojne, ipd. je razvoj dvoročnih motornih verižnih žagah v smislu tehničnih in ergonomskih izboljšav stagniral. Enoročna motorna verižna žaga pa je pomenila novost,

pri kateri so se tehnične izboljšave hitro uvajale. Sodobna motorna verižna žaga ima tako vse tehnične in ergonomske izboljšave, ki so potrebne za učinkovito, varno in čimbolj uspešno opravljanje različnih del v gozdu.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Gt
DC FDC 362.7(043.2)=163.6
CX chainsaws/hand tool/mechanism/development/technical improvements
CC
AU BIZJAK, Primož
AA MARENČE, Jurij (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources
PY 2007
TI DEVELOPMENT OF CHAINSAWS AND THEIR TECHNICAL IMPROVEMENTS
DT Graduation thesis (Higher studies)
NO XI, 88 p., 9 tab., 56 fig., 2 ann., 35 ref.
LA sl
AL sl/en
AB In presentday forest production a motor chainsaw represents a machine of utmost importance. That is why it is crucial that we understand key landmarks and technical innovations in the evolution of the chainsaw development. Firstly we represented the period before the introduction of chainsaw usage in which workers used hand tools and machines, that is chainsaw predecessors. Specific working conditions in forest always dictated the usage of light, portable and efficient machines. The mass/power relation was a key factor in development of motor chainsaws. Even today manufacturers strive to reduce this relation, which jointly leads to development of even more efficient chainsaw. There were no significant technical and ergonomical improvements in the period of two-man chainsaws. The reasons were commonness of hand tools, dislike to new machines and influence of wartime. On the other hand the introduction of one-man chainsaw ment a whole new spectrum of its quick technical evolution. A modern chainsaw has all technical and ergonomical improvements that are necessary for efficient, safe and effective work.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	V
Kazalo vsebine	VI
Kazalo preglednic	VIII
Kazalo slik	IX
Kazalo prilog	XI
1 UVOD	1
2 CILJI IN NAMEN DIPLOMSKEGA DELA	2
3 POMEN SEČNJE in RAZVOJ ROČNEGA ORODJA ZA SEČNJO	3
3.1 SEKIRA.....	4
3.2 ŽAGA	5
3.2.1 Dvoročna žaga.....	6
3.2.2 Enoročna žaga.....	9
3.3 RAZVOJ ROČNIH NAPRAV ZA ŽAGANJE IN PODIRANJE DREVES	10
4 RAZVOJ MOTORNE ŽAGE	14
4.1 MOTORNA ŽAGA GERBER.....	16
4.2 MOTORNA ŽAGA ARBOR	17
5 RAZVOJ VERIGE ZA ŽAGANJE	21
6 RAZVOJ MOTORNE VERIŽNE ŽAGE	26
6.1 PRVA VERIŽNA ŽAGA IN PRVI POSKUSI UPORABE MOTORNE VERIŽNE ŽAGE	28
6.1.1 Kirurška naprava Osteotome (Bernard Heine).....	28
6.1.2 Prvi patent verižne žage za žaganje lesa (Harvey Brown).....	28
6.1.3 Poskus z verižno žago na zrak.....	29
6.1.4 Naprava iz Kalifornije (R.L.Muir)	30
6.1.5 Poskus z motorno verižno žago na bencin.....	31
6.1.6 Polprenosna motorna verižna žaga <i>Dow low stump</i>	31
6.2. PRENOSNE MOTORNE VERIŽNE ŽAGE	32

6.2.1 Motorna verižna žaga Sector (A.V. Westfelt)	33
6.2.2 Charles Wolf in prva komercialno uspešna motorna verižna žaga	35
6.3 OBDOBJE DVOROČNIH MOTORNIH VERIŽNIH ŽAG	41
6.3.1 Začetki razvoja in izdelave dvoročne motorne verižne žage v Evropi	41
6.3.1.1 Prva dvoročna bencinska motorna verižna žaga	42
6.3.1.2 Andreas Stihl in razvoj motorne verižne žage	43
6.3.1.3 Dolmar – še en nemški začetnik v razvoju motorne verižne žage	44
6.3.2 Začetki razvoja in izdelave dvoročne motorne verižne žage v Severni Ameriki	46
6.3.3 Začetek zlate dobe razvoja motorne verižne žage	48
6.3.4 Tehnične izboljšave in novosti dvoročne motorne verižne žage	49
6.4 OBDOBJE ENOROČNE MOTORNE VERIŽNE ŽAGE	51
6.4.1 Uvajanje enoročne motorne verižne žage	51
6.4.1.1 Prva enoročna motorna verižna žaga	52
6.4.2 Uspeh in prodor uporabe enoročne motorne verižne žage	53
6.4.3 Motorna verižna žaga na diesel pogon	59
6.4.4 Motorna verižna žaga z Wanklovim motorjem	60
7 TEHNIČNE IZBOLJŠAVE IN NOVOSTI MOTORNE VERIŽNE ŽAGE	63
7.1 PRIMERJAVA GLAVNIH SESTAVNIH DELOV STAREJŠE IN NOVEJŠE MOTORNE VERIŽNE ŽAGE	63
7.2 NAJPOMEMBNEJŠE TEHNIČNE IZBOLJŠAVE IN NOVOSTI SESTAVNIH DELOV POMEMBNIH ZA DELOVANJE	66
7.3 MASA IN MOČ MOTORNIH VERIŽNIH ŽAG	71
7.4 RAZVOJ IZBOLJŠAV SESTAVNIH DELOV POMEMBNIH ZA VARNOST	74
8 RAZPRAVA IN SKLEPI	81
9 POVZETEK	83
10 VIRI	85
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Najpomembnejši proizvajalci in leto izdelave njihove prve enoročne motorne verižne žage.....	54
Preglednica 2: Razvrstitev nekaterih motornih verižnih žag na podlagi najpomembnejših ergonomskih, tehničnih in ekonomskih kazalcev po raziskavah z leta 1965.....	56
Preglednica 3: Primerjava tehničnih podatkov treh značilnih tipov motornih verižnih žag za določeno skupino	58
Preglednica 4: Tehnični podatki <i>Stihl BLK</i> in <i>Dolmar PS-7900</i>	63
Preglednica 5: Primerjava sestavnih delov med starejšo in novejšo motorno verižno žago	64
Preglednica 6: Seznam proizvajalcev in leto izdelave njihove prve motorne verižne žage na neposredni pogon.....	69
Preglednica 7: Masa nekaterih dvoročnih motornih verižnih žag	72
Preglednica 8: Zmanjševanje mase dvoročnih in enoročnih motornih verižnih žag <i>McCulloch</i> po letih	73
Preglednica 9: Tehnične izboljšave podjetja <i>Stihl</i> glede na leta uvedbe	79

KAZALO SLIK

Slika 1: Dvoročna žaga	6
Slika 2: Zgoraj žaga za podiranje dreves, spodaj žaga za žaganje posekanega lesa.....	7
Slika 3: Sestavni deli in pomembni elementi kombiniranega zobovja ročne žage.....	8
Slika 4: Nekatere vrste zobovij dvoročnih žag	9
Slika 5: Hamiltonov stroj za podiranje drevja iz leta 1861.....	10
Slika 6: Naprava za podiranje dreves iz leta 1856.....	11
Slika 7: Patent naprave za žaganje iz leta 1882	12
Slika 8: Žaga v horizontalnem položaju za podiranje drevja.....	13
Slika 9: Patentirana objemka in napetostna naprava za žagin list	13
Slika 10: Ransomejeva žaga	14
Slika 11: Motorna žaga	15
Slika 12: Motorna žaga <i>Gerber</i>	16
Slika 13: Motorna žaga <i>Gerber</i> pri prenašanju.....	17
Slika 14: Motorna žaga <i>Arbor A</i> pri prenašanju	18
Slika 15: Motorna žaga <i>Arbor 2</i> pri podiranju drevja.....	19
Slika 16: Motorna žaga <i>Arbor 3</i>	19
Slika 17: Motorna žaga <i>Wright B-520</i> iz leta 1963.....	20
Slika 18: Ročna veriga za žaganje	22
Slika 19: Veriga <i>Wolf</i> z gonilnim kolescem	22
Slika 20: Tričlenkasta veriga <i>Stihl</i>	23
Slika 21: Veriga <i>Disston</i> z ravnimi zobmi rezilci in čistilci	23
Slika 22: Patent verižne žage z brezkončno členkasto verigo iz leta 1920.....	27
Slika 23: Kirurška naprava <i>Osteotome</i>	28
Slika 24: Prvi patent verižne žage za žaganje lesa iz leta 1858.....	29
Slika 25: Verižna žaga R.L.Muir	30
Slika 26: Verižna žaga <i>Dow low stump</i> v položaju za podiranje drevesa (zgoraj) in v položaju za prežagovanje (spodaj)	32
Slika 27: Pnevmatška verižna žaga <i>Danarm</i> iz leta 1952.....	33
Slika 28: Veriga <i>Sector</i>	34
Slika 29: Ločna motorna verižna žaga <i>Sector</i> iz leta 1924.....	34

Slika 30: Podiranje drevesa z ločno motorno verižno žago <i>Sector</i>	35
Slika 31: Veriga <i>Brute</i> iz leta 1911	36
Slika 32: Letev (6), gonilno kolesce (5), veriga (7) in pomožni ročaj (8,9) na verižni žagi <i>Wolf</i>	38
Slika 33: Oljni rezervoar v letvi.....	38
Slika 34: Pnevmatška verižna žaga <i>Wolf</i>	39
Slika 35: Dvoročna motorna verižna žaga na bencinski pogon <i>Wolf</i> iz leta 1931.....	39
Slika 36: Dvoročna motorna verižna žaga <i>AKCO B660.66</i> iz leta 1927	41
Slika 37: Prva prenosna dvoročna motorna verižna žaga na svetu – <i>Rinco</i>	42
Slika 38: Pogonska enota dvoročne motorne verižne žage <i>Rinco</i>	43
Slika 39: <i>Dolmar A</i>	45
Slika 40: <i>Dolmar C</i> iz leta 1933	46
Slika 41: Sodelovanje dveh mož pri podiranju drevesa.....	47
Slika 42: Osnovni sestavni deli dvoročne motorne verižne žage <i>Mall 4</i> izdelane leta 1941	50
Slika 43: Značilni mazalni sistem dvoročne motorne verižne žage.....	50
Slika 44: Prva enoročna motorna verižna žaga na svetu <i>IEL Beaver</i>	53
Slika 45: <i>Comet S</i> (tretja različica prve motorne verižne žage na diesel pogon) s posodo, kjer je shranjen propan	60
Slika 46: Prva in edina motorna verižna žaga z Wanklovim motorjem na svetu <i>Dolmar KMS-4</i>)	61
Slika 47: Glavni sestavni deli modela <i>Stihl BLK</i> iz leta 1954.....	65
Slika 48: Glavni sestavni deli modela <i>Dolmar PS-7900</i> iz leta 2003	65
Slika 49: Prva motorna verižna žaga z membranskim uplinjačem (<i>McCulloch 3-25</i>)	67
Slika 50: Prva motorna verižna žaga z neposrednim pogonom na svetu (<i>IEL HA</i>).....	69
Slika 51: Zmanjševanje razmerja masa/moč motornih verižnih žag <i>Dolmar</i> po letih.....	73
Slika 52: Zmanjševanje razmerja masa/moč motornih verižnih žag <i>Stihl</i> po letih.....	74
Slika 53: Jeklene vzmeti so sestavni deli antivibracijskih sistemov	75
Slika 54: Sestavni deli električno ogrevanih ročajev	76
Slika 55: Sestavni deli elektronskega vžigalnega sistema	78
Slika 56: Dekompresijski ventil.....	79

KAZALO PRILOG

Priloga A: Seznam motornih verižnih žag *Stihl*

Priloga B: Seznam motornih verižnih žag *Dolmar*

1 UVOD

Prvotni problem človeka je bil, kako prilagoditi naravne sile iz svojega okolja, da bi namesto njega opravljale določeno delo. Ta proces je trajal več tisočletij in je bil najpomembnejši med letoma 500 pr. n. št in 1500 n. št. V tem času so izumili pomembne mehanske stroje, ki so prevladovali vse do izuma parnega stroja, električne energije in motorjev z notranjim izgorevanjem. Vsem strojem je bilo lastno krožno gibanje (kolo, zobniki, jermenica). Naj omenimo mlin, horizontalno vodno kolo, vertikalno vodno kolo, vetrnico, itd. Cilj tega razvoja je bil povezan s pridelovanjem hrane, ki je bila omejujoč dejavnik pri razvoju civilizacij (namakanje, izsuševanje, oranje, predelava pridelkov). Zelo pomembno je bilo tudi gradbeništvo (gradnja bivališč, grobnic, svetišč, spomenikov). S pridelovanjem hrane je bil povezan tudi transport blaga (trgovina) in gradnja infrastrukture, ki je omogočala transport (pristanišča, mostovi, ceste, kanali, jezovi, itd.). V tem procesu so orodja postopoma nadomeščali stroji (Košir, 1997).

Motorna verižna žaga je stroj za žaganje lesa, nadomešča ročna orodja in je v mnogih deželah še vedno osnovno orodje gozdnega delavca-sekača. V primerjavi z ročno žago lajša naporno fizično delo in obenem omogoča racionalizacijo sečnje in izdelave gozdnih lesnih sortimentov.

Motorna verižna žaga je uporabno in mnogonamensko orodje. Poleg profesionalne uporabe je zelo uporabna tudi za neprofesionalno delo; npr. za razna dela okrog hiše, uporabo v sadjarstvu ali celo pri umetniškem oblikovanju lesa. Je izjemno pomembno tehnično sredstvo današnjega časa, brez katerega si nekaterih opravil ne moremo več predstavljati. Leta 2008 bo preteklo 150 let od prvega uradnega patenta verižne žage (Brown, 1858). Letos mineva 83 let od izdelave prve dvoročne motorne verižne žage in 63 let od izdelave prve enoročne motorne verižne žage (Lee, 2006). Razvoj in številne tehnične izboljšave motorne verižne žage so prispevali pomembne tehnične dosežke in spremembo načina dela pri sečnji in izdelavi gozdnih lesnih sortimentov.

2 CILJI IN NAMEN DIPLOMSKEGA DELA

V diplomskem delu želimo prikazati in predstaviti razvoj motorne verižne žage predvsem s tehničnega vidika. V analizo smo zajeli celoten razvoj motornih verižnih žag in upoštevali proizvajalce, ki so kakorkoli sodelovali ter bili pomembni pri razvoju motorne verižne žage. Časovno smo poskusili opredeliti vse pomembnejše letnice, trenutke in najpomembnejše dogodke pri razvoju motorne verižne žage. V nalogi smo opredelili in predstavili tehnične izboljšave in novosti, ki so jih trgu ponudili in jih še ponujajo proizvajalci motornih verižnih žag. Tudi pri tej raziskavi smo natančno opredelili časovni okvir in posameznika oz. podjetje, ki je tehnično izboljšavo uvedlo prvo.

Cilji diplomskega dela:

- predstaviti obdobje pred uvedbo motornih verižnih žag, ko so večinoma uporabljali ročna orodja in različne stroje,
- prikazati razvoj motorne verižne žage in verige,
- opredeliti pomembnejše razlike med različnimi znamkami in tipi žag,
- primerjati staro in novejšo motorno verižno žago,
- opisati pomembnejše tehnične in ergonomске izboljšave.

3 POMEN SEČNJE IN RAZVOJ ROČNEGA ORODJA ZA SEČNJO

Gozdarstvo je panoga gospodarstva, kamor je mehanizacija zelo počasi prodirala. Najprej se je mehanizacija pojavila v transportu, kjer je imela najboljše pogoje za razvoj. Uporaba mehanizacije se je pri sečnji in izdelavi gozdnih lesnih sortimentov uveljavila kasneje. Sečnja predstavlja delovno fazo, s katero začnemo vsako tehnologijo pridobivanja lesa, v kateri izvajamo različne postopke (podiranje drevesa, kleščenje vej, krojenje, prežagovanje, lupljenje, sproščanje obvislega drevesa in prehode od drevesa do drevesa).

Ročno orodje gozdnega delavca se je razvilo za potrebe ročnega dela pri sečnji, vendar se je kasneje, ko se je pri sečnji pojavila motorna žaga, razvijalo naprej. Mnogih ročnih orodij danes ne uporabljamo več, ali vsaj ne več v tolikšni meri. Nekatera orodja pa so preživela modernizacijo postopkov pri sečnji, le da so se prilagodila in spremenila tako obliko, kot tudi material, včasih pa tudi namen (npr. sekira). Poleg tega pa so se pojavila povsem nova delovna orodja, ki so bila prilagojena novim tehnikam dela (npr. ročne žage).

Prva orodja v razvoju človeka niso pomenila učlovečenja modernega človeka temveč so pomenila razvoj prvih hominidov. Najstarejša orodja, ki so stara okoli 500.000 let, sta uporabljala t. i. javanski (*Pithecanthropus erectus*) in pekinški človek (*Homo erectus*). Prvi hominidi so opustili orodje, ki jim je služilo za oblikovanje naravnih materialov: za tolčenje, sekanje, rezanje, strganje in cepljenje (Košir, 1997).

Prva orodja, ki so služila kot sekire, a niso bila nasajena na ročaj, zasledimo že v zgodnjem paleolitiku pri abbevillianski kulturi v Afriki in Indiji (Hawkes, 1967). Razna sekalna in druga podobna orodja (npr. za dolbenje lesa) najdemo kasneje pri mnogih drugih kulturah iz zgodnjega paleolitika, kot so čukutjenska, mousterienska, sangovska in druge. V poznem paleolitiku je aurignacienska kultura prva uporabljala koščena orodja, medtem, ko pri gravettijski kulturi zasledimo slonokoščene kline, ki so služile za cepljenje lesa (Košir, 1997).

3.1 SEKIRA

Med mnogimi kulturami, ki so v mezolitiku naseljevale prostranstva Evrope so mnoga že znala izdelovati tudi orodje za sečnjo dreves in obdelavo lesa. Prva prava sekira za podiranje dreves iz jelenovega roga je nastala v času lyngbyjske kulture v predelih današnje severne Nemčije, Poljske in južne Skandinavije. Orodje so uporabljali za podiranje dreves in izdelavo dolbljenih čolnov. Pri izdelavi sekir so z brušenjem naredili ostrino, ki je bila kot pri sodobni sekiri vzporedna z osjo toporišča, pri tesači, pa je bila ostrina pravokotna na os toporišča. Učinkovitejše od roga so bile sekire iz kremena, ki jih najdemo pri maglemoški in kundski kulturi (prav tako iz severne Evrope). Ti ljudje so izdelovali težke sekire iz kremena. Le-te predstavljajo najučinkovitejše orodje za sečnjo, ki ga je bilo mogoče narediti iz kamna. Različne oblike in stopnje pri obdelavi kamnitih sekir najdemo pri drugih poznejših kulturah, ki so, čeprav odvisne od lova, potrebovale tudi orodje za sečnjo lesa in njegovo kasnejšo obdelavo. Nekateri izdelki iz tega časa kažejo na veliko spretnost pri izdelavi (Košir, 1997).

Kamnite sekire iz neolitika, ki so imele gladko izdelavo, so nasajali na dolga toporišča. Neolitski človek je potreboval les za kurjavo, orodja, bivališča, pasti, čolne,... (Hawkes, 1967). S pričetkom izdelave keramike (žgana glina) so uporabljali les in oglje tudi za kurjenje lončarskih peči, z iznajdbo tehnologije pridobivanja in obdelave kovin pa so se pojavile bakrene (3500 let pr.n.št.), bronaste (1500 let pr.n.št.) in nato železne sekire, ki so bile v primerjavi s kamnitimi trajnejše in učinkovitejše (Košir, 1997).

Večina sodobnih sekir ima jeklena rezila in lesena toporišča, vendar se v zadnjem času pojavljajo tudi držala iz plastike in drugih umetnih materialov. Pri sečnji uporabljamo sekire za kleščenje in sekire za cepljenje. Nekdaj so gozdni delavci uporabljali tudi sekire za tesanje, vendar le pri izdelavi različnih proizvodov iz lesa. Danes se pri sečnji sekire redko uporabljajo, bolj pogosto se uporabljajo pri izdelavi prostorninskega lesa (Ude, 1987).

3.2 ŽAGA

Na egiptovskih stenskih slikah iz leta 1500 pr. n. št., ki prikazujejo žaganje desk in njihovo polaganje v vertikalni ravnini na tla, že lahko potrdimo uporabo kamnitih žag. Rezilo je bilo najverjetneje brez zob in izdelano iz kremenčevega peska, ki je deloval kot strgalo. V Veliki piramidi v Egiptu so še vedno vidni sledovi uporabe kamnite žage (History of saws, 2007).

Kasnejša grška legenda pravi, da je žago izumil Talus, nečak Dedalusa, ko je v igri opazoval kačjo lobanjo polno ostrih zob (Košir, 1997).

Bakrena žaga je bila ena od prvih velikih inovacij kovinskih dob. Razvili so jo iz taljenega bakra in jo uporabljali za razrez različne hrane. Po bakreni dobi je žaga postala splošno razširjena tudi pri delu z lesom. Takratna žaga je bila zelo podobna današnjim.

Žago izdelano iz železa so začeli izdelovati sredi 7. stoletja pr.n.št. Rimljani so dodali žagi nove izboljšave, ki so naredile delo lažje. Dodali so npr. ojačan del na hrbtišču žage, kar je onemogočalo zvijanje žaginega lista.

V 17. stoletju so proizvajali vedno več kakovostnega jekla v obliki ozkega in dolgega lista za izdelavo vseh tipov žaginih listov. Na osnovi takšnega jekla, še danes izdelujejo žagine liste.

Žaga se je v začetku uveljavila predvsem pri predelavi posekanega lesa in kot mizarско orodje, z izboljšanjem materialov pa so žago nato uporabljali pri podiranju in izdelavi gozdnih lesnih proizvodov (History of saws, 2007).

Ločimo dvoročne in enoročne žage (Turk, 1956). Z dvoročnimi žagami delata vedno dva delavca, enoročne žage pa so namenjene delu enega samega delavca. Nekatere enoročne žage lahko z dodajanjem ročaja spremenimo v dvoročne žage, pri čemer lahko žagamo v obe smeri (Košir, 1997).

3.2.1 Dvoročna žaga

V sredini 15. stoletja so začeli dvoročno žago v Evropi splošno uporabljati. V Severni Ameriki so med leti 1636 in 1681 začeli prežagovati posekan les z dvoročnimi žagami. Podiranje dreves z dvoročno žago pa se je začelo okrog leta 1880. Pred tem so gozdni delavci drevesa podirali z sekiro, posekan les pa nato prežagovali z ročnimi žagami. Dvoročne žage so dolgo časa uporabljali kot najbolj pogosto in učinkovito orodje pri sečnji (Miller, Perce, 2004) (slika 1).



Slika 1: Dvoročna žaga (Crosscut saw tasks and techniques, 2007:1)

Dvoročno žago razdelimo, glede na namen uporabe, na dvoročno žago za podiranje dreves in žago za prežagovanje posekanega lesa.

Žage za podiranje so namenjene predvsem za prežagovanje v horizontalnem položaju. Imajo uleknjen oz. konkaven hrbet, s čimer je zmanjšano trenje med žago in lesom, in so ožje od žag za prežagovanje posekanega lesa (slika 2). Zato imajo žage za podiranje sledeče pozitivne lastnosti:

- prilagodljivost (fleksibilnost),
- manjšo maso (posledično je pri uporabi takšne žage potrebno manj napora in energije za opravljanje dela),
- uporabnik lahko predčasno uporabi klin za podiranje (Crosscut saw tasks and techniques, 2007).

Dolžina dvoročne žage za podiranje drevja naj bi bila za en meter daljša od premera drevesa. Oblike ročajev so prav tako različne. Lahko se preprosto nasadijo na list ali pa

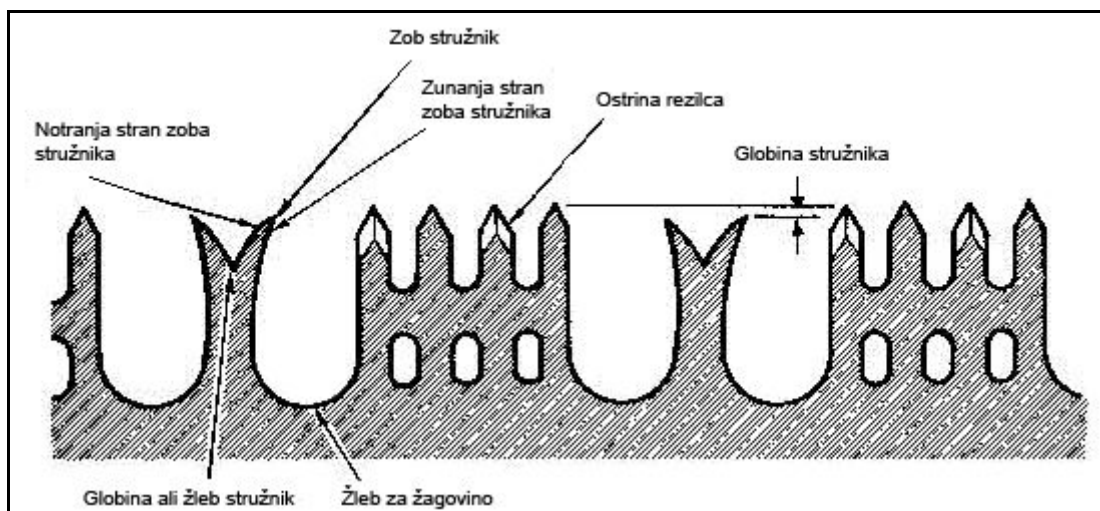
pričvrstijo z vijaki in objemkami. Boljši so ročaji, ki so ergonomsko prilagojeni dlani (Košir, 1997).

Žage za prežaganje posekanega lesa lahko uporabimo tudi za podiranje dreves. Nekatere žage so izdelane tako, da jih je možno uporabiti za oba delovna postopka. Imajo ravno hrbtišče, so debelejšje od žag za podiranje in s tem težje in bolj toge pri uporabi (Crosscut saw tasks and techniques, 2007).



Slika 2: Zgoraj žaga za podiranje dreves, spodaj žaga za žaganje posekanega lesa
(Crosscut saw tasks and techniques, 2007: 2)

Najpomembnejši del žage je zobovje, ki se pojavlja v številnih različicah. Če je simetrično, lahko žagamo v obe smeri, če pa je asimetrično, žagamo v eno stran. Zobovje je lahko enostavno - kadar so vsi zobje med seboj po obliki in funkciji enaki - ali pa kombinirano, če so zobje med seboj po obliki in funkciji različni (slika 3).

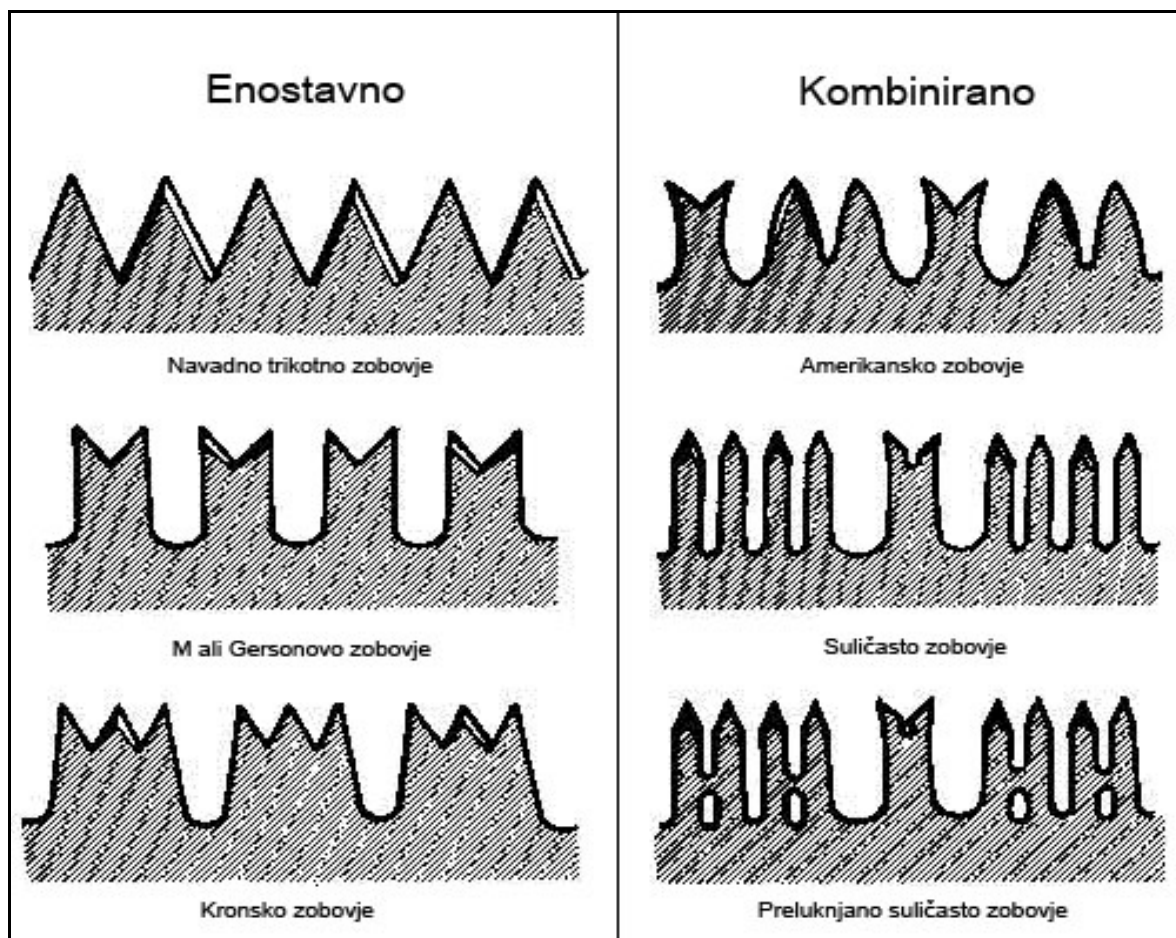


Slika 3: Sestavni deli in pomembni elementi kombiniranega zobovja ročne žage
(Crosscut saw tasks and techniques, 2007: 4)

Zobovje ima dve funkciji, rezanje lesa in izmet žagovine. Obe funkciji lahko opravlja isti zob (trikotno, M ali Gersonovo in Eulerjevo zobovje) ali pa je oblika zoba prilagojena njegovi funkciji in imamo pri takem zobovju dve obliki zobov (suličasto, ribje, ameriansko zobovje). V slednjem primeru govorimo o zobeh stružnikih in rezilcih (Košir, 1997).

V času največje uporabe dvoročnih žag so bila najbolj v uporabi (poleg raznih kombinacij) naslednja zobovja:

- navadno trikotno zobovje (navadno, prekinjeno z ravnim ali okroglim prehodom),
- kronsko zobovje,
- M ali Gersonovo zobovje,
- Eulerjevo zobovje,
- ribje zobovje,
- ameriansko zobovje (žaga amerikanka),
- suličasto zobovje.



Slika 4: Nekatere vrste zobovij dvoročnih žag (Miller, Perce, 2004)

Vse do 15. stoletja našega štetja je bilo na dvoročnih žagah samo navadno trikotno zobovje. Okrog leta 1400 so v Nemčiji razvili in uporabili "M" ali "Gersonovo zobovje" (Crosscut saw tasks and techniques, 2007). Vse do leta 1900 so Evropski gozdarski delavci še vedno uporabljali dvoročne žage z navadnim trikotnim zobovjem, le nekateri so žagali tudi z M zobovjem. Nedolgo zatem so izumili kombinirana zobovja z posebnimi zobmi imenovanimi stružniki ali čistilci, ki režejo lesna vlakna po sredini reza in svojimi pokončnimi boki hkrati izmetavajo žagovino. Rezilci režejo ob strani reza (Crosscut saw tasks and techniques, 2007). Kasneje so se pojavile še druge različice zobovij.

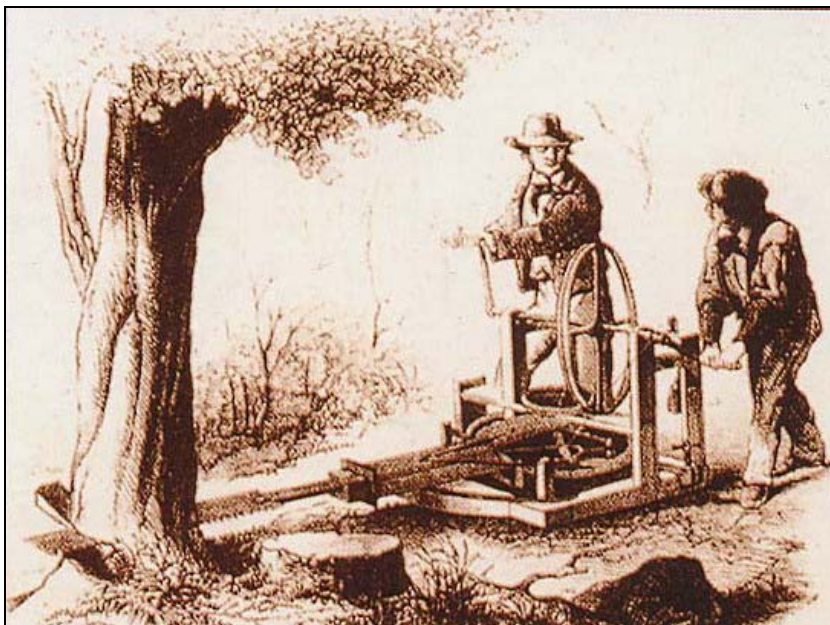
3.2.2 Enoročna žaga

Ločimo žage lokarice in lisičarke (lisičji rep). Po vrsti zobovja so te žage med seboj različne in podobno kot pri dvoročnih žagah, poznamo simetrično in asimetrično zobovje

(za gozdarske enoročne žage je bilo značilno simetrično zobovje) ali kombinirano oz. enostavno zobovje (Turk, 1956). Tudi enoročnih žag danes pri sečnji ne uporabljamo več. Pri negi gozdov pridejo v poštev še nekatere vrste enoročnih žag, vendar tudi pri gojitvenih delih različne naprave in delovni stroji nadomeščajo težko ročno delo (Košir, 1997).

3.3 RAZVOJ ROČNIH NAPRAV ZA ŽAGANJE IN PODIRANJE DREVES

Sečnja in z njo delovni postopek podiranja, je najvažnejše in hkrati najtežje gozdno opravilo. Zato so se že zgodaj začeli ukvarjati z mislijo, kako olajšati zamudno in naporno delo z ročnimi žagami. Prve uporabne stroje za podiranje drevja zasledimo v sredini 19. stoletja v Severni Ameriki. Iz leta 1860 je znan takoimenovani "Hamiltonov stroj za podiranje dreves" (slika 5). Deloval je po enakem principu, kot ročne žage. Žagin list je bil povezan s kolesom, ki ga je bilo treba poganjati ročno. Pri tem se je žagin list pomikal sem in tja.



Slika 5: Hamiltonov stroj za podiranje drevja iz leta 1861 (Le buchorennage, 2007)

Že pred tem so znani nekateri stroji, kjer je bila potrebna človeška moč za delovanje, ki pa se niso posebej dobro obnesli pri delu v gozdu (Remic, 1967).

Naprave za žaganje in podiranje drevja, ki so bile izdelane med leti 1859 in 1900 so nakazovale razvoj in mnogo idej so kasneje uporabili pri konstrukciji novih strojev na motorni pogon. Naprave so delovale na preprostih idejah o krožnem gibanju, vzvodih, škripcih, ročnih in nožnih pedalih, tehniki veslanja in na izmeničnem premikanju sem in tja. Žagalni del je bil še vedno žagin list. Omogočeno je bilo vertikalno žaganje posekanega lesa z menjavo lista žage v horizontalni položaj in tudi podiranje dreves. Glavna lastnost omenjenih naprav ni bil le napredek v mehanskem smislu glede na ročno žago, temveč tudi sprememba telesnega položaja sekača.

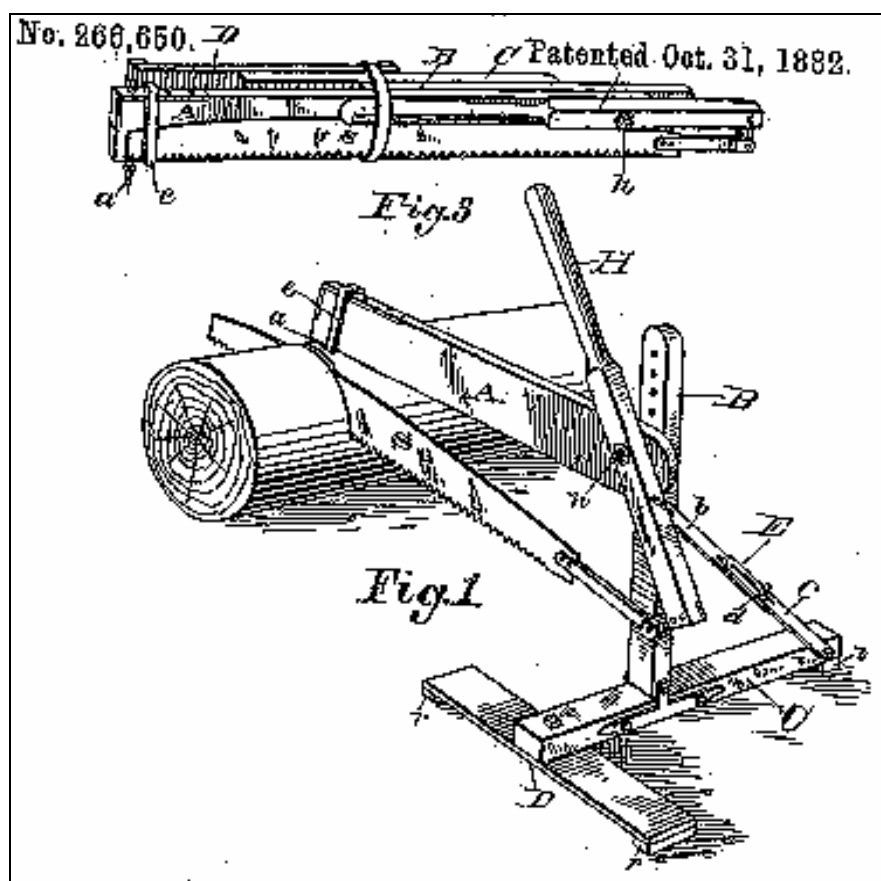
Leta 1856 je Rube Goldberg iznašel napravo za podiranje dreves (slika 6). Sestavljena je bila iz zobatega okroglega kolesa, ki se je ujemal oz. prilegal debelini drevesnega debla. Na notranji strani zobatega kolesa je bil trden in močan žagin list, na zunanji strani pa ročna gonilka. Z vrtenjem gonilke se je žagin list vedno globlje zažagoval v deblo (Lee, 2006).



Slika 6: Naprava za podiranje dreves iz leta 1856 (Lee, 2006: 20)

Prvo napravo za žaganje in podiranje dreves s pomočjo vzvoda je zasnoval v letu 1859 v Westervillu v Ohiu izumitelj Thomas Alexander. Leta 1882 je Marvin Smith iz New Buffala, zasnoval napravo za žaganje in podiranje (slika 7). Ta naprava je bila zelo podobna in je delovala po enakem principu, kot naprava Thomasa Alexandra, le konstrukcija naprave je bila drugačna. Žaga je bila dolga 2,15 m, in težka 22,7 kg. Leta 1890 je Marvin Smith za to napravo patentiral objemko (slika 9), ki pod stalno napetostjo prižema napravo k deblu in s tem onemogoča nenadzorovano stiskanje žage v rezu. 3. junija leta 1902 je Frank Pahls iz Chicaga, omenjeno žago izboljšal še z nekakšno napetostno napravo za žagin list (Human powered dragsaw, 2000).

Za pogon teh strojev in naprav je bila torej potrebna človeška moč. Delo je bilo sicer olajšano, toda bilo je še vedno počasno in naporno (slika 8).



Slika 7: Patent naprave za žaganje iz leta 1882 (Human powered dragsaw, 2000)



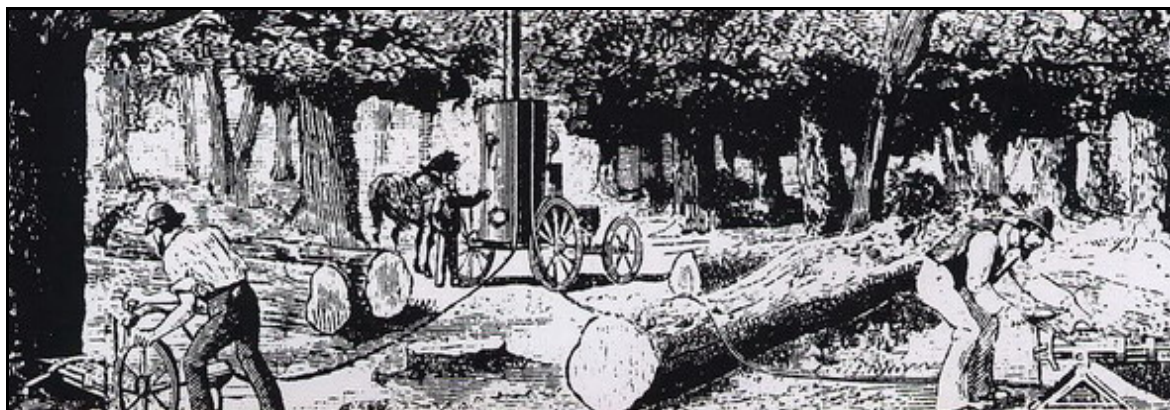
Slika 8: Žaga v horizontalnem položaju za podiranje drevja (Human powered dragsaw, 2000)



Slika 9: Patentirana objemka in napetostna naprava za žagin list (Human powered dragsaw, 2000)

4 RAZVOJ MOTORNE ŽAGE

Na raznih področjih človeške dejavnosti se je v tem času že močno uveljavljal parni stroj. V letu 1860 je bil izdelan prvi parni stroj za podiranje dreves (slika 10). Stroj se je imenoval po angleškem konstruktorju parnih strojev A. Ransomeju. Pogonska sila je bila para. Stroj je bil zelo težak in neokreten, kajti parni kotel s parnim strojem je bil nameščen posebej, pogon pa speljan z gibljivo cevjo do žaginega lista, ki se je premikal sem in tja ter tako prežagoval deblo (Remic, 1967). Posamezen žagin list je bil direktno povezan z enovaljnim motorjem in batom motorja. Brez parnega kotla je posamezna žaga tehtala 273 kg. Stroj je potreboval redno dobavo velikih količin vode in goriva. Doživel je kar precejšen uspeh in so ga uporabljali v Evropi in Afriki (Lee, 2006).



Slika 10: Ransomejeva žaga (Le bucheronnage, 2007)

Stroji, ki so imeli pogonski stroj ločen, so bili težki, okorni in za delo v gozdu bolj ali manj neprimerni. Težko jih je bilo premeščati, čeprav so bili nekateri na kolesih. Uporabljali so jih le na lažje dostopnih terenih, medtem ko je bila njihova uporaba na razgibanem hribovitem terenu otežena. Zato je bila ročna žaga še vedno bolj praktična in je imela tudi večji učinek pri podiranju in izdelavi gozdnih lesnih sortimentov. Zato so konstruktorji začeli misliti na stroje, ki bi jih lahko lažje premikali ali celo prenašali. Skušali so razširiti možnosti uporabe strojev pri podiranju drevja.

Medtem so iznašli prvi uporabni motor z notranjim izgorevanjem (Ottov motor, l. 1867), ki pomeni v razvoju strojev bistveno prelomnico. Razmeroma hitro po njegovem nastanku so konstruktorji uporabili to zamisel pri strojih za podiranje drevja (Remic, 1967).

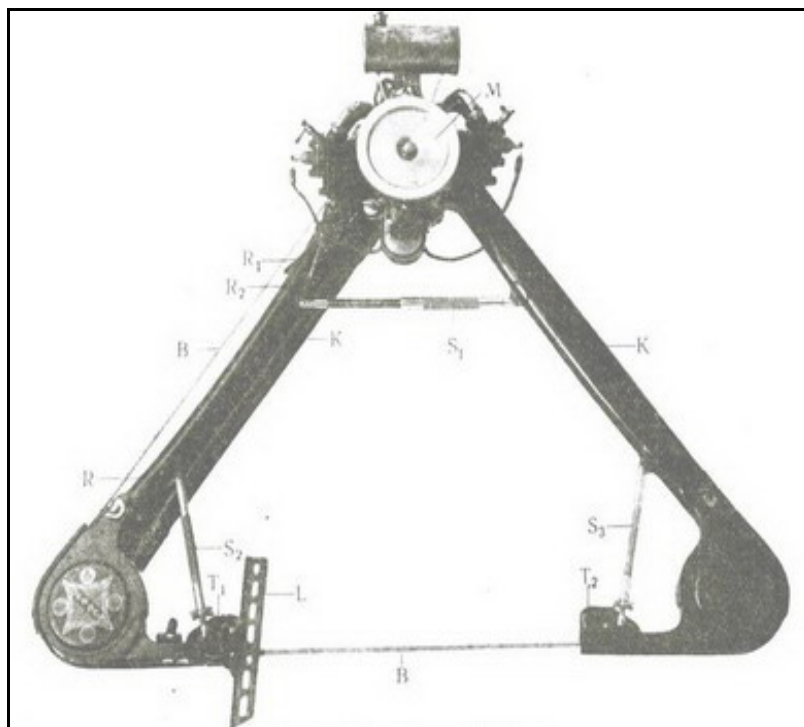
Leta 1890 so začeli uporabljati prve bencinske motorne žage (slika 11). Delovale so po principu ročnih žag, z izmeničnim premikanjem na motorni pogon in so bile kasneje resen konkurent verižnim žagam. V dvajsetih letih 20. stoletja so motorne žage dosegle precejšen uspeh. Proizvajali so jih vse do petdesetih let dvajsetega stoletja. Glavni proizvajalci tistega časa so bili *Stover*, *Wade*, *Witte*, *Ottawa*, *Vaughan*, *Canadian* in *Eureka*. Večina motornih žag je bila opremljena z žaginimi listi dolžine od 1,5 m do 4,9 m. Rezilo lista je bilo podobno rezilom enoročnih ali dvoročnih žag in je bilo cenejše, lažje za vzdrževanje in trpežnejše kot verige za žaganje v tistem času. Vendar so bile naprave vseeno velike, težke in potrebne natančne montaže in stabilnosti pri podiranju drevja. Zato so jih imenovali pol prenosne naprave. Njihova najpomembnejša delovna namena sta bila prežagovanje debel in izdelovanje drv. Vir iz leta 1937 govori o motorni žagi z štirimi konjskimi silami, mase 120 kg, ki zmore prežagati hlod debeline 120 cm v 5 minutah oz. napravi 25 prostorninskih metrov drv na dan (Lee, 2006).



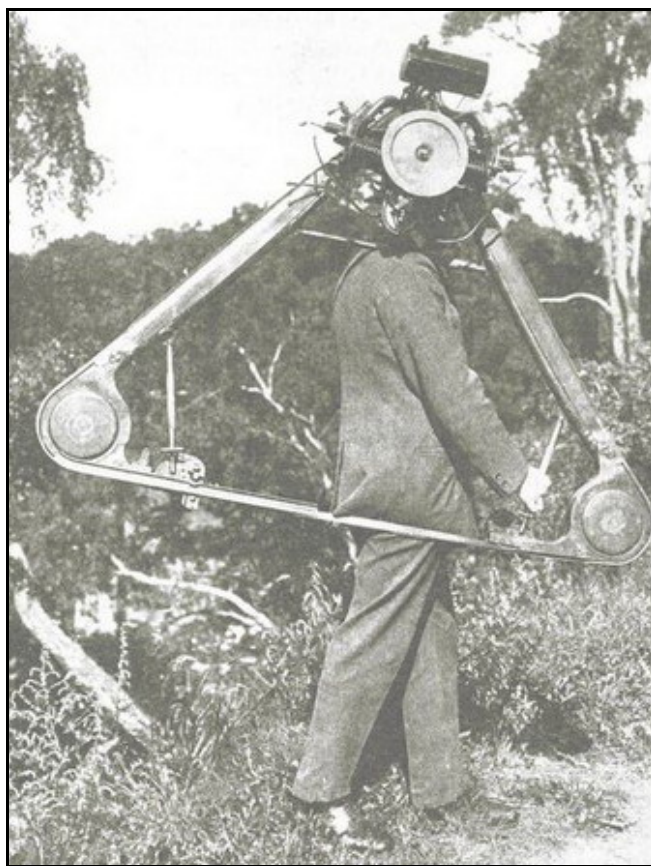
Slika 11: Motorna žaga (Chain saw collectors corner, 2007)

4.1 MOTORNA ŽAGA GERBER

Nemško podjetje *Gerber* je leta 1919 izdelalo prenosno motorno žago na bencinski pogon, ki je delovala z dvovaljnim štiritaktnim bencinskim motorjem (slika 12, 13). Motor je bil montiran na vrhu trikotnega ločnega okvirja. Različica žage z jeklenim okvirjem je tehtala 30 kg, z aluminijevim okvirjem pa 22 kg. Nazobčano rezilo je bilo iz jekla in tako upogljivo, da je omogočalo reze do kota 45 stopinj. Viri govorijo o tem, da je bilo mogoče prežagati skozi 35-45 cm debel hlod v 30 sekundah (Blake B., 2007).



Slika 12: Motorna žaga *Gerber* (Blake B., 2007)



Slika 13: Motorna žaga Gerber pri prenašanju (Blake B., 2007)

4.2 MOTORNA ŽAGA ARBOR

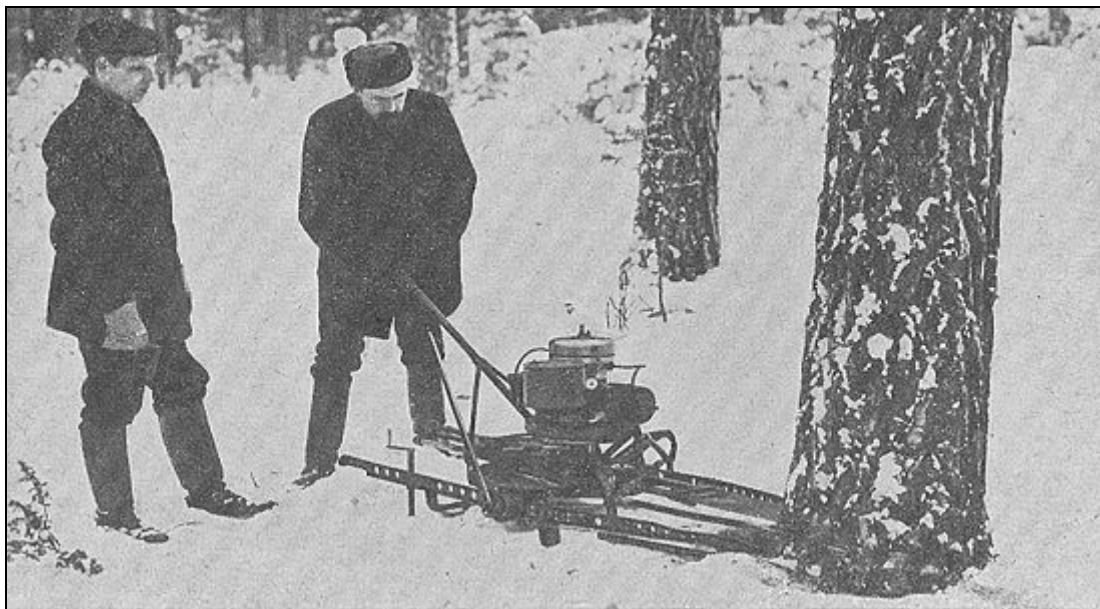
Leta 1919 so na Finskem v podjetju *Arbor, Abö* izdelali prenosno motorno žago z imenom *Arbor*. Namenjena je bila podiranju dreves, prežagovanju posekanega lesa in tudi izdelavi prostorninskega lesa. Motorna žaga je delovala na dvotaktni bencinski motor z magnetnim vžigom in pnevmatskim odvajalnikom toplote. Izdelanih je bilo več različic motorne žage. Model z oznako *A* je bil namenjen podiranju tanjših in srednje debelih dreves in ga je lahko prenašala in upravljala ena oseba (slika 14). Stroj je deloval na dvotaktni bencinski motor z močjo 1,5 KM in maso 35 kilogramov (*Arbor patent portable ...*, 1919).



Slika 14: Motorna žaga *Arbor A* pri prenašanju (*Arbor patent portable ...*, 1919)

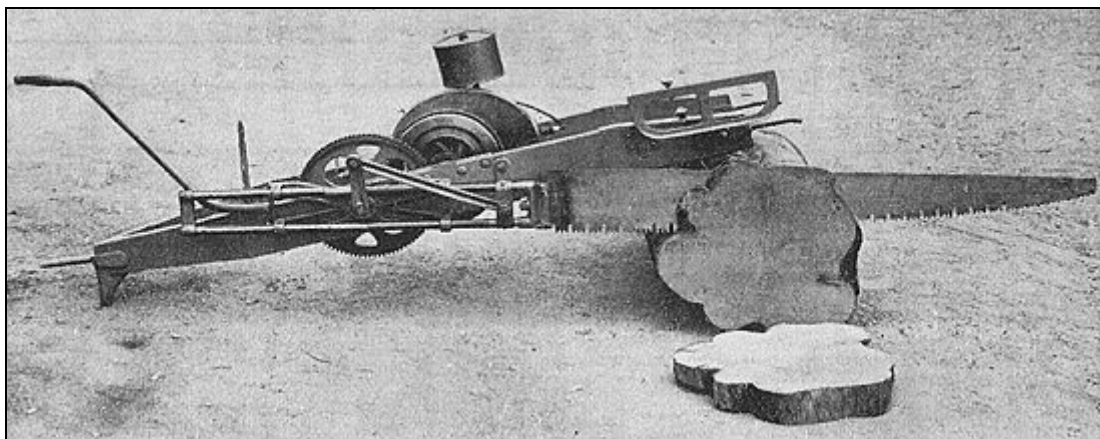
Motorna žaga z oznako *Arbor 2* je bila kombinirana naprava namenjena podiranju dreves, prežagovanju debel in izdelovanju prostorninskega lesa ter je delovala na bencinski motor z močjo 3,5 KM (slika 15). Poraba goriva v enem delovnem dnevu je bila 5 litrov, olja 0,2 litra. Stroj je bil težak 58 kg in je bil namenjen podiranju debelejšega drevja. Hitrost žage je bila takšna, da je hlod debeline 50 cm bilo moč prežagati v 50 sekundah oz. stoječe drevo s prsnim premerom 100 cm povprečno v eni do treh minutah. Za prenašanje naprave po gozdu od drevesa do drevesa sta bili potrebni dve osebi. 18. februarja leta 1922 so motorno žago model A preizkusili gozdarski strokovnjaki z gozdarskega oddelka v finskih gozdovih vojaškega posestva Koivula. Z motorno žago *Arbor* tipa A so v 41,5 delovnih urah podrli 423 dreves z povprečnim prsnim premerom 45,27 cm. V eni delovni uri so podrli 10,2 dreves. Motorno žago sta prenašala odrasel moški in deček, medtem ko je med podiranjem upravljal žago samo moški. Ugotovili so, da motorna žaga deluje normalno tudi v mrzlem vremenu (-22°C), globokem snegu in na hribovitem neravnem terenu, kjer

po podiranju ostanejo drevesni panji primerno nizki. Motorna žaga naj bi se uporabljala predvsem za podiranje debelega drevja (Arbor patent portable ... , 1919).



Slika 15: Motorna žaga *Arbor 2* pri podiranju drevja (Arbor patent portable ... , 1919)

Tip *Arbor 3* z bencinskima motorjema z močjo 1,5 KM in 3,5 KM je bil namenjen samo za prežagovanje debel (slika 16).



Slika 16: Motorna žaga *Arbor 3* (Arbor patent portable ... , 1919)

Četrty model motorne žage oziroma tip *Arbor 4* je deloval prav tako z dvema različicama bencinskih motorjev z močjo 1,5 KM in 3,5 KM in je bil namenjen za izdelavo prostorninskega lesa (Arbor patent portable ... , 1919).

Motorne žage z žaginimi listi so ob uvedbi verige za žaganje in uspešnem razvoju motorne verižne žage razvijali vzporedno (slika 17). Pogonske enote so imele podobne lastnosti kot pogonske enote motornih verižnih žag, le žagalni deli so bili drugačni. Z menjavami različnih žaginih listov so jih uporabljali za gozdarske namene (žaganje trdega lesa), kot tudi za namene v drugih panogah gospodarstva (živilska industrija). Pri gozdnih opravilih se je uveljavila motorna verižna žaga z verigo kot glavnim žagalnim delom.



Slika 17: Motorna žaga Wright B-520 iz leta 1963 (Chain saw collectors corner, 2007)

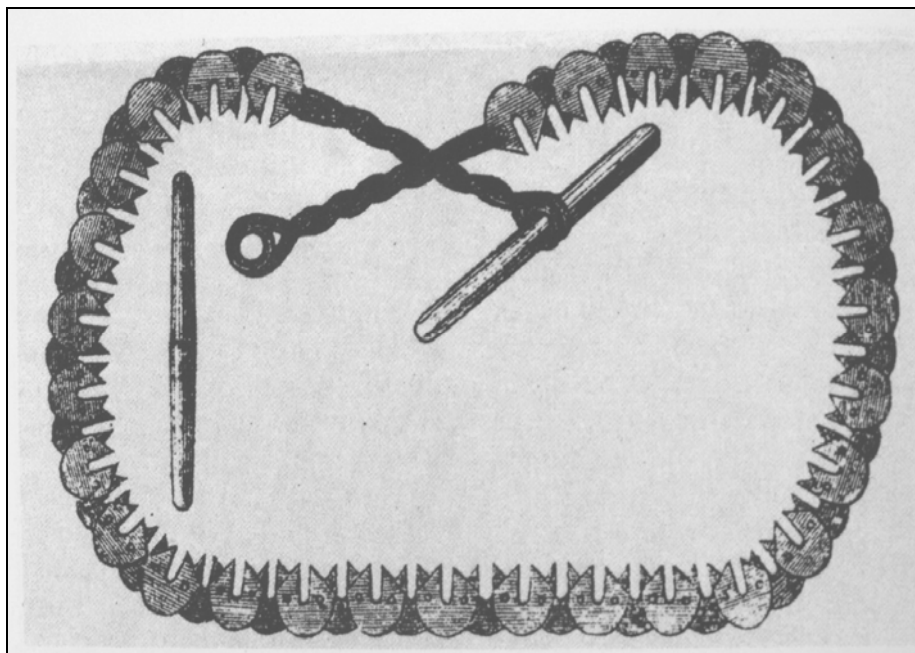
5 RAZVOJ VERIGE ZA ŽAGANJE

Hkrati z iskanjem vira pogonske energije za stroje so konstruktorji poskušali izboljšati tudi tiste dele stroja, ki so namenjeni neposredno žaganju. Vsi dotedanji stroji so imeli ravne in nazobljene žagine liste. Ta oblika za uporabo v gozdarstvu ni ustrezala, zato se je približno v šestdesetih letih devetnajstega stoletja pojavila zamisel brezkončne členkaste verige. Ta ideja je pozneje pri konstrukciji motornih verižnih žag prevladala (Remic, 1967).

Veriga je najpomembnejši žagalni del vsake motorne verižne žage. Sestavljena je iz posameznih členov, ki so med seboj povezane s kovicami. Oblike in velikost posameznih členov so različne, tako da se verige med seboj razlikujejo. Vsaka veriga ima gonilne in rezilne člene, spojne ploščice in kovice, ki spajajo posamezne člene med seboj (Ude, 1987).

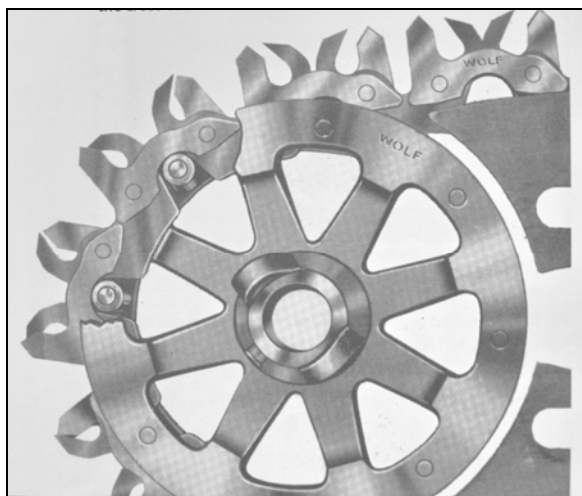
Celotna veriga je bila sestavljena iz več kot 100 majhnih delov, zato je bilo izdelovanje zapleteno. Nestabilno bazo verige in zobe je bilo potrebno povezati v gibljivo celoto. Veriga se je morala ulegati v neupogljivem in trdnem meču ali letvi. Letev mora imeti žleb ali greben, po katerem teče veriga. Pomembno je bilo redno mazanje zaradi zmanjševanje trenja in pregrevanja posameznih delov. Pomemben del je bilo tudi gonilno kolesce, ki je omogočal delovanje na optimalni hitrosti. Vse to je zahtevalo od izumiteljev in konstruktorjev več desetletij raziskav, preden so naredili uporabno in ustrezno verigo za žaganje (Ude, 1987).

Verigo za žaganje so izumili leta 1600 v Walesu za uporabo v rudnikih premoga (slika 18). Uporabljali so jo vse do sredine 18.stoletja na napravah na ročni pogon (Graf, 1982).

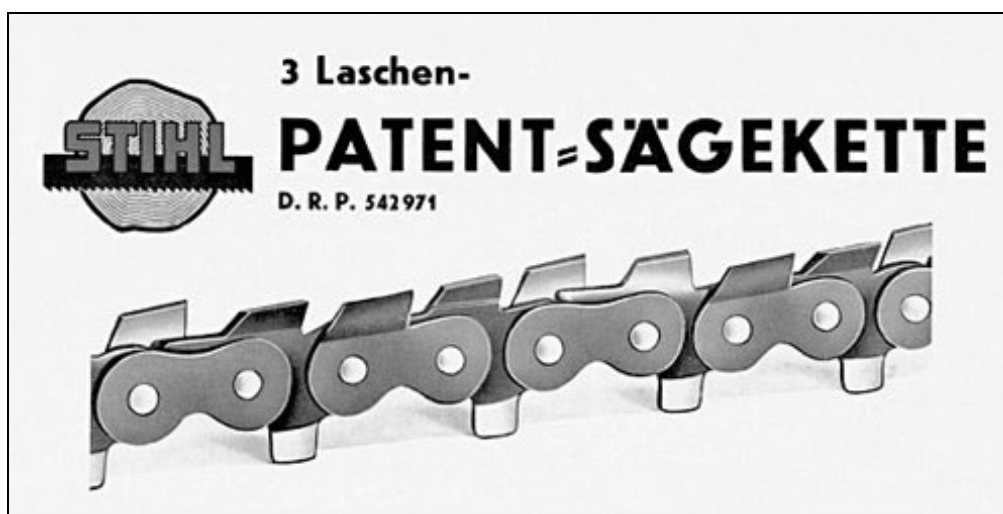


Slika 18: Ročna veriga za žaganje (Lee, 2006: 22)

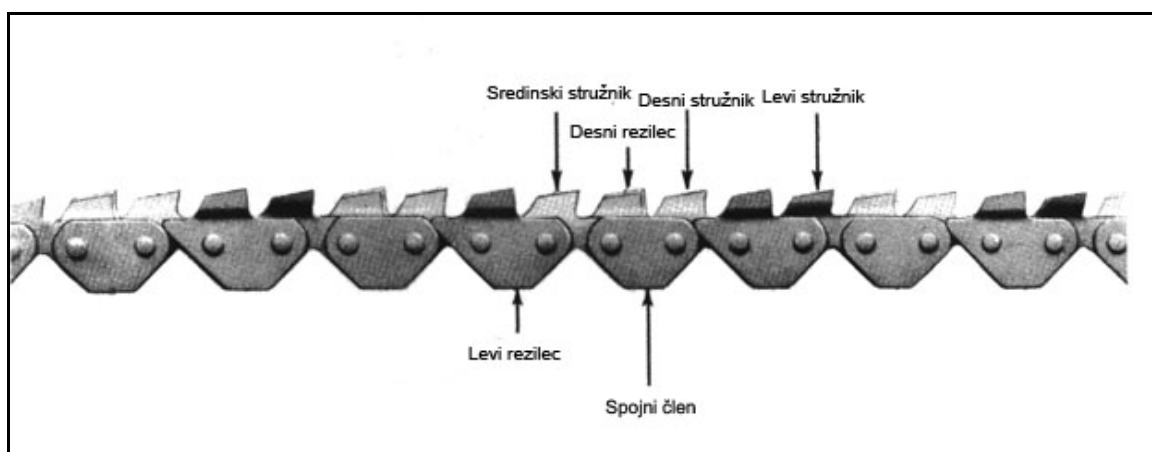
Med leti 1858 in 1905 je bilo patentiranih vsaj 25 patentov brezkončne ali sestavljene verige za podiranje dreves. Standardno verigo (ravni rezilci in stružniki) so uporabljali vse do štiridesetih let dvajsetega stoletja. Verigo izumitelja Charlesa Wolfa, ki ima zobovje enake oblike kot ročne žage, so med leti 1925 in 1935 uporabljali na motorni verižni žagi *Timberwolf*, ki jo je izdelalo podjetje *Reed-Prentice* (slika 19). V teh letih so izdelali 9000 kosov standardne verige na leto in 8000 kosov verige *Wolf*. Vrh proizvodnje teh dveh tipov verig je bil med leti 1935 in 1937 (Graf, 1982).

Slika 19: Veriga *Wolf* z gonilnim kolescem (Lee, 2006: 22)

Medvojni evropski prostor proizvodnje verig sta obvladovali podjetji *Dolmar* in *Stihl*. Tako je iz leta 1932 znana brezkončna tričlenkasta veriga podjetja *Stihl* z zobmi rezilci in čistilci (slika 20). Do leta 1940 je obstajalo veliko verig domače izdelave. Svetovna proizvodnja verig v letih 1937 in 1939 je znašala 40.000 – 50.000 kosov na leto. Ameriško podjetje *Disston*, znano predvsem po izdelavi ročnih žag, je začelo izdelovati verige leta 1940 (slika 21).



Slika 20: Tričlenkasta veriga *Stihl* (Stihl product history, 2007)



Slika 21: Veriga *Disston* z ravnimi zobmi rezilci in stružniki (Lee, 2006: 109)

Podjetje *Hassler* je leta 1940 poslalo na trg izboljšano verigo, ki je bila uporabna za električne in pnevmatske verižne žage. Med leti 1940 in 1944 je proizvodnja vseh tipov verig narasla na povprečno 1500 kosov verig na dan. Med 1946 in 1947 so podjetja

izdelovala že 5000 kosov na dan. Joseph Buford Cox, pozneje lastnik podjetja *Oregon*, Max Merz in podjetje Titan so v sredini 20. stoletja dodali izboljšave za verige namenjene žaganju (Graf, 1982).

Gozdni delavec in izumitelj Joseph Buford Cox je spomladi leta 1946 dobil idejo za razvoj nove verige pri ličinki lesnega hrošča (čeljust v obliki črke C). V svoji delavnici v Portlandu, kasneje sedež podjetja *Oregon*, je zamisel pretvoril v revolucionarno novo verigo za žaganje. Prva veriga *chipper* (srpasti zobje) je bila proizvedena in prodana novembra leta 1947. V osnovi je ideja verige *chipper* v uveljavi še danes in se uporablja pri današnjih tipih verig. Iznajdba verige *chipper* predstavlja velik vpliv na zgodovino pridobivanja lesa v vseh postopkih (The history of ... , 2003-2006).

Leta 1963 so za novo, lahko prenosljivo, motorno verižno žago *Homelite XL12* z neposrednim pogonom v podjetju *Oregon* izdelali verigo *Oregon 72D* z korakom verige 3/8" (8,5 mm). Oba produkta sta doživela velik prodajni uspeh. Po vzorcu verige *72D* še danes izdelujejo verige (The history of ... , 2003-2006).

Sčasoma so verige še izpopolnjevali. Na trgu se je pojavilo vedno več tipov verig z srpastimi zobmi. Predvsem so spreminjali in izboljševali gonilne člene (npr. varnostni gonilni člen, ki preprečuje zatikanje globinskega vodilnega zoba pri drobnih prerezihi) ali rezilne člene verige (npr. spremembe v grebenu globinskega zoba). Verige so postale specializirane za različna žaganja, prežagovanja (npr. prežagovanje debelih sortimentov). Posamezni proizvajalci so izdelovali verige s posebej oblikovanimi členi, kar je potrebno upoštevati pri brušenju verige (Ude, 1987). Pojavile so se tudi verige, ki so imele rezilne člene prirejene za avtomatsko brušenje s posebno napravo "*Power-sharp system*". Takšna specialna veriga in z njo avtomatska brusilna naprava se ni obnesla. Ročno brušenje verige je bilo vedno zelo pomembno opravilo za doseganje kasnejših dobrih učinkov žaganja (tehnika brušenja – ostrina zoba, višina zoba in bočni kot zoba), avtomatska brusilna naprava pa teh učinkov ni dosegla (Acres, 2007).

V novejšem času so se pojavile zahteve po varnosti dela ter učinkovitosti žaganja. Novejše verige imajo posamezne člene oblikovane tako, da je možnost povratnega udarca pri

žaganju čim manjša, hkrati je zmanjšano tudi tresenje pri žaganju. Novejše verige imajo oljni utor, ki omogoča optimalno mazanje verige, oz. manjšo količino olja ob hkratnem optimalnem mazanju. Na poti gonilnega člana proti konici letve olje stalno in namensko prihaja do členov verige ter drsnih površin utora na letvi (Dolmar, 2007).

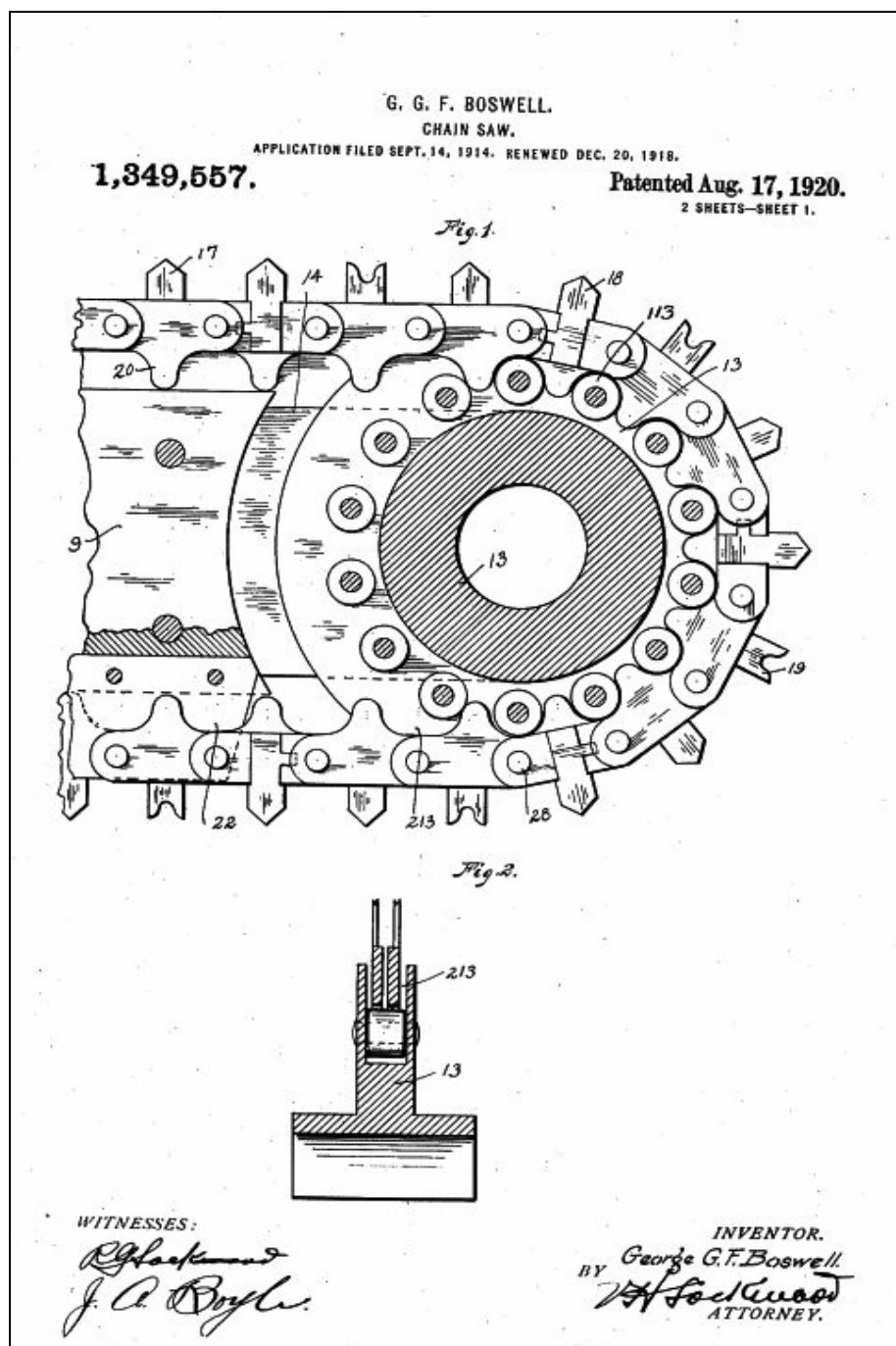
Korak verige, ki je pomemben tehnični element verige, pomeni polovico razdalje med tremi zaporednimi kovicami in je označen v inčih. Glede na to poznamo 0.404" (10,26 mm), 0,370" (9,39 mm), 3/8" (9,32 mm), 0,325" (8,25 mm), in 1/4" (6,35 mm). Verige z oznako 0.404" imajo največje člene in najdebelejše gonilne člene. Pri isti oznaki pa je pomembna še debelina gonilnega člana, ki mora ustrezati širini žleba na letvi, po katerem drsijo gonilni členi. Žleb je širok 1,3, 1,5 ali 1,6 mm (Ude, 1987).

Prve motorne verižne žage so imele korak verige 3/4" (19 mm), kar pomeni dvakrat več kot današnje motorne verižne žage. To je pomenilo, da so bili potrebni veliki in težki motorji z gibalno prostornino do 250 cm³, ki so imeli menjalnik, prek katerega je vrtilni moment poganjal težko in veliko verigo (posredni – indirektni pogon). Zaradi tega so imele vse motorne verižne žage pred letom 1951 menjalnik z redukcijskimi prestavami, ki je omogočal povečanje hitrosti obratov. Menjalnik je predstavljal nepotreben in težak sestavni del med žagalnimi deli in pogonsko enoto. V začetku leta 1950 so strojni inženirji Frank Davison, Cecil Cookson in Hayo Deelman, ki so delali pri podjetju *IEL* raziskovali, kako bi zmanjšali velikost členov verige, kot tudi dolžino letve do te mere, da motorna verižna žaga ne bi več potrebovala menjalnika. Leta 1951 je podjetje *IEL* predstavilo prvo motorno verižno žago *IEL HA* na neposredni pogon. Imela je 88 cm³ delovne prostornine motorja, korak verige 0.400" (10 mm) in 81 cm maksimalne dolžine letve. Manjši zobje so pomenili nekaj negotovosti, toda veriga na *HA* se je vrtela hitreje, kot verige na motorni verižni žagi z menjalnikom. Sčasoma je večina podjetij odstranila menjalnik, prešla na neposredni pogon, korak verige se je manjšal, medtem ko je hitrost verige naraščala (Lee, 2006). Danes se na motornih verižnih žagah uporabljajo predvsem verige s korakom 3/8" (9,32 mm) in 0,325" (8,25 mm).

6 RAZVOJ MOTORNE VERIŽNE ŽAGE

Znano je bilo, da je pri žaganju nepretrgana rotacija v isto smer učinkovitejša od premikanja nazaj in naprej, kot je značilno za ročne žage. Ta princip je bil poznan pri žagah, ki jih je poganjalo vodno kolo, že v srednjem veku. Rezilo, ki je delovalo na principu ročnih žag ni bilo sposobno razviti takšne hitrosti žaganja kot krožna rezila. Nenehno ustavljanje in nadaljevanje žaganja je pomenilo povečanje izgube energije upravljalca, večje prisotnosti vibracij, s čimer je bilo težje natančno voditi žaganje. Izumitelji so prenesli znanje na motorne žage, vendar krožne oblike žage niso bile primerne za podiranje dreves.

Napredni raziskovalci oz. vizionarji so takrat razmišljali o napravi, ki bi imela hitrost krožne žage in bila ravne, podolgovate oblike, kot žage, ki se premikajo v vzdolžni smeri. Nastala je ideja oz. koncept ravne letve in zobovja, ki bi teklo po njej. Enega izmed mnogih patentov prikazujemo na sliki 22. Že prve verižne žage so žagale boljše in hitreje kot žage s premikanjem naprej in nazaj (Lee, 2006).



Slika 22: Patent verižne žage z brezkončno členkasto verigo iz leta 1920
(Boswel, 1920)

Razvoj električnih motorjev v letih med 1890 in 1920, majhnih bencinskih motorjev v letih med leti 1920 in 1930 in v času druge svetovne vojne ter razvoj učinkovitosti, zmogljivosti verig za žago v štiridesetih letih 20. stoletja, so postali mejniki za nadaljnji razvoj motorne verižne žage.

6.1 PRVA VERIŽNA ŽAGA IN PRVI POSKUSI UPORABE MOTORNE VERIŽNE ŽAGE

6.1.1 Kirurška naprava Osteotome (Bernard Heine)

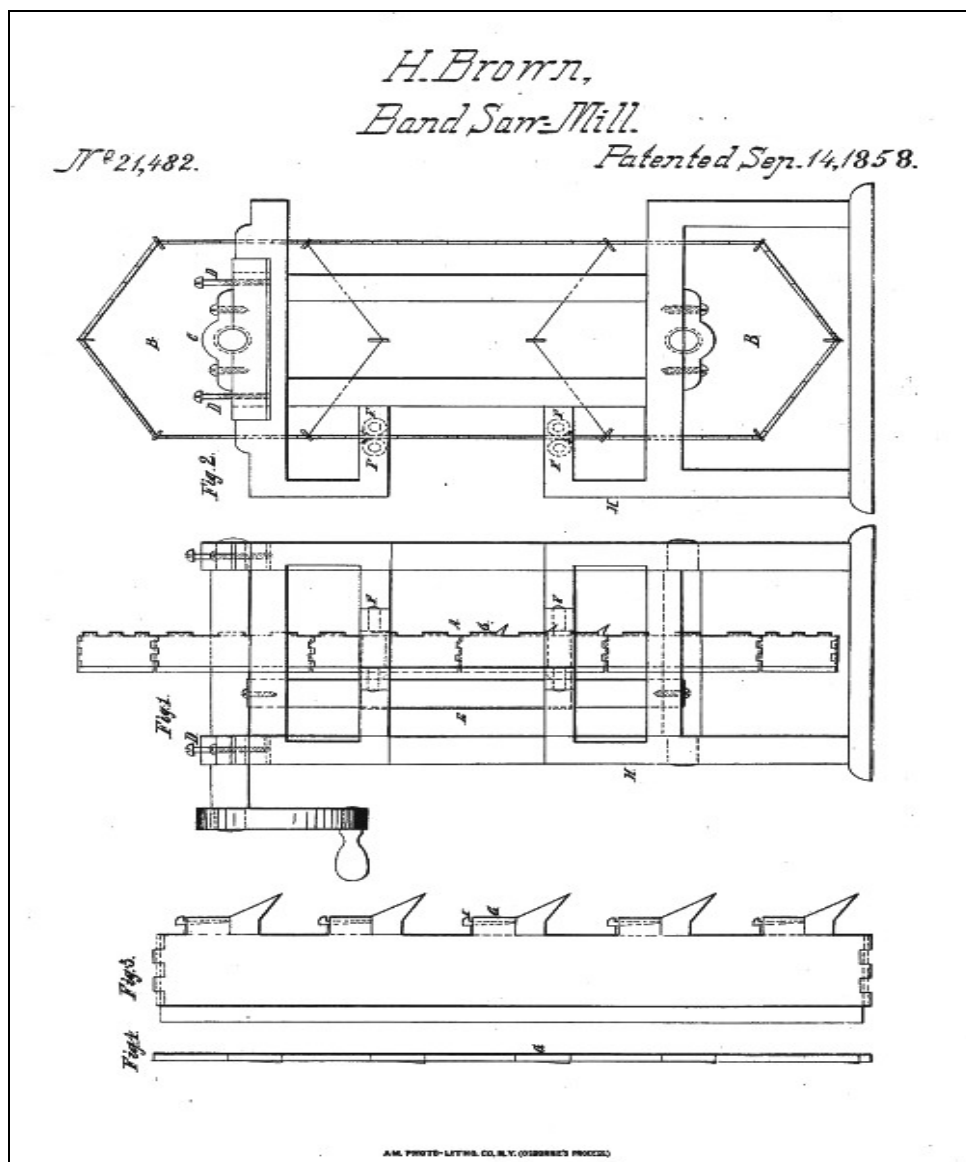
Prve omembe o verižni žagi segajo v leto 1830. Takrat so se ortopedi specializirali v uporabi novega inštrumenta imenovanega *Osteotome* (slika 23). Izumil ga je nemški izumitelj Bernard Heine. Inštrument *Osteotome* so uporabljali kot kirurško orodje in je bil sprva razvit kot enostavna naprava za rezanje človeških trupel. Postal je prava alternativa drugim kirurškim orodjem, kot so kladivo ali kirurška žaga. Členi verige sestojijo iz majhnih zobcev z ostrim robom za rezanje. Veriga se premika po vodilni letvi s pomočjo premikanja ročice, ki deluje na zobato kolo. Slika kaže, da je iznajdljivi protetik s tem izumom odprl nov razpon idej za razvijanje verižnih žag (Wolf, 1999).



Slika 23: Kirurška naprava Osteotome (Wolf, 1999)

6.1.2 Prvi patent verižne žage za žaganje lesa (Harvey Brown)

14. septembra leta 1858 je Harvey Brown iz New Yorka patentiral prvo verižno žago za žaganje lesa (slika 24). Toda verižna žaga je imela pomanjkljivost, da veriga ob visoki hitrosti ni bila dovolj zmogljiva za žaganje (Graf, 1982).



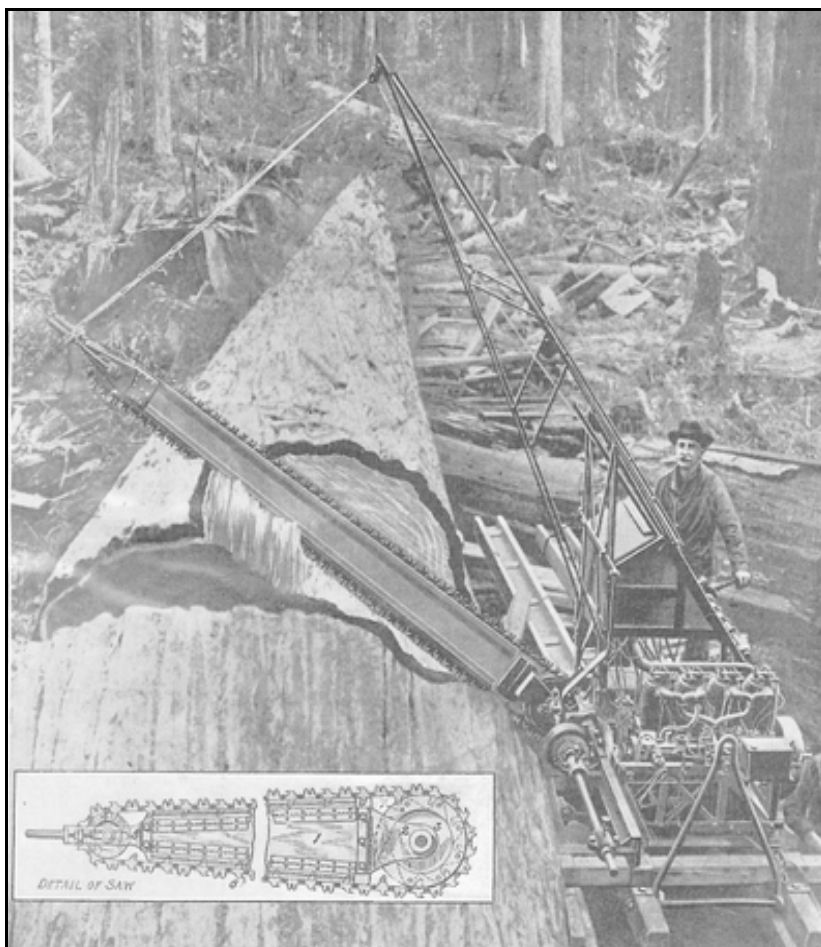
Slika 24: Prvi patent verižne žage za žaganje lesa iz leta 1858 (Brown, 1858)

6.1.3 Poskus z verižno žago na zrak

Pred letom 1905 je podjetje *Ashland Iron Works* iz mesta Ashland v zvezni državi Oregon razvijalo verižno žago z motorjem na zrak, ki pa ni bila nikoli v uporabi (Graf, 1982).

6.1.4 Naprava iz Kalifornije (R.L.Muir)

Zgodovinski podatek govori o tem, da je Kalifornijski izumitelj R. L. Muir prvi skupaj sestavil verigo in meč, jo dogradil s pogonsko enoto in s to napravo opravljal delo v gozdu (slika 25). Žagalni del je bil sestavljen iz verige, ki so jih uporabljali v letih okrog 1920 pri motornih verižnih žagah. To pa je bila edina podobnost z kasnejšimi napravami. Naprava je tehtala več kot 450 kg, pritrjena je bila na ploščad in se je po tračnicah premikala ob deblu. Ogromno letev, po kateri je potekala veriga, je podpiral žerjav. Delovala je na motorni ali električni pogon, z njo je bilo možno žagati vertikalno, horizontalno in tudi nagnjeno. Zabeležen je komercialni uspeh leta 1910 v gozdovih Vast Redwood belts v Mendocinu in Humboldtu v Kaliforniji. Takšne oblike žage kasneje niso razvijali (Lee, 2006).



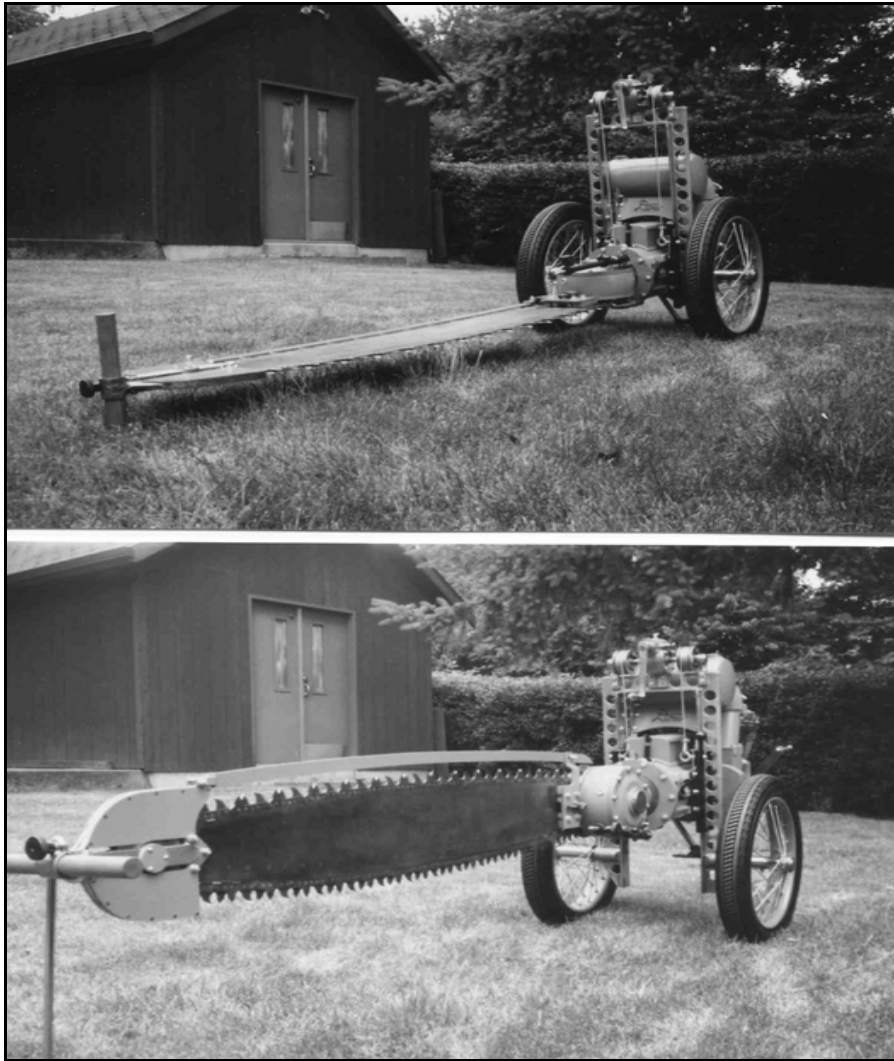
Slika 25: Verižna žaga R. L. Muir (Lee, 2006: 21)

6.1.5 Poskus z motorno verižno žago na bencin

Dogodek velikega pomena se je zgodil poleti leta 1905 v Eureka v zvezni državi Kalifornija v bližini Nacionalnega parka Sequioa. S poskusom uporabe prve bencinske motorne verižne žage sta povezani osebi Benz in Hendricks, natančno ime izumitelja pa ni znano. Stroj je deloval s pomočjo ladijskega dvovaljnega bencinskega motorja z vodnim hlajenjem, z nastavljeno delovno temperaturo 90 stopinj od začetne pozicije in je zmožgal prežagati hlod debeline 3 m v 4,5 minute. Stroj ni imel letve, po kateri bi tekla veriga, pač pa je veriga oklepala deblo in se ob delovanju z vseh strani zažagovala vanj (First chain saw, 2007).

6.1.6 Polprenosna motorna verižna žaga *Dow low stump*

Iz leta 1909 je poznana polprenosna motorna verižna žaga z stacionarnim avtomobilskim štiritalnim motorjem. Na sliki 26 vidimo takšno verižno žago poimenovano *Dow low stump* iz leta 1933 z močjo motorja 18 KM in težo 209 kg. Cena stroja v letu 1933 je znašala 990 ameriških dolarjev. Prvo so naredili leta 1932 z dvovaljnim bencinskim motorjem, leta 1935 vgradili tovarniški štirivaljni bencinski motor, vendar so jih leta 1936 prenehali proizvajati. Zaradi koles (prilagojena iz lovskega letala prve svetovne vojne) je bila gibljiva, vendar le po ravnem in ne hribovitem terenu. Uporabljali so jo tako pri podiranju kot tudi pri prežagovanju (Lee, 2006).



Slika 26: Verižna žaga *Dow low stump* v položaju za podiranje drevesa (zgoraj) in v položaju za prežagovanje (spodaj) (Lee, 2006: 56)

6.2. PRENOSNE MOTORNE VERIŽNE ŽAGE

Prenosne motorne verižne žage se glede na pogon delijo na:

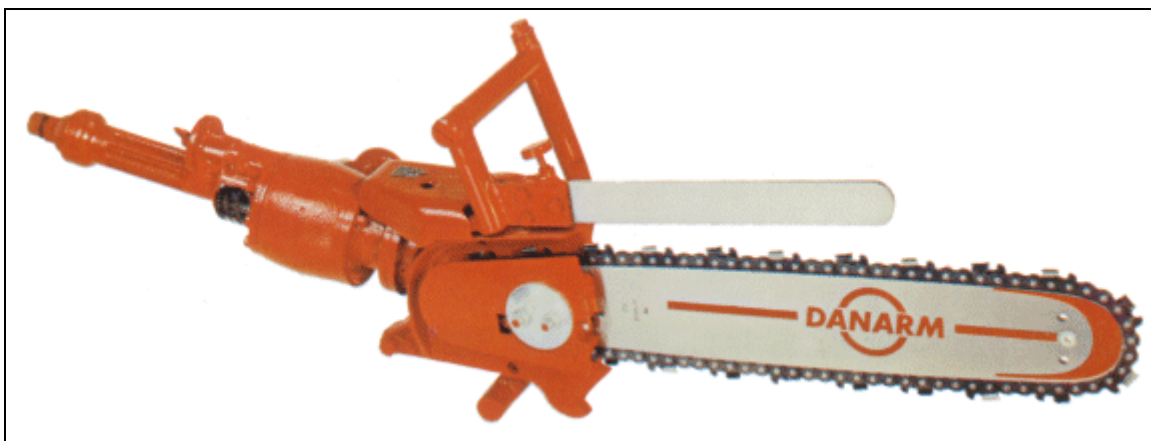
- verižne žage z motorjem z notranjim izgorevanjem,
- verižne žage z električnim pogonom,
- verižne žage z pnevmatskim pogonom (slika 27).

Glede na obliko pa na:

- ločne motorne verižne žage (veriga se giblje po notranjosti ločnega okvirja, razen na delu, kjer verižni zobje žagajo),

- dvoročne verižne motorne žage (verižni zobje se gibljejo po utoru podolžnega nosilca ali letve).

Električne verižne žage so bile pripravne predvsem za delo na skladiščih lesa ali mestih, kjer se je elektrika lahko uporabila. Verižne žage s pogonom na stisnjen zrak so uporabljali predvsem za dela pod vodo in v rudnikih.



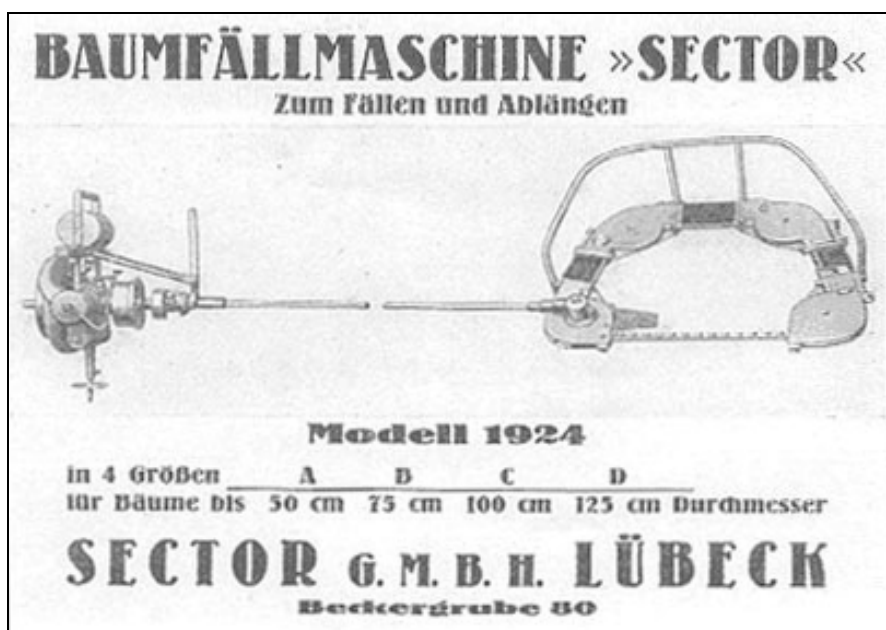
Slika 27: Pnevmatška verižna žaga Danarm iz leta 1952 (Chain saw collectors corner, 2007)

6.2.1 Motorna verižna žaga Sector (A.V. Westfelt)

V času prve svetovne vojne, natančneje leta 1916 je švedski inženir A. V. Westfelt izumil verižno žago na motorni pogon, znano pod imenom *Sector*. Bila je ena prvih motornih verižnih žag namenjena gozdnemu delu oz. podiranju dreves. Za pogon je bil uporabljen dvotaktni bencinski motor, prenos pa je bil izveden preko pogonske gredi. Značilnost tega stroja je v tem, da so se prvič uporabili rezalni zobje (trikotna oblika rezilcev) (slika 28), ki so v osnovni zamisli še danes enaki najnovejšim in najmodernejšim verigam. Veriga je tekla po okvirju in vodilnih kolescih, ki pa je bil na nekaterih delih odprt. Njena konstrukcija in delovanje je bilo prilagojeno tamkajšnjim gozdnim razmeram, pa tudi mrzlemu podnebjju (Remic, 1958).



Slika 28: Veriga Sector (Lee, 2006: 22)



Slika 29 : Ločna motorna verižna žaga Sector iz leta 1924 (Mattison, 2007)

Med leti 1916 in 1917 so v Bergenu na Norveškem motorno verižno žago preizkusili pri gozdnem delu. Rezultati niso bili obetavni. Motorna verižna žaga *Sector* je bila pretežka in priprave za zagon motorja so bile predolge. Tudi če bi bila drugačne konstrukcije, bi imela

enake pomanjkljivosti kot so bile prevelika teža, okornost in težko prenosljivost. Tu so bile še nezavarovana veriga, nezavarovana kardanska os in neučinkovit ročaj.



Slika 30: Podiranje drevesa z ločno motorno verižno žago Sector (Mattison, 2007)

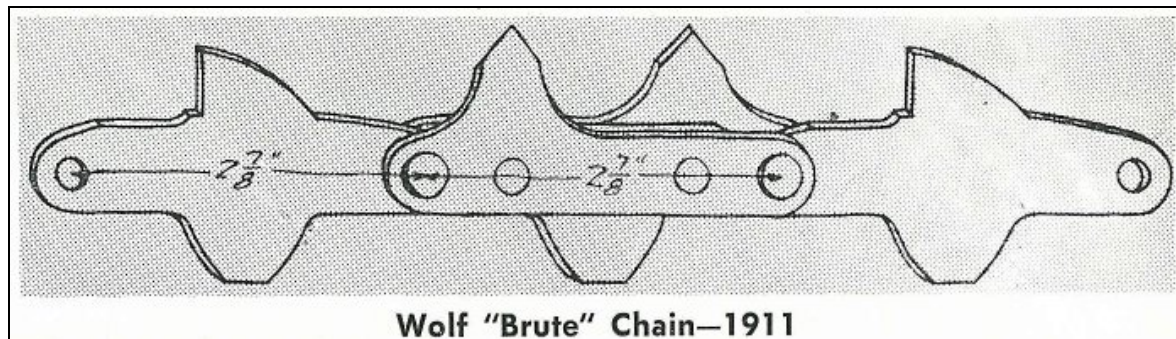
Leta 1924 so izdelali izboljšano različico motorne verižne žage *Sector* (slika 29). Prva izboljšava je bila predvsem povečana varnost pri žaganju do uporabnika. Naredili so stabilen ločni okvir, po katerem se giblje veriga, razen na delu, kjer verižni zobje žagajo. Druga novost pa je bila razširjena ponudba *Sectorja*, glede na žagalno dolžino. Izdelali so štiri modele: model A s 50 cm, model B s 75 cm, model C s 100 cm in model D s 125 cm žagalne dolžine (Mattison, 2007).

6.2.2 Charles Wolf in prva komercialno uspešna motorna verižna žaga

Iz leta 1906 je znana verižna žaga za žaganje in izdelavo desk, ki so jo začeli uporabljati v žagarskem podjetju *Potlach Lumber Co.* iz *Potlacha* v zvezni državi Idaho. V uporabi je bila kar nekaj let, a ni bila nikoli dokončno potrjena z patentom. Vendarle je oblika

omenjene žage v veliki meri vplivala na nove zamisli inženirja in izumitelja Charlesa Wolfa.

Charles Wolf je bil leta 1908 zaposlen kot glavni inženir pri žagarskem podjetju *Panhandle Lumber Co.* iz Spirit Lakea, Idaho v lasti F. A. Blackwella. Z inženirjem Frankom M. Redmanom sta leta 1911 za žagarsko podjetje *Panhandle Lumber Co.*, Idaho, kjer sta delala, konstruirala in postavila prvo žago na električni pogon na svetu v Ioni, Washington. Charles Wolf je medtem še vedno razmišljal o žagi za izdelavo desk, ki jo je videl na žagarskem podjetju v Potlachu, Idaho. *The Blackwell Lumber Co.* žagarsko podjetje iz Coeur d'Alene, ki je bilo postavljeno na obali jezera je imelo probleme z daljšimi hlodi dolžine 12 m, ki so jim padali na koncu linije v vodo. Druga žagarska podjetja so uporabljala krožne žage za prežaganje hlodov na ustrezne dolžine, čeprav je bilo z njimi zelo težko upravljati. Wolf je videl rešitev v mehanizmu verižne žage, kjer ima odločilni pomen veriga za žago. Wolf in Redman sta leta 1911 iznašla verigo Brute (slika 31).



Slika 31: Veriga Brute iz leta 1911 (Acres, 2000-2007)

Izboljšana žaga za žaganje desk je začela obratovati na žagarskem podjetju *Blackwell Lumber Co.* še istega leta. Pred letom 1920 je Charles Wolf začel načrtovati in razvijati idejo o prenosni verižni žagi. Leta 1920 je začelo podjetje *Peninsula Iron Works*, Portland, Oregon po patentih Charlesa Wolfa izdelovati prvo komercialno uspešno prenosno verižno žago imenovano *Wolf Electric Drive Link Saw*. Stroj je bil narejen v teh različicah. Model A je imel dolžino letve 60 cm in maso 31,7 kg. Model B je imel dolžino letve 91 cm in maso 36 kg. Model C pa je imel dolžino letve 122 cm in maso 40,8 kg. Vsi trije modeli so delovali na električni motor z močjo 1,5 KM (Acres, 2000-2007).

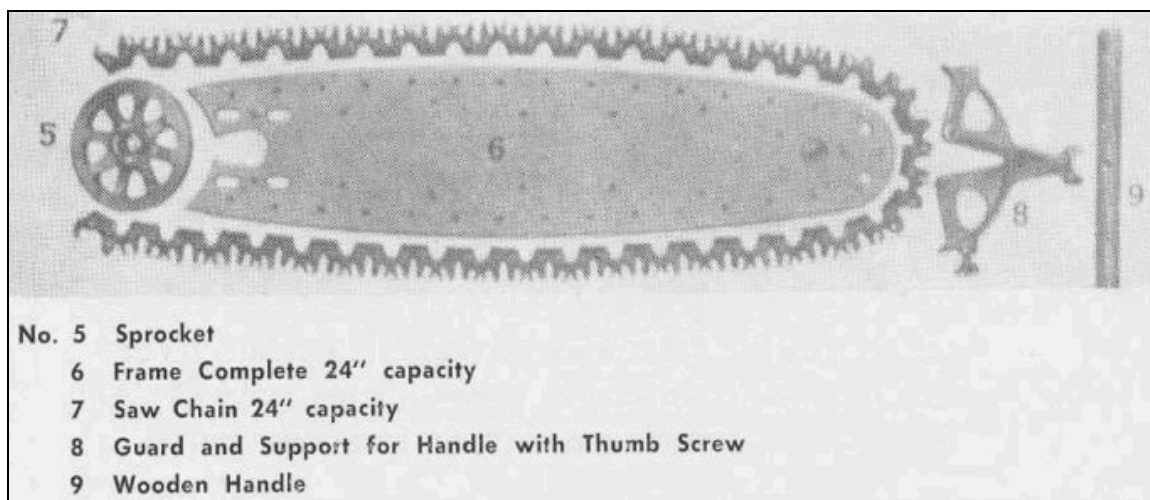
Čeprav so bile omenjene žage prenosne, je bil potreben velik generator na kamionu, ki je poganjal njihov električni motor (Graf, 1982).

Zobje rezilci na verigi so imeli enake lastnosti kot ročne žage za podiranje dreves in žaganje lesa. Postavljeni so bili podolžno po verigi in so po videzu in delovanju močno spominjali na ročne žage z dvema vrstama zob. Posebnost verige je bila možnost spreminjanja smeri žaganja. V primeru, da so bili rezilni in čistilni zobje obrabljeni oz. topi na eni izmed površin zoba, je bilo možno verigo obrniti in žagati z drugo stranjo zob. S tem je bila življenjska doba verige podaljšana, nujnost brušenja pa manj pogosta. Veriga je pri žaganju naredila rez, ki ni presegel velikosti 8 mm. Električni motor z močjo 1,5 KM je v eni minuti verigo zavrtel v dolžini 365 m.

Brušenje verige Wolf je bilo podobno kot pri ročnih žagah. Za pravilno tehniko brušenja Wolf verige sta zadostovala šablona in ravna pila. Prvi razlog je bil ta, da se je brusilo le vrhnje dele zobovja in zato je brusilec videl kaj in kako brusi. Drugi razlog pa je bil ta, da je brusilec moral brusiti le en kot brušenja, tako na rezilcih kot na stružnikih in vse z ravno površino pile.

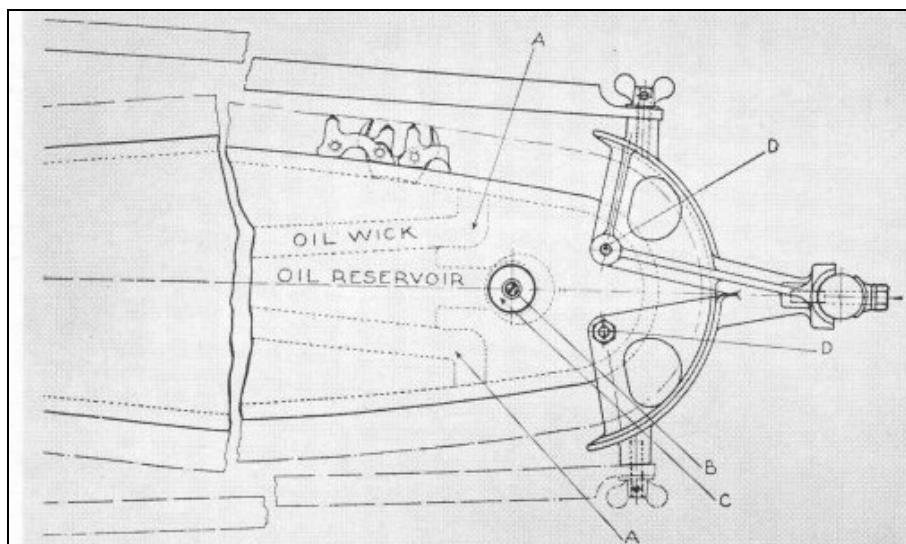
Običajna veriga se je razlikovala od verige Wolf v tem, da se je pri brušenju uporabila drugačna tehnika in več orodij. Pri običajnih verigah tistega časa so za pravilno tehniko brušenja le-teh, potrebovali kar šest orodij, med drugim ravno in okroglo pilo. Za preverjanje pravih kotov brušenja pa tri kalibre. Običajne verige se je brusilo pod vrhom zob in zato brusilec ni videl kaj in kako brusi. Navsezadnje so bili pomembni kar trije koti brušenja, pri enem samem zobu in zato je bila potrebna spretnost in izkušnost.

Uporaba letve z zaobljenim koncem je bil pogojena z začetkom vpeljave verižne žage *Wolf Electric Drive Link Saw*. Okvir, kakor se je takrat imenovala letev, je bil sestavljen iz štirih delov posebnega jekla, ki so bili pritrjeni skupaj. Ročaj na koncu zaobljenega dela letve, je bil odstranljiv v primeru uporabe verižne žage pri podiranju dreves. Zaobljeni konec letve, ki je bil sestavljen iz manj trdnih materialov, kot jih poznamo danes, se je ob vbodnem rezu večkrat poškodoval. Pri uporabi verižne žage Wolf, pa takšnih poškodb nikoli ni bilo, ker je bil nos letve sestavljen iz trših materialov in natančno prilagojen členom verige.



Slika 32: Letev (6), gonilno kolesce (5), veriga (7) in pomožni ročaj (8,9) na verižni žagi Wolf (Acres, 2000-2007)

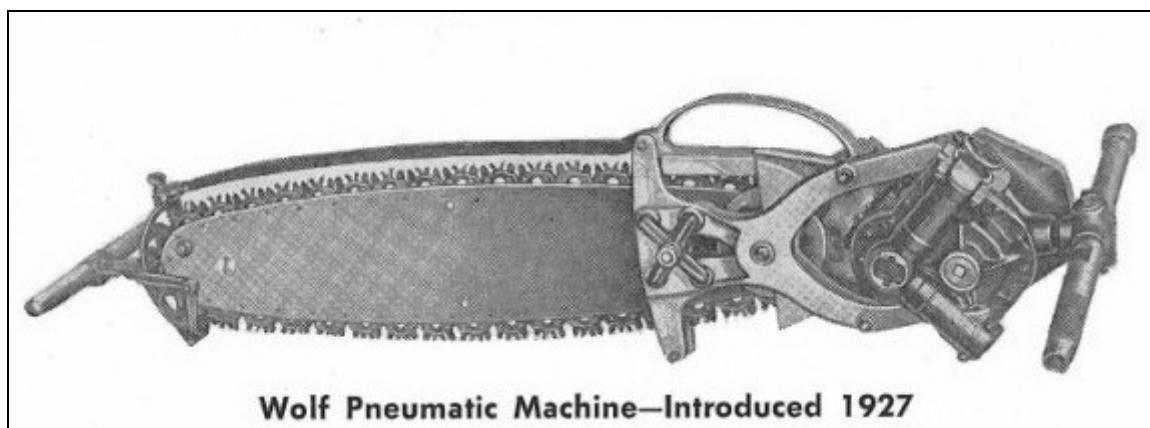
Veliko posebnost je predstavljal oljni rezervoar v letvi (slika 33). Kanala za dotok olja sta bila postavljena na spodnjem in zgornjem delu zaobljenega konca letve. Te odprtine z oljem so naoljile verigo in letev preden je veriga začela rezati, za razliko od novejših verižnih žag, kjer se verige avtomatsko mažejo med žaganjem. To je pomenilo manjšo porabo olja za mazanje.



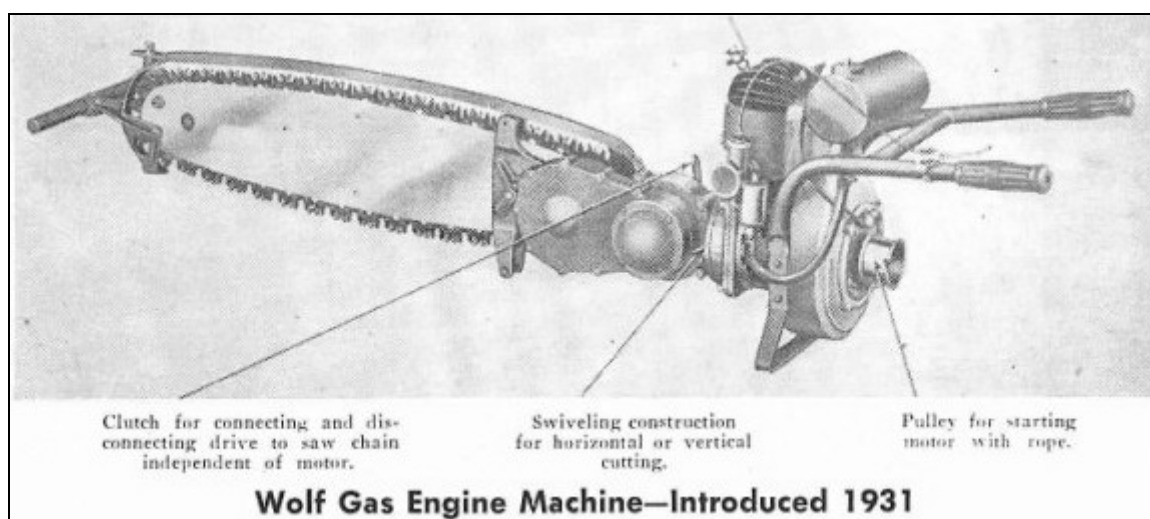
Slika 33: Oljni rezervoar v letvi (Acres, 2000-2007)

Čeprav je na začetku stroj deloval le na električni pogon, je bil leta 1927 izdelan z motorjem na zrak (slika 34) in leta 1931 tudi z bencinskim motorjem (slika 35). Podjetje *Reed-Prentice Corporation* je izdelalo Wolfovo žago na bencinski pogon. Delovala je z

dvotaktnim bencinskim motorjem z močjo 4 KM in zračnim hlajenjem. Motor, kakor ostali iz tega časovnega obdobja, ni bil popolnoma ustrezen. Tehtal je 36 kg, kar je ogromno v primerjavi z današnjimi motorji, ki so bistveno lažji.



Slika 34: Pnevmatika verižna žaga Wolf (Acres, 2000-2007)



Slika 35: Dvoročna motorna verižna žaga na bencinski pogon Wolf iz leta 1931 (Acres, 2000-2007)

Gozdni delavci tistega časa so bili navajeni na uporabo ročne žage ali "bridkega biča" (*miserer whip*), kot so jo radi imenovali (Acres, 2000-2007). Tudi zaradi psiholoških vzrokov se niso bili pripravljali učiti ali izuriti za upravljanje in vzdrževanje stroja. Na drugi strani je električni stroj za delovanje potreboval premični električni generator, ki pa ni bil ekonomsko primeren za gozdna dela. Ne glede na to je bil Wolfov električni stroj vpeljan tudi v gozdarstvo. Leta 1929 so v podjetju *Maine Logging Co.* iz Belfair, Washington stroj uporabili in poročali o znatnih prihrankih glede na ročne metode dela.

Leta 1930 so podobne denarne prihranke zabeležili v Weyerhaeuser Camp 2, Klamath Falls, Oregon, in v Booth-Kelly pri Eugenu v Oregonu. Zavaljo teh in drugih začetnih uspehov je bil izdelan stroj na bencinski motor, ki je potreben za uporabo v gozdnih razmerah.

Več kot 60 let je preteklo med prvim neuspešnim patentom verižne žage iz leta 1858 (Harvey Brown) in uspešnim patentom verižne žage Charlesa Wolfa leta 1920. Njegovo znanje na področju strojnega inženirstva mu je omogočilo uspešno razviti verižno žago, ki je poimenovana po njem. Žagalni deli (veriga, gonilno kolesce, letev), ki jih je razvil Charles Wolf so predstavljali pomembne tehnične izboljšave. Ob dejstvu, da so v času obdobja Charlesa Wolfa proizvajalci verig in verižnih žag ravno tako uporabljali enaka znanja strojnega inženirstva, vendar brez poznavanja začetkov razvoja verig in verižnih žag. Pred tem še nikoli in nikjer ni bilo izdelane prenosne verižne žage. Zato ni bilo primerov in tehničnih zapiskov, kot so danes. Brez tega pa je bilo razumljivo težko pripraviti in nuditi proizvajalcu popolne načrte in podrobne opise za celoten stroj. Ne glede na vse težave je verižna žaga *Wolf Electric Drive Link Saw* dosegla na trgu velik uspeh s kakovostnimi in učinkovito sestavljenimi deli.

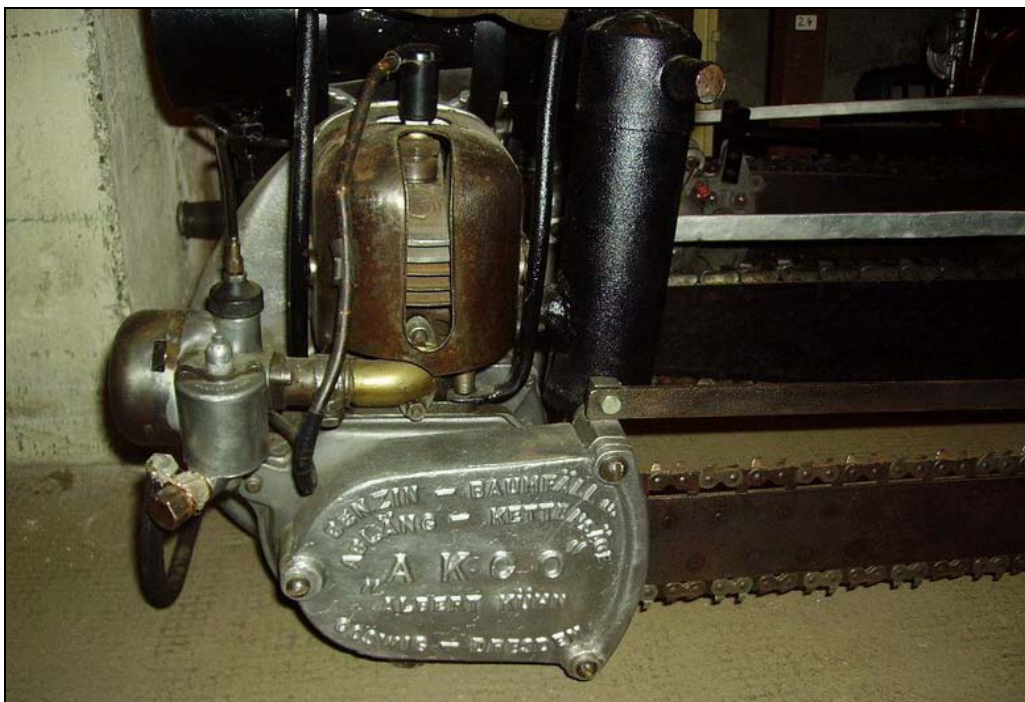
Patentom za izdelavo verižne žage *Wolf* je potekel rok veljave leta 1942 in s tem tudi licenčni dogovor o izdelavi verižnih žag v podjetju *Reed - Prentice*. Med drugo svetovno vojno je *Wolf* izdeloval samo žagalne dele (verige, letve in gonilna kolesca), vendar zaradi vpliva druge svetovne vojne tudi to ni bilo več mogoče. S koncem druge svetovne vojne je bilo na trgu že toliko proizvajalcev motornih verižnih žag, da so prenehali z delovanjem podjetja.

Charles Wolf je umrl leta 1952, star 81 let. S tem se je končalo zelo uspešno poglavje v razvoju verižne žage. Toda s tem še ni bilo konca prisotnosti priimka Wolf v razvoju verižne žage. Kasneje je sin Jerome Wolf razvil in patentiral novo verigo za žago. Posebnost nove brezkončne Wolfove verige za žago so bili izjemno nizki stroški uporabe, kot pri uporabi običajne verige (Acres, 2000-2007).

6.3 OBDOBJE DVOROČNIH MOTORNIH VERIŽNIH ŽAG

6.3.1 Začetki razvoja in izdelave dvoročne motorne verižne žage v Evropi

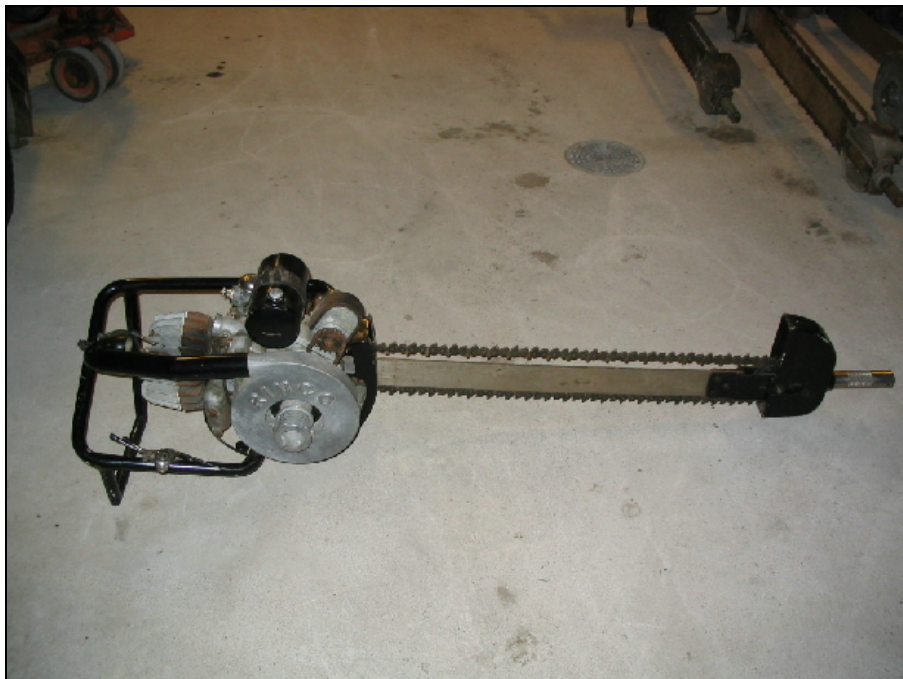
V dvajsetih in tridesetih letih dvajsetega stoletja je največja konkurenca Wolfovi verižni žagi prihajala iz Evrope. V Evropi je bilo takrat na trgu več dvoročnih motornih verižnih žag na bencinski pogon. Leta izdelave prvih bencinskih dvoročnih motornih verižnih žag posameznih podjetij v Evropi so: *E. Ring - Rinco* (1925), *Rapid* (1926), *Record*, *AKCO* (1927) (slika 36), *Dolmar* (1927) in *Stihl* (1929) iz Nemčije; *Sylva* in *Leitz* iz Avstrije (1926); *Sector* iz Švedske (1919); *PEP 1 in 2* iz Sovjetske zveze. Večina izmed omenjenih verižnih žag so predstavljale kopije Wolfove verižne žage, vključno z lastnostmi zob in členkov verige. Kljub temu se nobena izmed navedenih verižnih žag ni mogla primerjati z Wolfovo verižno žago (Lee, 2006).



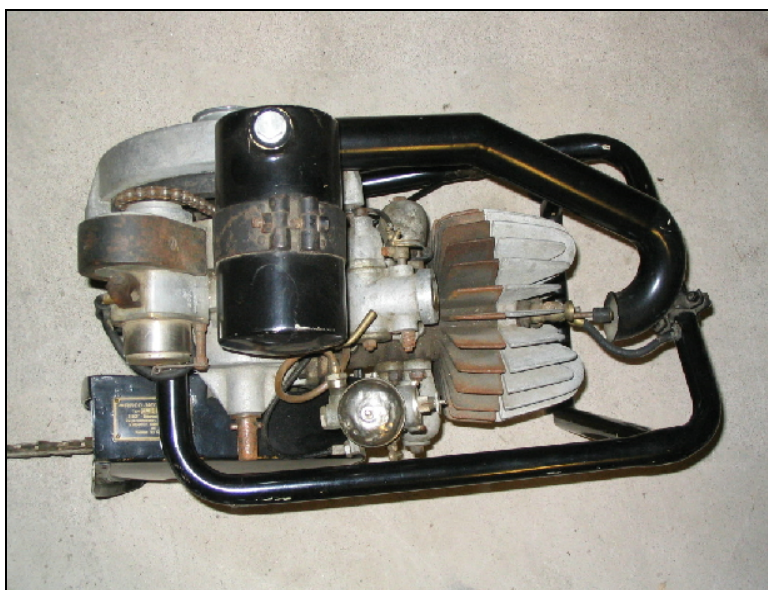
Slika 36: Dvoročna motorna verižna žaga AKCO B60.66 iz leta 1927
(International chainsaw collectors, 2007)

6.3.1.1 Prva dvoročna bencinska motorna verižna žaga

Leta 1925 je podjetje *E. Ring* iz Berlina izdelalo prvo prenosno dvoročno bencinsko motorno verižno žago na svetu (slika 37). Proizvajali so jih pod imenom *Rinco* in *Erco*. Motorna verižna žaga *Rinco* je imela vse značilnosti, ki so potrebne za uporabo pri gozdnih delih, le takratna prodajna cena je bila za današnje razmere za običajno delo v gozdu zelo visoka. Podjetje *E. Ring* je proizvajalo dvoročne motorne verižne žage vse do leta 1945 (Lee, 2006).



Slika 37: Prva prenosna dvoročna motorna verižna žaga na svetu – *Rinco*
(International chainsaw collectors, 2007)



Slika 38: Pogonska enota dvoročne motorne verižne žage *Rinco* (International chainsaw collectors, 2007)

6.3.1.2 Andreas Stihl in razvoj motorne verižne žage

Andreas Stihl se je rodil leta 1896 v Zürichu v Švici. Študiral je strojništvo in v poznih dvajsetih letih svojega življenja bil zaposlen kot mehanik, vzdrževalec strojev in izumitelj v Stuttgartu. Naj omenimo zanimivost, da je leta 1923 izdelal pralni stroj na bencinski pogon. Kljub temu je svoje življenje posvetil lesni industriji. V Stuttgartu je Andreas Stihl delal in opravljal servisne storitve za lokalno tovarno in skladišče. Ko je poizkušal servisirati eno izmed žag *Sector* švedskega izumitelja von Wesfelta, je dojel, da upravljajo gozdarski delavci s težko, neučinkovito in nezanesljivo napravo. V svoji delavnici je leta 1926 razvil dvoročno verižno žago na električni pogon. Tehtala je 64 kg, pri čemer je bila vseeno prenosna, čeprav je potrebovala za delovanje posebej postavljeni trikilovadni generator. Stihl je prototip žage testiral v Schwarzwald in ga v trenutku prodal. Leta 1926 je ustanovil podjetje *Maschinefabrik A. Stihl*. Kmalu je podjetje doživelo živahno prodajo svojega izdelka po Nemčiji, Nizozemski, Belgiji, Franciji in Švici. Stihl je nekaj primerkov z 1,5 m dolgo letvijo prodal tudi v ZDA, kjer je bila prodajna cena 485\$ za kos. Toda gozdarska podjetja so se le počasi prilagajala na nove električne verižne žage, predvsem zaradi njihovih visokih prodajnih cen, težav pri transportu velike električne pogonske enote v gozd, problemov pri električnih enotah (evropske električne enote se razlikujejo od severnoameriških) in znanega odpora do novosti (Lee, 2006).

Električni motorji in motorji z notranjim izgorevanjem so predstavljali novost in upravljalci le-teh so se sprva morali spoznati z delovanjem, upravljanjem stroja in nenazadnje s še težjo nalogo vzdrževanja in popravil.

Stihl je iskal nove metode za izdelavo boljše in priročnejše motorne žage. Leta 1927 je izdelal prvo bencinsko motorno verižno žago. Bila je tako velika, da je bilo potrebno ob prenašanju letev in verigo ločiti od motorja. Že leta 1929 je žagalnim delom za pogon konstrukcijsko pripojil dvotaktni DKW motor s šestimi konjskimi silami. Dvoročna motorna verižna žaga z oznako *A* je bila težka 46 kg, sledil ji je model *B*.

Stihl je doživel razširitev izdelave motornih verižnih žag proti koncu leta 1929 in začetku leta 1930. V letu 1929 je podjetje prodalo 100 kosov dvoročnih motornih verižnih žag na mesec. Leta 1930 je Andreas Stihl izdelal motorno verižno žago s 7,5 konjskimi silami in maso 58 kg, ki jo je poimenoval *The Midget* ("pritlikavec") (Graf, 1982).

6.3.1.3 *Dolmar* – še en nemški začetnik v razvoju motorne verižne žage

V času, ko je Andreas Stihl načrtoval in izdeloval prvo dvoročno bencinsko motorno žago je Emil Lerp, še ena pomembna oseba v razvoju motorne verižne žage, že preizkušal novo dvoročno bencinsko motorno verižno žago. Medtem ko je bila prva verižna žaga na električni pogon narejena pri *Stihlu*, je bila prva verižna žaga na bencinski pogon z ogromnim dvotaktnim zračno hlajenim motorjem in delovno prostornino 246 cm³ narejena v Lerpovem podjetju *Dolmar* (slika 39). Motor je imel 8 KM (5,9 kW) in maso 58 kg (*Dolmar* katalog, 2007).



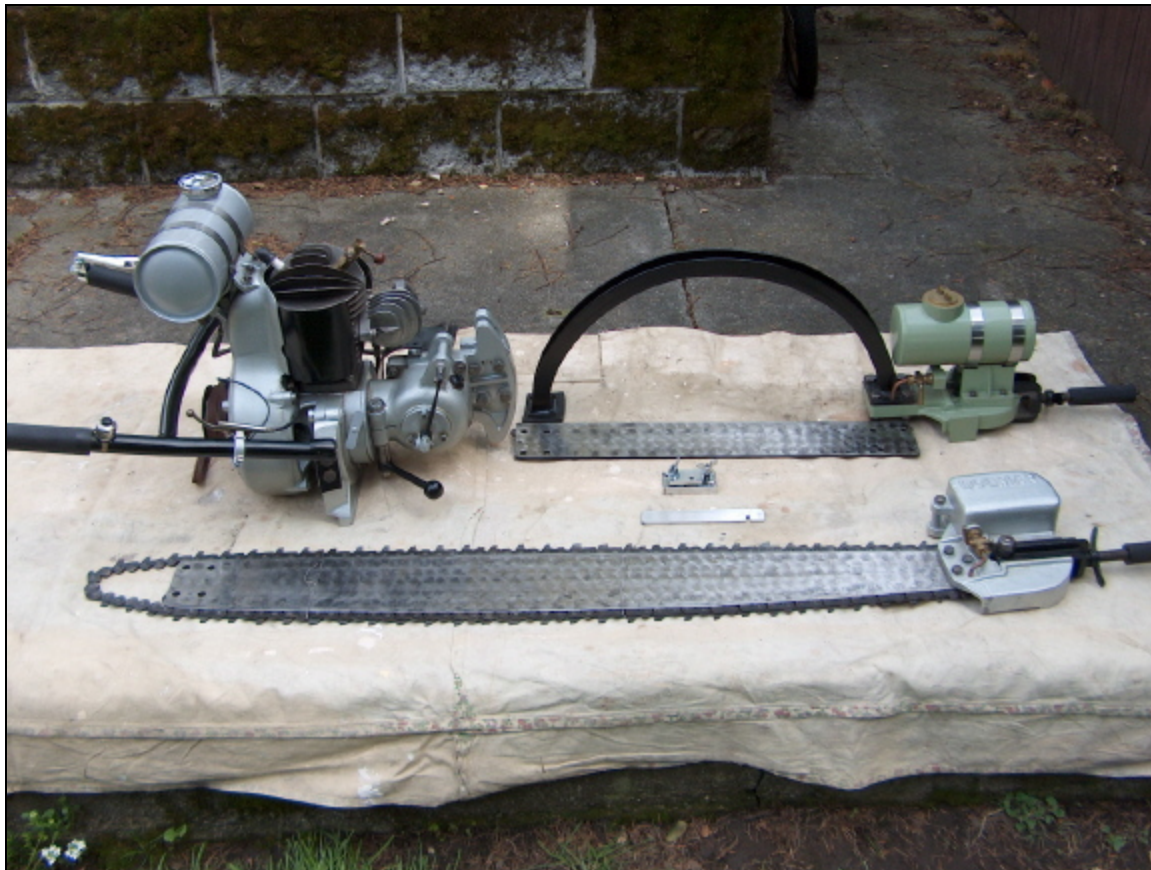
Slika 39: Dolmar A (Chain saw collectors corner, 2007)

Če še danes najzmogljivejše, najmodernejše motorne verižne žage z delovno prostornino motorja 90 cm³, z lahkim in kompaktnim ohišjem ter dušilcem povzročajo škodljiv ropot in škodljivo tresenje, potem si lahko predstavljamo, kakšen ropot in kakšno tresenje je povzročala Lerpova motorna verižna žaga s trikrat večjo delovno prostornino motorja in brez sestavnih delov za manjše tresenje.

Lerp je opravil preizkuse učinkovitosti delovanja motorne verižne žage tipa A na razgibanih gozdnatih področjih Turingije na hribu Dolmar. Preizkusi so bili uspešni, tako da je poimenoval žago in podjetje po omenjeni vzpetini. Leta 1928 je nemška gozdarska revija poročala o testu nove motorne verižne žage *Dolmar* tipa A. Motor je deloval brezhibno, prav tako ni bilo večjih ustavitov ali motenj.

Od leta 1930 do 1939 se je podjetje Dolmar posvečalo izdelavi vse boljših, lažjih in učinkovitejših motornih verižnih žag za nemški, pa tudi tuje trge. Motorna verižna žaga

tipa C (slika 40), ki so jo izdelovali od leta 1930 pa do leta 1937 je imela obliko prilagojeno za dvoročno žaganje, kar je bila takrat dokaj uveljavljena usmeritev.



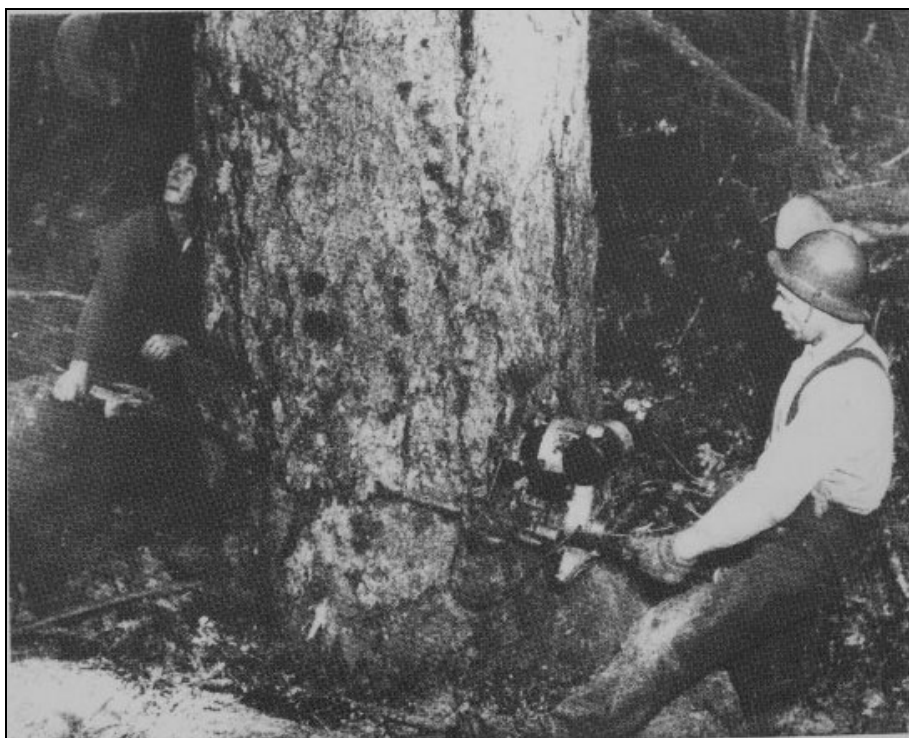
Slika 40: *Dolmar C* iz leta 1933 (Chain saw collectors corner, 2007)

6.3.2 Začetki razvoja in izdelave dvoročne motorne verižne žage v Severni Ameriki

Druga svetovna vojna je imela velik vpliv na proizvodnjo motornih verižnih žag. Nekateri proizvajalci so bili primorani začeti izdelovati izdelke za vojne namene. Omejili ali celo onemogočili so tiste proizvajalce, ki niso hoteli proizvajati za vojne potrebe. V zavezniških državah so iz uporabe umaknili motorne verižne žage nemške proizvodnje, hkrati je prišlo do razveljavitve nemških mednarodnih avtorskih pravic, patentov in s tem do vsesplošne uporabe oblikovnih zasnov strojev in tehničnih inovacij, ki so jih razvili in patentirali v *Stihlu* in *Dolmarju*. Razveljavitev nemških patentov ni bila nikoli preklicana. V Severni Ameriki so posamezniki in različna podjetja uporabili oblikovne zasnove dvoročnih motornih verižnih žag in tehnične izboljšave, ki so prišla iz Evrope.

Robert Shade je leta 1941 iz Anglije uvozil enovaljni motor znamke *Villiers* in izdelal motorno verižno žago *Shade model B* za podiranje dreves imenovano *Forest King*. Bila je kopija modela *Stihl BDK*, relativno lahka, dvoročna z 250 cm^3 delovne prostornine motorja.

Podjetje *Burnett Power Saws&Engineering Ltd.* je pod vodstvom Jacka Challengerja uvedlo pri postopku podiranja drevesa manj izkušeno osebo, ki je upravljala z motorno žago, medtem ko je izkušeni sekač na tanjšem koncu držal, usmerjal, opazoval in skrbel za pravilno in varno podiranje drevesa (slika 41). V času vojne so v takšen postopek uvedli 250-300 ljudi. Takšen trend v gozdni proizvodnji se je nadaljeval tudi kasneje.



Slika 41: Sodelovanje dveh mož pri podiranju drevesa (Lee, 2006: 65)

Podjetje *D. J. Smith Equipment Ltd.* je leta 1939 izdelalo motorno verižno žago model *A*, ki je bila skorajda identična modelu *Stihl BDK*. Izdelali so uspešne motorne verižne žage kot so model *A* in *D*. Njihova najbolj znana motorna verižna žaga je model *K*, znana pod imenom *Timberhog* z 1,5 m dolgo letvijo in maso 68 kg.

Na začetku druge svetovne vojne so Disstonovi inženirji razvili lastno dvoročno, dvovaljno motorno verižno žago s šestimi konjskimi silami v treh različicah: *G-10*, *G-26* (60 cm) in *G-36* (90 cm).

Strojni inženirji podjetja *Mill & Mine Supply* so leta 1940 izdelali domačo kopijo modela *Stihl B2Z*. Uporabili so dvovaljni motor z notranjim izgorevanjem znamke *Muncie* imenovan *Neptun* z 12 konjskimi silami. Leta 1941 so poslali na trg 50 kg težko dvoročno motorno verižno žago imenovano *Titan A*. Vse motorne verižne žage so bile ročno sestavljene in namenjene za uporabo v profesionalne namene v gozdarstvu.

Tudi podjetje *Mall Tool* iz Chicaga, je eno izmed začetnikov proizvodnje dvoročne motorne verižne žage. Leta 1941 so po Stihlovem vzoru izdelali prvo lastno dvoročno motorno verižno žago (*Mall 4*). Kasneje so nadaljevali z izdelavo drugih tipov motornih verižnih žag, vse do leta 1950 pa so proizvajali tudi letve in verige (Lee, 2006).

6.3.3 Začetek zlate dobe razvoja motorne verižne žage

Druga svetovna vojna je preoblikovala svet motornih verižnih žag. Iz spremenljivih začetkov in razdrobljenega evropskega gospodarstva je ustvarila novo in kot se je kasneje pokazalo tudi uspešno panogo industrije v Severni Ameriki. Kljub nepričakovanemu razvoju enoročne motorne verižne žage je bilo leta 1944 še vedno prisotno veliko povpraševanje po dvoročnih motornih verižnih žagah. Na zahodni obali Severne Amerike, kjer so prostrani gozdovi z velikimi debelinami dreves so še vedno potrebovali močne stroje z dolgimi letvami (Lee, 2006).

Severnoameriška podjetja so se usmerila v proizvodnjo za vojaške potrebe, medtem ko so evropska podjetja obdržala ugoden položaj na področju gozdarske proizvodnje.

Podjetja, ki so proizvajala dvoročne motorne verižne žage so bila: *E.Ring*, *Rapid*, *Record*, *Stihl*, *Dolmar*, *NSU*, *Festo* (ZRN), *Werus*, *AKCO* (NDR); *Sylva*, *Leitz* (Avstrija); *BS&W* (*Shade engineering-Burnett*), *Henry Disston & Sons*, *D.J. Smith-Reed Prentice*, *Mill&Mine*

(Titan), IEL, Danarm, Teles, Mall, McCulloch, Hornet Ind., PM, Lombard (ZDA); PPK, Rexo (Francija); Arkimedes (Švedska).

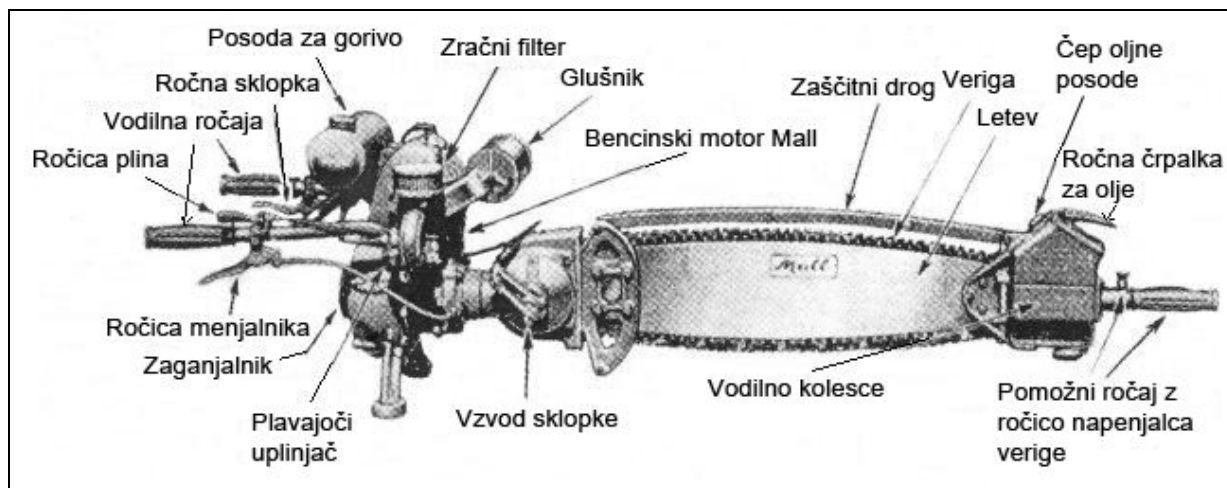
Prodajno uspešne in najbolj učinkovite dvoročne motorne verižne žage v času obdobja dvoročnih motornih verižnih žag in v času, ko so v gozdarstvu pričeli uvajati enoročne motorne verižne žage, so bile:

- *Disston KB7AY*,
- *Disston DA-211*,
- *Titan ER (Bluestreak)*,
- *McCulloch 1225A*,
- *Burnett Powermatic*,
- *Mall 5,6,7, 7H*,
- *IEL Super Twin*,
- *Hornet HJ*,
- *Stihl KS 43*.

Čeprav sta podjetji *Stihl* in *Dolmar* pomembno vplivali na začetek razvoja motornih verižnih žag in vpeljali veliko tehničnih novosti, so se pojavile številne spremembe, ki so bile pogojene z iznajdljivostjo strojnih inženirjev in pritiskom povišane ekonomije (Lee, 2006). Spremembe so bile očitne, vseeno pa je bilo preživetje podjetij, ki so proizvajali motorne verižne žage odvisno od prilagoditev novim potrebam. Dvoročno obliko motorne verižne žage so proizvajali vse tja do leta 1971 (*McCulloch 940* ali *Stihl KS 43*).

6.3.4 Tehnične izboljšave in novosti dvoročne motorne verižne žage

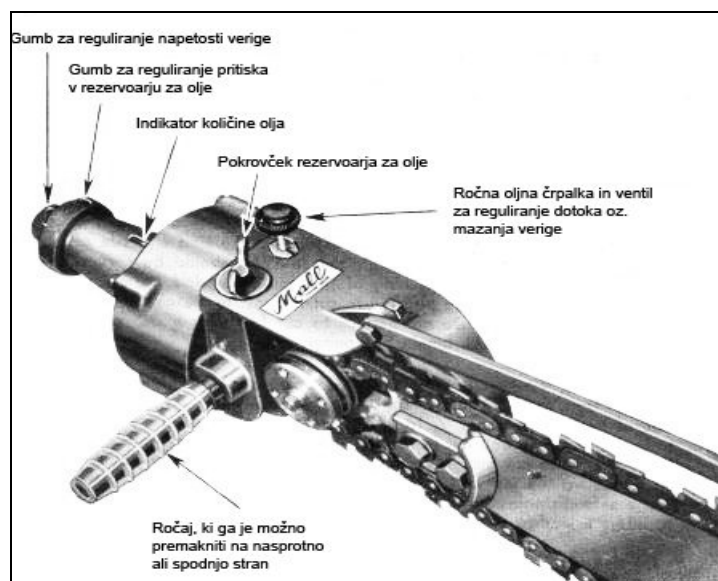
V naslednjem poglavju prikazujemo in opisujemo najpomembnejše tehnične izboljšave in novosti, ki so jih naredili konstruktorji oz. strojni inženirji na dvoročni motorni verižni žagi. Osnovne sestavne dele (slika 42) so skozi leta izboljševali in nadgrajevali s pomembnimi tehničnimi izboljšavami.



Slika 42: Osnovni sestavni deli dvoročne motorne verižne žage Mall 4, izdelane leta 1941
(Chain saw collectors corner, 2007)

Leta 1933 je Emil Lerp (*Dolmar*) na modelu *C* predstavil vrtljivi mehanizem (menjalnik) za premikanje žagalnih delov v vertikalni ali horizontalni položaj s tem, da je pogonska enota ostala v pokončnem položaju. Predstavljeni sta bili še dve novosti: letev je bila sestavljena iz jeklenih ploščic, ki jih je bilo možno zamenjati; na osnovi težnosti delujoč mazalni sistem za verigo.

Leta 1935 je Andreas Stihl predstavil avtomatski sistem mazanja verige.



Slika 43: Značilni mazalni sistem dvoročne motorne verižne žage (Chain saw collectors corner, 2007)

Leta 1935 je Andreas Stihl vgradil v motorno verižno žago centrifugalno sklopko. Centrifugalna sklopka tvori zvezo med motorjem in verigo in ob povečanem številu obratov avtomatično vključi verigo v pogon. Pred tem je bilo potrebno sklopko vključiti ročno s pomočjo ročnega vzvoda in potezne žice.

Leta 1938 je Andreas Stihl izdelal model *BDKH* z novim oblikovanjem in maso 37 kg. Rezervoarja za gorivo in olje sta bila skrita v ohišje, ki je bilo ulito iz magnezijeve litine. Model je imel avtomatski povratni zaganjač.

Model *Stihl KS 43* iz leta 1943 je imel ohišje iz lažje magnezijeve litine, zaganjalne naprave s povratno vzmetjo pa skrite v ohišju. Masa modela je bila 37,5 kg in je imel za takratni čas dokaj napredne izboljšave. Model *Disston G-10* iz leta 1942 je npr. vključeval podobne izboljšave, vendar je imel maso 44 kg.

Leta 1948 je podjetje Mcculloch v model 12-25A (masa 22,5 kg) vgradilo membranski uplinjač, lastno avtomatsko sklopko in nov menjalnik z vrtljivim vodilom (360 stopinj), izdelan s sodelovanjem *Maxa Merza – Mill & Mine Supply* iz Seattla.

Tehničnih izboljšav v obdobju dvoročne motorne verižne žage ni bilo veliko in niso bile tako velikega pomena v primerjavi z kasnejšim obdobjem enoročne motorne verižne žage. Poudarek je bil predvsem na zmanjšanju mase ob uporabi novih materialov, iz katerih so bili narejeni sestavni deli motorne verižne žage.

6.4 OBDOBJE ENOROČNE MOTORNE VERIŽNE ŽAGE

6.4.1 Uvajanje enoročne motorne verižne žage

Po letu 1940 so se začele pojavljati zamisli o razvoju lažjih, manjših in še bolj priročnih motornih verižnih žagah. Zamisel in ideja o enoročni motorni verižni žagi je postajala stvarnost.

Glavne točke nadaljnjega razvoja so bile:

- čim manjša masa,
- čim večji delovni učinek,
- zanesljivost pri delu,
- enostavnost pri rokovanju,
- čim širša možnost uporabe pri delih v gozdu, predvsem pri podiranju in prežagovanju.

Obenem je bilo veliko pomislekov o delu dveh oseb pri postopkih sečnje. Dvoročne motorne verižne žage so bile učinkovito delovno sredstvo pri podiranju drevja, toda le do uvedbe enoročne motorne verižne žage. Prežagovanje pa je bilo za dva človeka izredno nevarno delo. V primeru, ko je bilo deblo na neravnem terenu in je upravljalec na pomožnem ročaju delal na spodnjem delu debla, v trenutku prereza debla ni bilo moč hitro potegniti letev iz reza in se varno umakniti. Zato so porabili veliko časa, da so z sekirami ali ročnimi žagami osvobodili zagozdene dvoročne motorne verižne žage. Na ta način se je poškodovalo veliko gozdnih delavcev, mnogo dvoročnih motornih verižnih žag pa je uničil kotaleči se hlod. Potrebe in želje po vsestransko uporabni motorni verižni žagi za sečnjo in izdelavo gozdnih lesnih sortimentov so postajale vedno večje.

Leta 1941 je v gozdovih Britanske Kolumbije v Kanadi R. M. Burnett preizkusil prilagojeno dvoročno motorno verižno žago *Shade* s sprednjim ročajem za enoročno rabo. Poskus se ni obnesel, saj je bila motorna verižna žaga pretežka, neuravnotežena in brez ostroge.

6.4.1.1 Prva enoročna motorna verižna žaga

Leta 1942 je novoustanovljeno podjetje poimenovano *Industrial Engineering Limited* (IEL) nastalo iz podjetja *Reed-Prentice*. Njihov naslednji projekt je spremenil zgodovino oz. postavil nove temelje razvoju motorne verižne žage. Nastala je prva enoročna motorna verižna žaga na svetu (slika 44). Motorno verižno žago so poimenovali *Beaver*, jo predstavili kot prototip že leta 1944, a dokončno izdelali leta 1946. Masa motorne verižne žage *Beaver* je znašala 15,8 kg ob moči motorja 0,92 kW in delovni prostornini 45,2 cm³. Razmerje masa/moč je bilo 17,2 kg/kW (Lee, 2006).



Slika 44: Prva enoročna motorna verižna žaga *IEL Beaver* na svetu (Chain saw collectors corner, 2007)

Po velikem uspehu so nato leta 1948 izdelali še eno zelo uspešno enoročno motorno verižno imenovano *Pioneer*. Motor je imel delovno prostornino 50 cm^3 , 4,1 KM, 90 cm dolgo letev in je tehtal samo 13 kg (brez meča in verige). Prodaja je bila še večja kot pri modelu *Beaver*.

6.4.2 Uspeh in prodor uporabe enoročne motorne verižne žage

Z iznajdbo enoročne motorne verižne žage podjetja *IEL*, z napredkom v tehnologiji malih motorjev z notranjim izgorevanjem in s spoznavanjem standarda priročnosti in prilagodljivosti enoročne motorne verižne žage, so se po vsem svetu pojavljali novi in novi proizvajalci motornih verižnih žag. *IEL*-u so sledili mnogi proizvajalci z lastno enoročno motorno verižno žago (preglednica 1).

Preglednica 1: Najpomembnejši proizvajalci in leto izdelave njihove prve enoročne motorne verižne žage

Proizvajalec	Tip	Leto	Opombe
IEL	Beaver	1944	
PM	Universal	1947	
PPK	QUICK 25	1947	
Danarm Kanada	Hi-Baller	1947	
Disston	DO-100	1948	
Titan	Junior 200	1948	
Jo-Bu	Senior	1948	
Hornet	DJ-3500H	1948	
Mall	12	1949	
McCulloch	3-25	1949	
Comet	A	1949	Gorivo diesel
Homelite	20MCS	1949	
Be-Bo (Ab Bergbormaskiner)	Be- Bo	1949	
Stihl	BL	1950	
Reed-Prentice	Timberhog Bantam	1952	
Poulan	A	1953	Ločna oblika
Dolmar	CP	1953	
Druzhba	60	1954	
Homelite	17	1954	
Jonsered	XA	1954	Gorivo diesel
Partner	C6	1955	
Remington	Silver Logmaster	1956	
Solo	Rex	1958	
Husqvarna	A90	1959	

Evropski proizvajalci motornih verižnih žag so potrebovali po drugi svetovni vojni kar nekaj let, da so ponovno stopili v razvojni korak, toda v času, ki je sledil, so nepričakovano dobili nov zagon. V petdesetih letih dvajsetega stoletja so inženirji in oblikovalci Stihla in Dolmarja, delali v delovnem okolju, ki ni bilo niti malo primerljivo s tistim pred tridesetimi leti. Konkurenco so predstavljali proizvajalci iz Skandinavije (*Jo-Bu*, *Be-Bo*, *Comet*, *Jonsered*, *Husqvarna*, *Partner*) in Severne Amerike, zato so bile potrebne vedno nove ideje, izboljšave in nove oblike.

Petdeseta leta in začetki šestdesetih let dvajsetega stoletja so bila zlata leta napredka in razvoja motornih verižnih žag. Različne razvojne aktivnosti so se dogajale pri vseh

svetovnih proizvajalcih motornih verižnih žag in tekmovanje v izboljšavah je bilo na vrhuncu. Ob koncu tega obdobja so bile temeljne zunanje poteze in nekatere značilnosti moderne motorne verižne žage že izoblikovane.

Ob uvedbi neposrednega pogona leta 1951 na motorni verižni žagi *IEL HA*, ki je omogočil visoke hitrosti verige in povečane obrate motorja, so preizkusili uporabo pri zelo pomembnem postopku pri sečnji in izdelavi gozdnih lesnih sortimentov - kleščenju vej. Kleščenje vej je bilo do takrat še vedno ročno opravilo, pri katerem so uporabljali sekiro. Majhna hitrost verige pri žagah z menjalnikom je onemogočala kleščenje vej zaradi njihovega trdega lesa. Ostalo je veliko odlomljenih vej in nepožaganih štrcljev. Po drugi strani je bilo kleščenje vej z motorno verižno žago zelo nevarno opravilo, celo omejeno z uredbo, vendar so ugotovili, da je kleščenje vej z novo motorno verižno žago *IEL HA*, zaradi visokih obratov in hitrosti verige učinkovito in varno. Navsezadnje je neposredni pogon postal standard na večini motornih verižnih žag. Kasneje so izdelovali vedno boljše motorne verižne žage z učinkovitim razmerjem med navorom, gibalno prostornino in maso motorja (Lee, 2006).

Ker so postajale motorne verižne žage manjše, cenejše, lažje za upravljanje in vzdrževanje so ne le gozdarski profesionalni uporabniki, temveč tudi zasebni lastniki gozdov spoznali uporabnost le-teh. Leta 1952 je *Titan* postavil nov mejnik z izdelavo prve enoročne motorne verižne žage (model *Sportsman*) namenjene zasebni ali domači uporabi.

V letu 1957 je bilo po vsem svetu že najmanj petinštirideset proizvajalcev motorne verižne žage, ki so ponujali več kot dvesto modelov.

V sedemdesetih letih dvajsetega stoletja so se začele obsežne raziskave o negativnih učinkih in posledicah pri delu z motorno verižno žago (tresenje, ropot, izpušni plini, povratni udarec). Po testiranju prvih Dolmarjevih dvoročnih motornih verižnih žag leta 1937 v Quebecu v Kanadi pri uporabi žaganja lesa za papirno industrijo so ugotovili naslednje: vibracije na ročajih pri motorju so bile tako velike, da se je moral upravljalec na tem koncu žage na vsakih dvajset minut upravljanja zamenjati. Možje, ki so delali na motornem koncu dvoročne motorne verižne žage so bili vajeni tolikšnih vibracij, vendar je

bilo tudi z vidika teže takratnih dvoročnih motornih verižnih žag dobro, da so imeli zamenjavo. Vibracije na ročajih dvoročne motorne verižne žage in tudi pozneje na enoročnih motornih verižnih žag z menjalnikom so imele nizke frekvence, večji problem pa je nastal z uvedbo motornih verižnih žag na neposredni pogon (močni motorji z velikim številom obratov in velikim navorom). Tresenje je postalo zelo škodljivo in povzročalo hude poškodbe (Lee, 2006). Preglednica 2 prikazuje nekaj podatkov takšne raziskave iz leta 1965.

Preglednica 2: Razvrstitev nekaterih motornih verižnih žag na podlagi najpomembnejših ergonomskih, tehničnih in ekonomskih kazalcev po raziskavah iz leta 1965

Znamka/ Tip	Ropot	Tresenje	Poraba goriva in maziva	Učinkovitost	Splošna usposobljenost
<i>Stihl Contra</i>	1-2	5	3	3	4-5
<i>Jobu Tiger</i>	1-2	3	4	5	4-5
<i>Partner R12</i>	3	2	1	2	1-2
<i>Dolmar CC</i>	4	4	5	1	1-2
<i>McCulloch 1-71</i>	5	1	2	4	3

Razlaga k preglednici: 1 – najboljša lastnost, 5 – najslabša lastnost

Iz preglednice je razvidno, da nemška modela *Stihl* in *Dolmar* povzročata največje oz. najbolj škodljivo tresenje. Leta 1965 so bili antivibracijski ročaji v fazi razvoja in niso bili učinkoviti (*Stihl Contra*). Splošna ugotovitev je, da so motorne verižne žage izdelane v Evropi povzročale bolj škodljivo tresenje in manj škodljiv ropot kot motorne verižne žage izdelane v Severni Ameriki.

Konec dvajsetega stoletja se je število proizvajalcev večalo. Dvoročno motorno verižno žago so postopoma nehali uporabljati in trg za neprofesionalno in profesionalno uporabo lahkih motornih verižnih žag je doživel velik razmah. V času 20. stoletja so motorne verižne žage postajale lažje, manjše, priročneje, vse tri omenjene lastnosti pa so postale

pravilo. Plastični deli ohišja so prevladali nad kovinskimi, zaradi pomembnega zmanjševanja mase motornih verižnih žag. Zgornje in spodnje stikalo za dodajanje plina, čok, stikalo za vklop/izklop, zaganjalna naprava so postali industrijski standard. Iskati razlike, prednosti in slabosti med motornimi verižnimi žagami različnih proizvajalcev je postalo težje opravilo.

Okrog leta 1980 so varnostni deli, kot so npr. ročaji proti tresenju in zavora verige, ki zmanjšujejo negativne vplive tresenja na roke uporabnika, oz. preprečijo poškodbe ob povratnem udarcu, postali standard pri izdelavi motornih verižnih žag. Uporabnik mora danes obvezno uporabljati osebna zaščitna sredstva, kot so zaščitne hlače, varnostna obutev, varnostne rokavice, varnostna čelada z glušniki in mrežico (Lee, 2006).

Danes vodilni proizvajalci motornih verižnih žag delijo motorne verižne žage v tri skupine:

- motorne verižne žage z majhno močjo motorja namenjene žaganju lesa za kurjavo, drevesno kirurgijo (sanacija poškodovanih dreves), delu okrog hiše, tesarskim delom, uporabi v sadjarstvu, umetniškemu oblikovanju lesa, itn. Moč motorjev teh žag se giblje od 1,2 kW/1,6 KM do 3,2 kW/4,4 KM. Njihova masa sega od 4 do 6 kg (žage brez letve in verige), letev pa je dolga od 30 – 40 cm.
- t. i. univerzalne motorne verižne žage, ki so namenjene za podiranje in kleščenje. Moč njihovih motorjev se giblje od 2kW/2,72 KM do 4kW/5,44 KM, masa od 4,6 do 6,5 kg, dožina letve pa od 32 do 50 cm.
- motorne verižne žage namenjene profesionalni uporabi. Gre za močne in robustne izvedbe žag za vsakodnevno večurno podiranje dreves. Močni motorji omogočajo, da jih lahko uporabljamo tudi pri žaganju trdega lesa. Uporabljajo se tudi pri delu v težkih delovnih razmerah v tropskih gozdovih. Moč motorja teh žag se giblje od 4,8kW/6,5 KM do 6,3kW/8,6 KM, njihova masa (samo motorna enota) pa od 7 do 9 kg. Letve so dolge od 50 do 90 cm.

Preglednica 3: Primerjava tehničnih podatkov treh značilnih tipov motornih verižnih žag za določeno skupino

	Stihl MS 192 T	Husqvarna 455 Rancher	Stihl MS 650
Skupina	1	2	3
MOTOR			
Vrsta	Zračno-hlajeni, enovaljni, dvotaktni z horizontalno nameščenim valjem	Zračno-hlajeni, enovaljni, dvotaktni z tehnologijo enakomernega mešanja zraka in goriva proti emisijam	Zračno-hlajeni, enovaljni, dvotaktni
Delovna prostornina (cm ³)	30,1	56	84,9
Moč (kW/KM)	1,3/ 1,8	2,6/ 3,5	4,8/ 6,5
Razmerje med maso in močjo (kg/kW)	2,3	2,3	1,5
Vžigalna svečka	NGK BPMR 7A	NGK BPMR 7A ali Champion RCJ-7Y	Bosch WSR-6F ali NGK BPMR 7A
Št. vrtljajev prostega teka (min-1), št. max vrtljajev (min-1)	3000, 12600	2700/12800	2500/12600
Uplinjač	Membranski z integrirano črpalko za gorivo	Membranski Zama	Membranski Walbro
REZALNA GARNITURA			
Letev (debelina gonilnega člena (mm))	z vodilnim kolescem /1,1	z vodilnim kolescem	Z vodilnim kolescem tip Rollomatic E
Gonilno kolesce in sklopka	Znotrajležeča sklopka	Znotrajležeča sklopka	Zunajležeča sklopka
Korak verige (")	3/8	0,325	3/8
DODATNA OPREMA			
Letev (max, dolžina) (cm)/posebna letev (cm, pitch")	max do 40, 25 in 30 z ¼"	Od 33 do 50	40, 45, 63, 75, 80, 90
GLAVNE MERE IN DIMENZIJE			
Dolžina – motor z ostrogo/ z rezalno garnituro (mm)	255/ 525	425/ 778 (38 cm letev)	470/ 940 (50 cm letev)
Širina – motor/ z ročaji(mm)	163/ 220	189/ 222	205/ 267
Višina – motor/ z nosilnim ročajem(mm)	207/ 238	226/ 295	221/ 320
Prostornina posode za gorivo/mazivo (l)	0,27/ 0,23	0,45/ 0,30	0,82/0,36
Masa – z rezalno garnituro/ brez rez. g. (g)	3620/ 3170	6800 (letev 38 cm)/ 5900	9700 (50 cm letev)/ 7300

6.4.3 Motorna verižna žaga na diesel pogon

Prvo motorno verižno žago na diesel pogon imenovano *Comet* je leta 1949 v Oslu na Norveškem razvil Rasmus Wiig (*Norsk Sagbladd Fabrik*). Z maso 8,5 kg je bila glede na standarde takratnega časa presenetljivo lahka in kar za 2,7 kg lažja od uspešne motorne verižne žage na bencinski pogon *McCulloch 3-25*, ki je prišla na trg isto leto.

Vžig v dieselskem motorju povzroči visoka temperatura, na katero se ogreje močno stisnjen zrak v valjih. Visoka kompresija namreč ustvari temperature, ki so višje od vžigalne temperature plinskega olja. Plinsko olje ne pride v valj pomešano z zrakom, marveč ga pod visokim pritiskom vbrizgava v valj posebna šoba. Ob stiku z vročim zrakom se plinsko olje vžge. Vsaka šoba vbrizga v valj natančno odmerjeno količino goriva, ki ga dovaja od motorja gnana visokotlačna črpalka.

Rasmus Wiig je za vžig motorja namesto električnega vira toplote, uporabil propan, ki je bil shranjen v posebni ročki s cevjo. S propanom je ogrel poseben vžigalen čep imenovan *tandror* in ko je prišlo do iskrenja, je s potegom zaganjalne vrvice zagnal motor. Posoda s propanom je zadostovala za več kot sto vžigov motorne verižne žage. Diesel motor motorne verižne žage *Comet A* je tako kakor drugi diesel motorji imel pripravo za vbrizgavanje goriva, kot je uplinjač pri bencinskih motorjih. To je omogočalo delovanje motorne verižne žage v vseh položajih žaganja, tako kot npr. pri takrat novi žagi *McCulloch 3-25*. Motor je deloval na plinski pogon (nafta), kerozin ali mešanico bencina in olja. Mrzlo vreme in zimske razmere, ki so značilne za Norveško, so povzročale probleme, saj je propan v ročki izgubil tlak. Če se je to zgodilo, so uporabniki sneli rokavice in poizkušali ogreti ročko z golimi rokami, vendar je ob mrzlem vremenu in temperaturi pod nič stopinj celzija in v primeru večkratnih poskusov to postalo zelo neprijetno opravilo.

Motorna verižna žaga *Comet A* je doživela uspeh. Wiig je zaradi nezmožnosti večje proizvodnje, licenco za izdelovanje oddal švedskemu podjetju *Como M. T. Bjerke Company*. To je pomenilo razvoj tipa *B*, ki so ga med leti 1950 in 1953 prodali približno tisoč enot. Leta 1953 so izdelali tip *C* ali *S* (slika 45) z avtomatsko povratno zaganjalno napravo imenovano *Magnapull*. Švedsko podjetje *Jonsered* je leta 1954 vstopilo v svet

motornih verižnih žag s prvim tipom *Jonsered P* (*P-propan*), ki je bil konstruiran glede na Wiggovo konstrukcijo. *Jonsered XA*, ravno tako z diesel pogonom, je nekaj mesecev kasneje ugledal prodajni trg. *Jonsered* je kasneje proizvedel kar nekaj tipov motornih verižnih žag na diesel pogon, kot sta *XA 19* in *XC*. V petdesetih letih dvajsetega stoletja nenadnega napredka v razvoju motornih verižnih žag, so motorne verižne žage na diesel pogon nakazale bodočo možnost razvoja, a jih kljub navideznim prednostim niso razvijali naprej (Blake B., 2002).



Slika 45: Comet S (tretja različica prve motorne verižne žage na diesel pogon) s posodo, kjer je shranjen propan (Chain saw collectors corner, 2007)

6.4.4 Motorna verižna žaga z Wanklovim motorjem

Leta 1975 sta nemški podjetji *Sachs & Fichtel* (podjetje, znano po izdelavi prvega zračno hlajenega wanklovega motorja) in *Dolmar* izdelali prvo motorno verižno žago *KMS-4* z

wanklovim motorjem na svetu (slika 46). Z današnjega vidika je *KMS-4* tudi edina motorna verižna žaga z wanklovim motorjem.



Slika 46: Prva in edina motorna verižna žaga z Wanklovim motorjem na svetu *Dolmar KMS-4*
(Chain saw collectors corner, 2007)

Wanklov motor je bil sestavljen iz ovalnega, v sredini nekoliko stisnjene ohišja (trohoidno ohišje), v katero se prilega rotor (bat) v obliki trikotnika z izbočenimi stranicami. Pri vsakem vrtljaju rotorja se je motorna gred (pogonska gred) trikrat zavrtela. Rotor se je obračal v ohišju ekscentrično, in sicer tako, da so bili njegovi trije vogali vedno na steni ohišja. Z motorno gredjo je bil povezan s planetnim gonilom. Med tremi stranicami rotorja in notranjo steno ohišja so bili trije delovni prostori, katerih prostornina se je med vrtenjem rotorja stalno spreminjala.

KMS-4 je imela 4 KM pri 8000 obratih na minuto, delovno prostornino motorja 58 cm³ in maso 8,9 kg (skupaj z letvijo dolžine 40 cm in verigo). Na zunaj je bila podobna ostalim motornim verižnim žagam. Kot so navajali pri *Sachs & Fichtel* je imela *KMS-4* odločujoče

prednosti pred standardnimi motornimi verižnimi žagami, ki so se pokazale pri obratovanju oz. žaganju.

Prednosti so bile naslednje:

- wanklov motor ne povzroča vibracij ali pa so neznatne, zato AV ročaj ni bil potreben,
- vžig Sachs-Wanklovega motorja je bil tudi v neugodnih vremenskih razmerah ali ekstremnih temperaturah hiter,
- zelo ugodno število obratov je omogočilo večje učinke žaganja, tako pri podiranju, kleščanju vej in razžagovanju.

Wanklov motor je bil močan, učinkovit, relativno tih, njegov zagon je bil hiter. Vseeno pa je bila tehnologija standardnih motornih verižnih žag znana in kupci so bili v dvomih. Čeprav je motor deloval učinkovito in relativno tiho, je bil težak v primerjavi z motorji standardnih motornih verižnih žag enakih velikosti. Druga velika slabost je bila zahteva po ogretem motorju pred vžigom. Čeprav je imela motorna verižna žaga *KMS-4* sprva velik potencial, ni dosegla večjega komercialnega uspeha (Remic, 1975).

7 TEHNIČNE IZBOLJŠAVE IN NOVOSTI MOTORNE VERIŽNE ŽAGE

7.1 PRIMERJAVA GLAVNIH SESTAVNIH DELOV STAREJŠE IN NOVEJŠE MOTORNE VERIŽNE ŽAGE

Glavne sestavne dele v osnovi razdelimo na dele pomembne za delovanje (žagalni in motorni deli) in dele pomembne za varnost.

S primerjavo sestavnih delov med starejšo motorno verižno žago *Stihl BLK* (1954) in novejšo žago *Dolmar PS-7900* (2003) lahko spoznamo bistvene razlike v razvoju in tehničnem napredku. Gre za velike spremembe pri sestavnih delih namenjenih delovanju, predvsem pri zmogljivosti motorne verižne žage. Veliko sprememb pa je bilo namenjeno sestavnim delom za varnost, kar je ključnega pomena, tudi za nadaljni razvoj motornih verižnih žag. Podrobnosti in razlike prikazujejo preglednici 4, 5 in slike 47, 48.

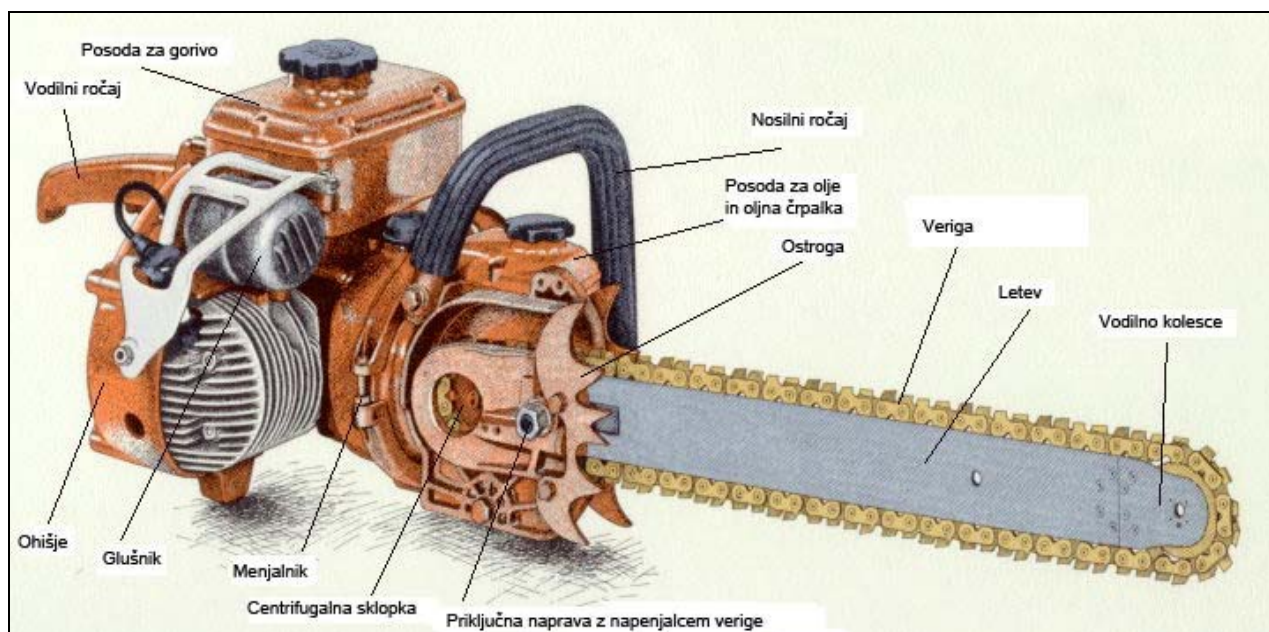
Preglednica 4: Tehnični podatki *Stihl BLK* in *Dolmar PS-7900*

Proizvajalec/Tip	Stihl BLK (1954-1968)	Dolmar PS-7900 (2003-)
Moč motorja (kW/KM)	2,6 / 3,5	4,6 / 6,3
Delovna prostornina (cm ³)	98	79
Dolžina meča (min. max.v cm)	30 - 75	38 - 70
Masa (brez goriva, maziva in rezalne garniture v kg)	11	6,3
Razmerje masa/moč (kg/kW)	4,23	1,37
Korak verige (")	1/2	3/8

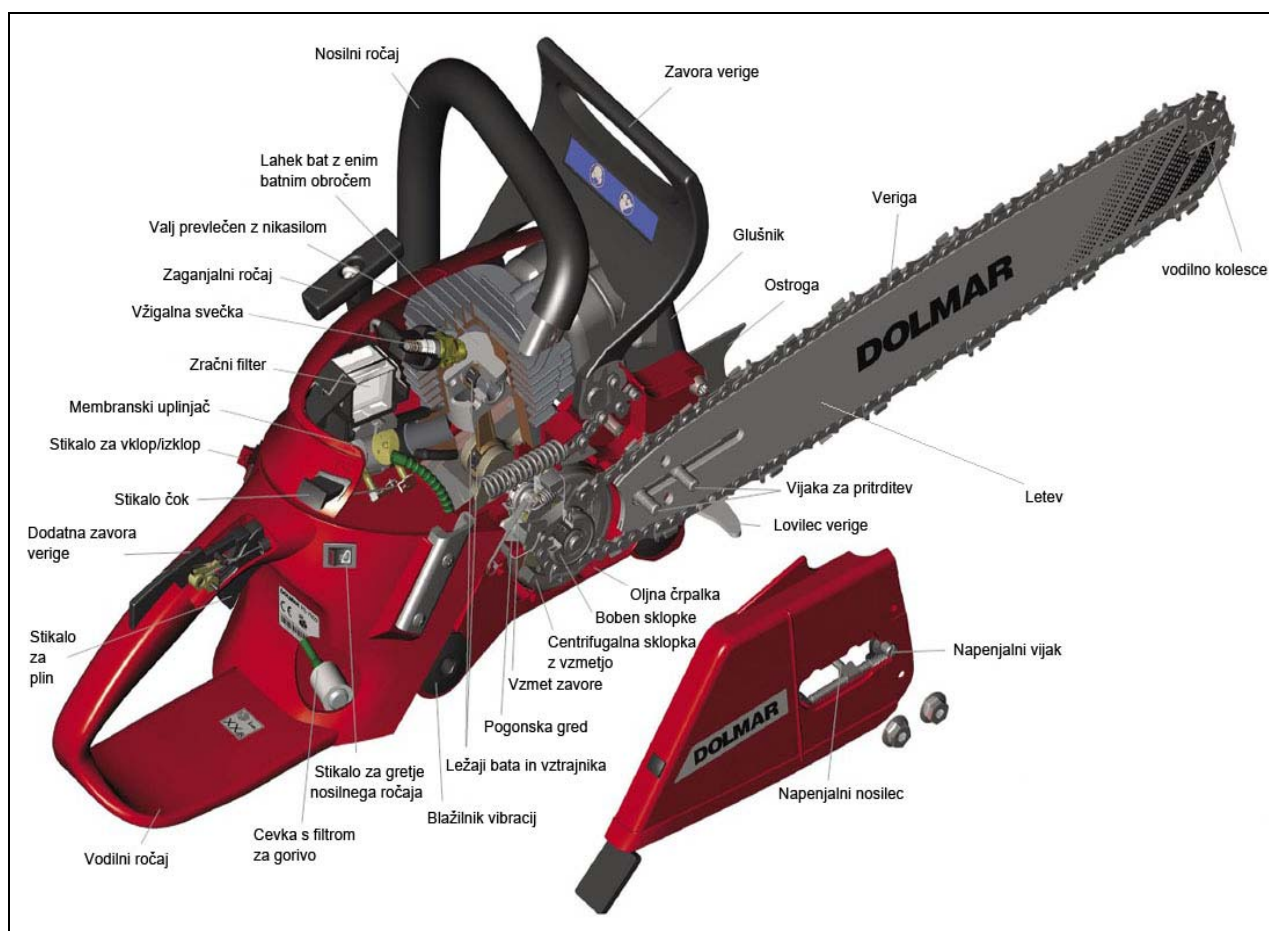
Preglednica 5: Primerjava sestavnih delov med starejšo in novejšo motorno verižno žago

Sestavni deli	Stihl BLK	Dolmar PS-7900
MOTORNI DELI	Dvotaktni motor (valj, bat z batnimi obroči, ojnica, vztrajnik, motorna gred, kanali v valju, karter, ventilator, posoda za gorivo, magnetnik z vžigalno svečko).	Dvotaktni motor (valj, bat z batnimi obroči, ojnica, vztrajnik, motorna gred, kanali v valju, karter, ventilator, posoda za gorivo, magnetnik z vžigalno svečko, električno stikalo in regulator števila obratov).
	<u>Plavajoči uplinjač s filtrom za zrak</u>	<u>Membranski uplinjač s filtrom za zrak</u>
	Zaganjalnik z ročico zaganjalne vrvice	Zaganjalnik z ročico zaganjalne vrvice
	Sklopka (centrifugalna)	Sklopka (centrifugalna)
	Tank za olje in oljna črpalka	Tank za olje in oljna črpalka
ŽAGALNI DELI	<u>Menjalnik z vrtljivim mehanizmom</u>	<u>Neposredni pogon</u>
	<u>Priključna naprava z ostrogo</u>	<u>Zaščitni pokrov z ostrogo</u>
	Pogonsko kolesce verige	Pogonsko kolesce verige
	Letev	Letev
	Vodilno kolesce na koncu letve	Vodilno kolesce na koncu letve
	Veriga	Veriga
	<u>Napenjač</u>	<u>Napenjalni nosilec z napenjalnim vijakom</u>
SESTAVNI DELI POMEMBNI ZA VARNOST	Glušnik	Glušnik
	<u>Zaščitni drog</u>	<u>Ščitnik leve roke z zavoro verige</u>
	/	<u>Zapora vzvoda za plin (zgoraj na vodilnem ročaju)</u>
	/	<u>Razširjeni del vodilnega ročaja (spodaj)</u>
	/	<u>Lovilec verige</u>
	/	<u>Gumijasti čepi ali spiralne vzmeti (antivibracijski ročaji)</u>
	/	<u>Ogrevani ročaji</u>

Razlaga k preglednici: Razlike v sestavnih delih so podčrtane.



Slika 47: Glavni sestavni deli modela *Stihl BLK* iz leta 1954 (Chain saw collectors corner, 2007)



Slika 48: Glavni sestavni deli modela *Dolmar PS-7900* iz leta 2003 (Dolmar, 2007)

7.2 NAJPOMEMBNEJŠE TEHNIČNE IZBOLJŠAVE IN NOVOSTI SESTAVNIH DELOV POMEMBNIH ZA DELOVANJE

Revolucionarni prototip stroja iz leta 1944 imenovan *Beaver* ni prestal zahtevnih preizkusov, zato so ga poskušali izboljšati. Prototip ni imel dovolj moči in ne sklopke, kar je pomenilo nevaren zagon motorja in veliko možnost ustavljanja verige pri žaganju. *IEL* je povečal moč motorja, dodal sklopko na ročni pogon, večji problem pa se je pojavil pri rokovanju z motorno verižno žago.

Ker je bil motor sestavljen iz plavajočega uplinjača, je bila uporaba motorne verižne žage omejena na pokončni položaj. Takšen, omejen način uporabe, je bil možen pri dvoročni motorni verižni žagi, ki je imela vrtljivi mehanizem za spreminjanje položaja žagalnih delov, medtem ko je bil pri enoročni motorni verižni žagi, ki naj bi bila namenjena žaganju v vsakem položaju, to zelo omejujoč dejavnik.

Pri podjetju *IEL* so razvili poseben mehanizem, ki je bil nameščen med glavno pogonsko enoto in uplinjačem s tankom za gorivo. Ta je v primeru podiranja drevesa omogočal premik celotne pogonske enote z žagalnimi deli v vertikalni položaj, pri čemer je ostal uplinjač v pokončnem položaju. Uvedli pa so tudi revolucionarna ročaja za upravljanje. Dvoročna motorna verižna žaga je imela vodilni ročaj za uporabo z obema rokama. Medtem ko je enoročna žaga zahtevala sprednji ročaj za vodenje žage s pomočjo vzvoda na ostrogah in zadnji vodilni ročaj za upravljanje z uporabo ene roke. Prototip *Beaver* je imel posebna ročaja, ki pa sta bila nerodna za oprijem, še zlasti ročaj za upravljanje. Zato so leta 1946 pri končni prodajni različici modela *Beaver* izdelali sprednji ročaj, ki je ob menjavi položaja stroja v horizontalni ali vertikalni položaj še vedno nudil dober oprijem, zadnji ročaj pa je bil oblikovan kot ročaj revolverja. Takšna oblika ročajev je bila zelo dobra s čimer so postavili osnovo drugim proizvajalcem za nekaj desetletij.

Tehnična izboljšava, ki je izrednega pomena za delovanje enoročne motorne verižne žage in ki jo je Robert Paxton McCulloch leta 1948 prenesel v konstrukcijo motornih verižnih žag, je membranski uplinjač (v osnovi je bil membranski uplinjač razvit za letalske motorje). Vse do leta 1950 je bil splošno razširjen navaden (plavajoči) uplinjač. Deloval je

na preprostem in učinkovitem principu na osnovi gravitacije, ob predpostavki, da je bil ves čas postavljen v pokončni položaj. Glavna prednost membranskega uplinjača je v tem, da nemoteno obratuje v vseh položajih motorne verižne žage. V primerjavi z novejšimi žagami, ki jih lahko upravljamo v vseh položajih, so bile žage pred letom 1950 omejene izključno na delovanje v pokončnem položaju. Z vrtljivim mehanizmom ali menjalnikom, ki je bil nameščen med pogonsko enoto in uplinjačem, pa se je lahko žagalne dele premaknilo v položaj za podiranje drevesa ali v položaj za prežagovanje debel. *McCulloch 3-25* je bila prva motorna verižna žaga, ki je imela membranski uplinjač (slika 49). S to novostjo so lahko žagali v vsakem položaju, odstranili še en težak mehanizem (prenosni menjalnik) in poenostavili uporabo motorne verižne žage. Kasneje je vodilni proizvajalec uplinjačev *Tillotson* za proizvajalce motornih verižnih žag razvil in izboljšal membranski uplinjač s črpalko za gorivo, s tem je membranski uplinjač postal standard in pomemben sestavni del motorne verižne žage.



Slika 49: Prva motorna verižna žaga z membranskim uplinjačem (*McCulloch 3-25*)

(Chain saw collectors corner, 2007)

Z omenjeno spremembo, s katero je bilo moč voditi žago v vseh položajih, je bilo potrebno spremeniti tudi ročaje. Iz prejšnjega zaokroženega ročaja okrog celotne žage, so oblikovali dva ročaja, enega na vrhu in enega ob strani žage, s čimer je bilo omogočeno zadovoljivo

upravljanje. Zadnji oz. vodilni ročaj je ostal skoraj enak, le pomaknjen v nižji položaj, tako da je bilo možno obračati žago ne glede na spremembo centra težnosti. Enoročna motorna verižna žaga je počasi dobivala današnjo, “moderno” obliko (Lee, 2006).

Leta 1950 je podjetje *Armstrong* razvilo in izdelalo zanesljivo zaganjalno napravo s povratno vzmetjo. Zaganjalna vrstica je bila narejena iz najlona, kar je pomenilo večjo fleksibilnost in lažjo menjavo, če se je strgala. Na začetku so imele motorne verižne žage ročni zagon motorja, prek zaganjalne vrvi (vrv, jeklen kabel) ali jermena, ki je bil ovit okoli utorov vztrajnika. Ročni poteg je povzročal veliko težav, še posebej pri večjih motorjih. Nekateri motorji so bili znani po prezgodnjem vžigu ali močnih sunkih, kar je lahko povzročilo poškodbe prstov. Dodatni problem je predstavljal oprijem z zaganjalno vrvjo. Delavec je lahko med potegom izgubil vrv in dobil udarec v vratni predel (Lee, 2006).

Leta 1951 je doseglo podjetje *IEL* nov pomemben razvojni dosežek, saj je poslalo na trg motorno verižno žago modela *HA*, ki je imela prvi neposredni pogon na svetu (slika 50), kar je pomenilo konec okornega menjalnika (posredni – indirektni pogon) (Lee, 2006). Pred to izboljšavo je bilo potrebno v primeru spremembe smeri žaganja iz horizontalnega v vertikalno ali poševno žaganje, s posebnim vzvodom odklopiti menjalnik, obrniti letev z verigo v želeni položaj in ga zopet zaklopiti. Ta menjava je bila precej nerodna, včasih celo nevarna, ker se je lahko delavec poškodoval na verigi ali celo opekel na glušniku, če ni bil dovolj pazljiv, kajti menjavo je bilo potrebno izvršiti med obratovanjem motorja, ko je delavec z levo roko držal motorno verižno žago v zraku, z drugo pa izvršil menjavo. Po drugi strani pa je bilo to tudi zamudno opravilo (Remic, 1967). Leto 1951 je pomenilo začetek obdobja neposrednega pogona motorne verižne žage.



Slika 50: Prva motorna verižna žaga z neposrednim pogonom na svetu (IEL HA)
 (Chain saw collectors corner, 2007)

Preglednica 6: Seznam proizvajalcev in leto izdelave njihove prve motorne verižne žage na neposredni pogon

Proizvajalec	Tip	Leto	Opombe
IEL	HA	1951	Prva motorna verižna žaga z neposrednim pogonom na svetu
Monark	Silver King DD	1953	
Mall	4MG	1955	
PM	19	1956	
Homelite	EZ	1956	
McCulloch	D44	1956	
Danarm	DD.8F	1957	
Solo	Rex	1958	Prva motorna verižna žaga z neposrednim pogonom v Evropi
Partner	R11	1958	
Husqvarna	A90	1959	
Stihl	Contra	1959	
Dolmar	CC	1961	

Leta 1952 je podjetje *Reed-Prentice* predstavilo motorno verižno žago *Timberhog Bantam* s prvim avtomatskim mazalnim sistemom. V letih pred tem je bilo opravilo ročno. Upravljallec je presodil, kdaj je potrebno mazanje in takrat je s pritiskom pognal oljno črpalko, ki je opravila svoje delo (Graf, 1982).

Leta 1962 je podjetje *McCulloch* izdelalo motorno verižno žago model *BP-1* (Acres, 2007). Prvič so predstavili vgrajeno napravo za brušenje verige imenovano *Power-Sharp system*. S pritiskom na poseben vzvod ali gumb, naprava samodejno nabrusi srpaste rezilne zobje, kakor tudi globinske vodilne zobe na verigi. Brusilna naprava, ki je vgrajena ob gonilnem kolescu je zelo preprosta. Gre za brusilo, ki je zaokroženo tako, da se prilega polkrogu gonilnega kolesca oz. verige, ki kroži po njem (Turk, 1964).

Z modelom *BP-1* je bila predstavljena še ena novost in sicer delovanje motorja z dvema batoma. Močan motor s 4,2 KM modela *BP-1* je deloval z batom za pogon (moč) in batom za uravnoteženost delovanja, ki je deloval v nasprotni smeri. Kmalu je podjetje *McCulloch* model *BP-1* umaknilo iz prodaje, saj je zaradi velike moči in vsaj 10.000 obratov na minuto pri polnem plinu obstajala nevarnost poškodb uporabnika (Lee, 2006).

Leta 1963 je podjetje *Homelite* izdelalo prvo motorno verižno žago s centrifugalnim regulatorjem števila obratov (hitrost verige) imenovanim *Homelite Stick Shift*. Regulator ima nalogo, da prepreči preveliko število obratov motorja pri nizki obremenitvi. *Stihl Contra* iz leta 1959 sestavlja regulator števila obratov, ki deluje na principu zračnega toka (Remic, 1967).

Pravilno napeta veriga je bila vedno pomemben element pri učinkovitem žaganju. Pri dvoročnih motornih verižnih žagah je bil sistem napenjanja verige na koncu letve (napenjalni vzvod), kjer je bil tudi oljni sistem. Pri enoročni motorni verižni žagi pa napenjamo verigo prek napenjalnega vijaka in potrebujemo izvijač oziroma kombiniran ključ (pritrditev letve). Pri novejših izvedbah motornih verižnih žag za hitro nastavitve pravilne napetosti verige ter pritrditev letve ne potrebujemo orodja. Z vrtenjem napenjalnega kolesa se vrti tudi napenjalna plošča, ki spreminja krožno gibanje napenjalnega kolesa v premočrtno gibanje letve (pri starejšem načinu je to funkcijo

opravljaj napenjalni vijak). V odvisnosti od smeri vrtenja se letev premika naprej in nazaj, glede na to pa tudi napenjamo ali popuščamo verigo (Marenče, 1995).

Kompenzator ali izravnalec je tehnična izboljšava devetdesetih let dvajsetega stoletja. Spada k uplinjaču in skrbi za ohranjanje pravilnega razmerja goriva in zraka ne glede na stopnjo umazanosti zračnega filtra. Pri umazanem zračnem filtru dobiva uplinjač zaradi nečistoč manj zraka kot sicer. Vsebnost goriva v zmesi se poveča, obrati se znižajo, moč motorja pade. Pri tem se v izpušnih plinih poveča tudi vsebnost škodljivih zmesi. Kompenzator zmanjšuje te spremembe, ohranja pravilno razmerje med gorivom in zrakom in preprečuje izgube moči zaradi nečistoč na zračnem filtru. Obratovanje motorja je bolj enakomerno, delo bolj učinkovito, zračni filter pa je potrebno čistiti manj pogosto.

Zagonska ročica *Elasto-Start* (1991) je še ena od Stihlovih izboljšav. Ročica zagotavlja enakomerne, manj obremenjujoče gibe pri vžigu motorja. Gumijast element v ročaju prestreže večino zagonskih tresljajev, ki jih povzroča premagovanje kompresije motorja.. Pri zaganjanju, ki traja približno 0,3 sekunde (en poteg) se odpor zaradi kompresije približno pet- do sedemkrat prenese na vrstico oz. roke sekača (Marenče, 1995).

Električno ogrevanje uplinjača je novejša izboljšava in omogoča normalno obratovanje motorne verižne žage v izjemno neugodnih klimatskih razmerah (npr. zimski delovni pogoji v severnih deželah kot sta Finska in Kanada). Problematičnih je samo nekaj prvih minut obratovanja, ko lahko prihaja do motenj pri delovanju motorja. Ta izboljšava zagotavlja lažji vžig hladnega motorja in normalno delo, saj dodatno gretje uplinjača preprečuje zmrzovanje (Marenče, 1995).

7.3 MASA IN MOČ MOTORNIH VERIŽNIH ŽAG

Masa je eden izmed glavnih in odločujočih dejavnikov pri izdelavi in konstrukciji motorne verižne žage. Glavni poudarek pri konstruiranju motorne verižne žage je želja, da maso motorne verižne žage zmanjšamo, ohranimo pa ostale tehnične lastnosti žage.

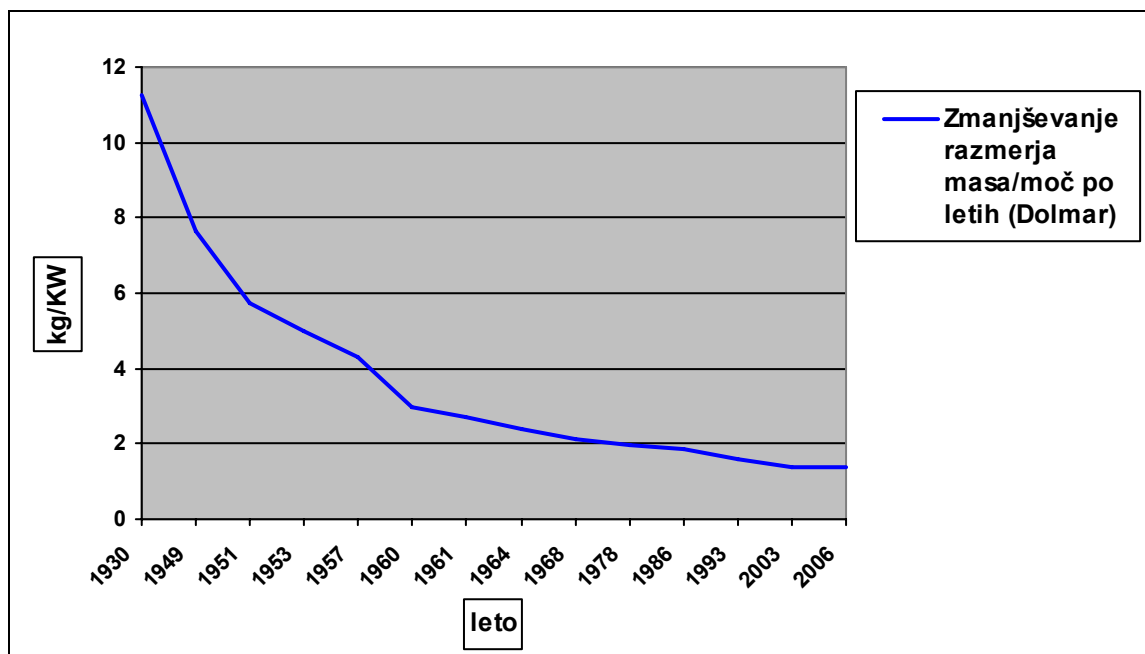
Preglednica 7: Masa nekaterih dvoročnih motornih verižnih žag

Proizvajalec	Tip	Leto	Masa (kg)	Opombe
Dolmar	C	1930	45	Samo pogonska enota
Stihl	BDKH	1938	37	Samo pogonska enota
Mall	5	1944	23,5	Samo pogonska enota
McCulloch	5-49	1949	22,2	Samo pogonska enota
IEL	PD-Super Twin	1951	20,4	Samo pogonska enota
McCulloch	940	1969	15,9	Samo pogonska enota
PM	Torpedo	1952	16,5	Samo pogonska enota
NSU	Ural	1936	42,5	Pogonska enota in rezalna garnitura (letev 61 cm, veriga)
Reed-Prentice	Timberhog A	1940	54,5	Pogonska enota in rezalna garnitura (letev 101 cm, veriga)
Disston	KB6-A	1942	44	Pogonska enota in rezalna garnitura (letev 61 cm, veriga)
Titan	E	1944	48	Pogonska enota in rezalna garnitura (letev 122 cm, veriga)
Mall	10	1944	26,3	Pogonska enota in rezalna garnitura (letev 61 cm, veriga)
Burnett	C	1946	34	Pogonska enota in rezalna garnitura (letev 122 cm, veriga)
Spear&Jackson	Junior	1946	34	Pogonska enota in rezalna garnitura (letev 122 cm, veriga)
PPK	Quick 100-125	1949	50	Pogonska enota in rezalna garnitura (letev, veriga)
Teles	SLCS	1950	30,8	Pogonska enota in rezalna garnitura (letev 50 cm, veriga)
Danarm	Mark 3C - 28	1956	56,2	Pogonska enota in rezalna garnitura (letev 124,5 cm, veriga)

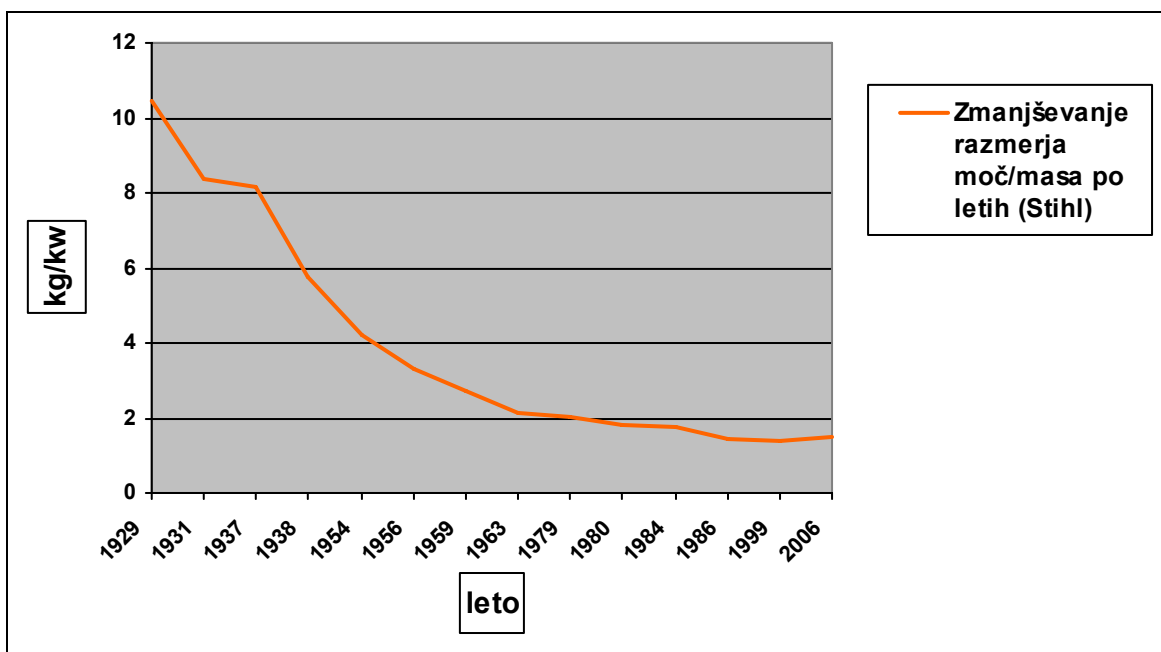
Preglednica 8: Zmanjševanje mase dvoročnih in enoročnih motornih verižnih žag McCulloch po letih

Leto	Masa
1948	Motorna verižna žaga z maso manjšo od 23 kg
1949	Motorna verižna žaga z maso manjšo od 11 kg
1953	Motorna verižna žaga z maso manjšo od 9,5 kg
1965	Motorna verižna žaga z maso manjšo od 4,5 kg
1968	Motorna verižna žaga z maso manjšo od 2,7 kg
1970	Linija motornih verižnih žag z maso manjšo od 2,7 kg za neprofesionalno uporabo

Poleg podatka o moči motorja s katerim opredelimo posamezno motorno verižno žago, lahko podamo tudi podatek o masi, preračunani glede na njeno moč (specifična masa). Razmerje masa/moč (kg/kW) je podatek, ki se je v razvoju motornih verižnih žag bistveno spreminjal. Zmogljivejše motorne verižne žage imajo manjšo maso na enoto moči (kg/kW). Proizvajalci stremijo k temu, da je razmerje vedno manjše. Specifična masa sodobne motorne verižne žage je v povprečju pod 2 kg/kW (Jejčič, 1997). Na slikah 51 in 52 je na primeru dveh svetovnih proizvajalcev prikazano, kako se je razmerje masa/moč spreminjalo oz. zmanjševalo glede na leta izdelave motorne verižne žage:



Slika 51: Zmanjševanje razmerja masa/moč motornih verižnih žag Dolmar po letih

Slika 52: Zmanjševanje razmerja masa/moč motornih verižnih žag *Stihl* po letih

Podatke o moči (kW) in masi (Kg) motornih verižnih žag (*Stihl* in *Dolmar*) smo povzeli iz prilog 1 in 2. Glede na predstavljene podatke smo izračunali razmerje masa/moč in dobljene podatke vnesli v grafikon. Največji napredek v zmanjševanju razmerja masa/moč je značilen za zmogljive in učinkovite profesionalne motorne verižne žage.

7.4 RAZVOJ IZBOLJŠAV SESTAVNIH DELOV POMEMBNIH ZA VARNOST

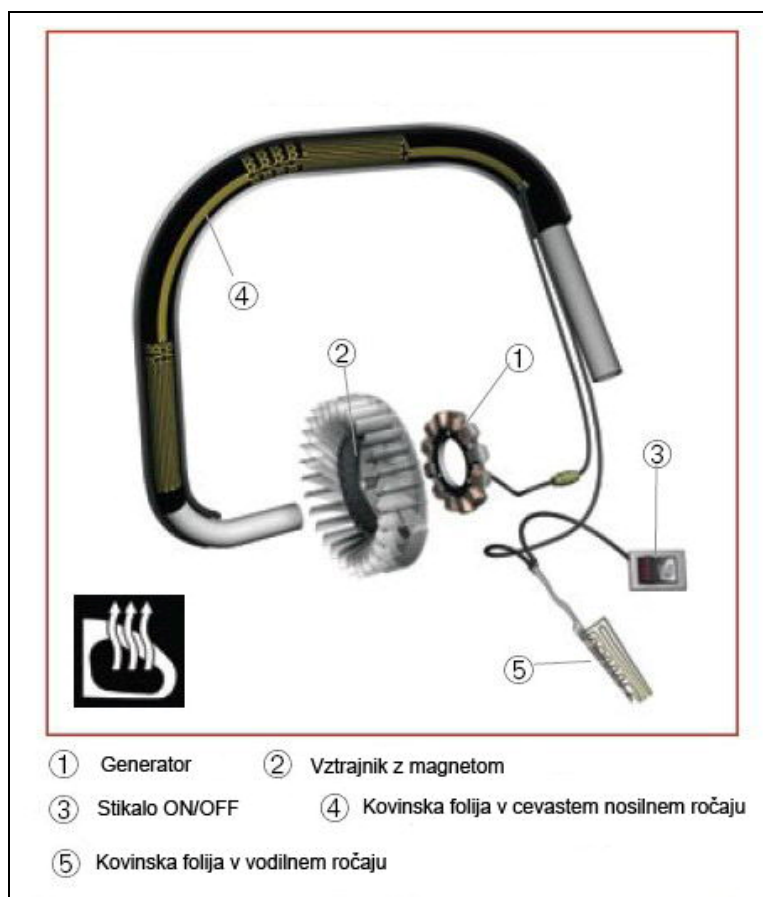
Že leta 1953 je podjetje *Mill & Mine Supply* na ročaje dvoročne motorne verižne žage *Titan 100* vgradilo blažilce vibracij, toda vse do leta 1960, ko je švedsko podjetje *Companion* na svojem modelu 3-78 predstavilo spiralne vzmeti, ki ločujejo ročaja od motorja, ostali proizvajalci niso dali dovolj poudarka tej pomembni izboljšavi. Izboljšavo so poimenovali *antivibracijski* ročaji. Pri *Stihlu* so dodali antivibracijske ročaje na tip *Contra/Lightning* leta 1964, toda šele leta 1968 je švedsko podjetje *Partner* izdelalo motorno verižno žago *Partner R-17* z antivibracijskimi ročaji, kakršne poznamo danes. Leto kasneje je *Husqvarna* sledila razvoju z modelom *180* in v naslednjih letih so antivibracijski ročaji postali standarden in pomemben varnostni sestavni del vsake motorne verižne žage.



Slika 53: Jeklene vzmeti so sestavni del antivibracijskih sistemov (Dolmar katalog 2007: 91)

Antivibracijska ročaja sta pritrjena na motorno verižno žago v treh natančno določenih točkah in tako kar najboljše blažita škodljive vibracije motorja in verige. Jeklene vzmeti so pomemben sestavni deli antivibracijskega sistema (slika 53). V antivibracijski sistem sta vključena celo uplinjač in rezervoar bencina. Uplinjač je povezan z valjem z gumijasto dovodno cevjo, kar ščiti uplinjač pred vibracijami in toploto.

Večjo varnost omogoča tudi spodnji razširjeni del vodilnega ročaja, ki ščiti uporabnika pred udarci vejevja. Kot najnovejša izboljšava pri varnostnih elementih so ogrevani ročaji (slika 54), ki zmanjšujejo vibracije, saj je znano, da toplota zmanjšuje vplive tresenja (Lee, 2006).



Slika 54: Sestavni deli električno ogrevanih ročajev (Dolmar, 2007)

Leta 1953 je podjetje *McCulloch* za nov model *3-10E* razvilo električno stikalo za vžiganje in in ugašanje motorne verižne žage (slika 48). Nekatere motorne verižne žage so imele le stikalo za ugašanje, s čimer je bilo moč vžgati motorno verižno žago kadarkoli, ker je bila električna napeljava pod stalno električno napetostjo od magnetnika do svečke. Pred tem motorne verižne žage niso imele stikala, namesto tega je bil regulator zračne lopute v sesalnem kanalu uplinjača, s katerim uravnavamo vžig, delovanje in ugašanje motorne verižne žage (Graf, 1982).

Leta 1972 je podjetje *Jonsered* model 50 izboljšalo z zavoro verige. Zavora verige ima pomembne prednosti. Pri polnem obratovanju ročica zavore verige služi kot ščitnik. Veriga obstane takoj, ko se dotaknemo vzvoda; motor in verižni pogon pa se ustavita z vključitvijo verižne zavore, tako da motor med zaviranjem ne preneha obratovati. S tem je varnejši tudi zagon motorne verižne žage, saj steče veriga šele potem, ko premaknemo

ročico zavore verige v začetno lego. Po načelu inercije ali inercijskega momenta pa zavora verige deluje ob t. i. povratnem udarcu ("kickback"). Takrat se veriga ob dotiku zavora z uporabnikovo roko takoj zaustavi. Zavora verige je pomembna tudi zato, ker omogoča varno prenašanje motorne verižne žage od drevesa do drevesa s prižganim motorjem in blokirano verigo. Pred tem je bil kot zaščita pri kleščenju vej le ročni ščitnik, ki je pritrjen pred nosilnim ročajem in je preprečeval poškodbe roke in ramen. Kmalu so jim sledili pri podjetju *Stihl* (tip *031 AV*) in novembra leta 1973 v podjetju *Partner* z modelom *R 22*. Nove zavora imajo še funkcijo takojšnje ustavitve verige ob umiku roke z vodilnega ročaja.

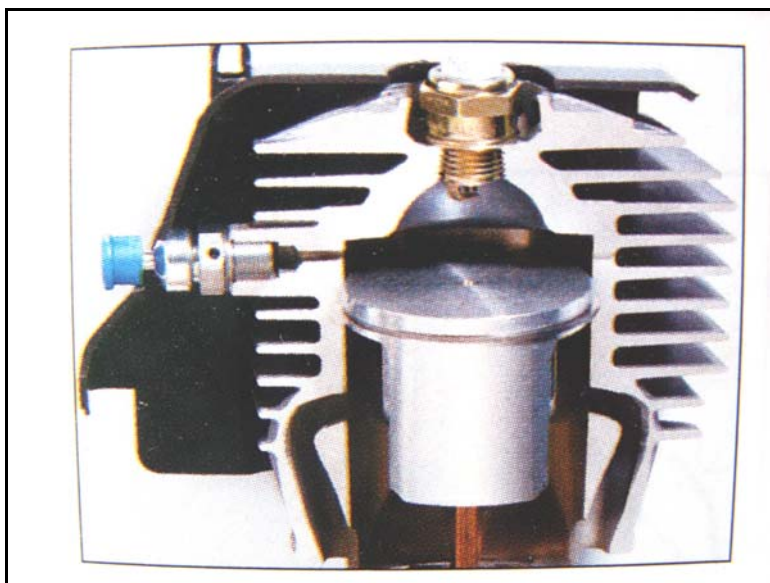
Novejše motorne verižne žage imajo večnamensko električno stikalo (slika 55). Stikalo je dosegljivo s palcem desne roke, ob tem pa je roka na vodilnem ročaju. Po potrebi lahko izbiramo med zaganjanjem hladnega ali že ogretega motorja žage. Po uspešnem vžigu motorja stikala ni potrebno vračati v položaj za normalno obratovanje, ampak se ob dodanem plinu in sproščeni zapori za plin opravi avtomatsko. Stikalo prevzema tudi funkcijo čoka (Marenče, 1995).



Slika 55: Sestavni deli elektronskega vžigalnega sistema (Dolmar, 2007)

Zapora vzvoda za plin preprečuje nepredvideni zagon verige. S pritiskom na ta vzvod se veriga takoj sprosti (Lee, 2006).

Najnovejše motorne verižne žage imajo t. i. dekompresijski ventil (slika 56), ki omogoča lažji zagon motorja. Sloni na tehnologiji kompresije, ki zmanjša kompresijo pri zagonu ali startnem procesu in za 70 % poveča učinkovitost vžigalne iskre in nadzoruje pravilno mešanico. Z rahlim pritiskom na modri gumb se odpre ventil. Ko bat potuje navzgor (kompresijski takt), izteče natančno določena količina mešanice goriva. S tem se zmanjša energija, ki je potrebna za zagon motorja. Vseeno pa je kompresija za zanesljivo izgorevanje še vedno prisotna. Visok izgorevni pritisk začetnega vžiga zapre ventil in visoka kompresija je s tem povrnjena (Dolmar katalog, 2007).



Slika 56: Dekompresijski ventil (Dolmar katalog 2007)

Po nekajletnih raziskavah je *Stihl* leta 1988 poslal na trg katalizator za visoko zmogljive dvotaktne motorje. Prva motorna verižna žaga na svetu, ki je imela vgrajen katalizator je bila *Stihl 044* iz leta 1989. Sama notranjost katalizatorja je sestavljena iz tankih kovinskih folij, ki so na poseben način zvite v okroglem kovinskem ohišju. Glede na svoj volumen je katalizator sorazmerno majhen, po skupni površini elementov (folij), ki ga sestavljajo, pa ogromen (po tovarniških podatkih blizu 700 m^2). Na tej površini poteka kemična reakcija ali zgorevanje, ki zniža vsebnost za okolje in zdravje škodljivih sestavin izpušnih plinov (ogljikovodiki, ogljikov monoksid) za 70-80 %. Nujna je uporaba neosvinčenega bencina in predpisanega olja, saj reakcija poteka pri temperaturi preko 1000°C (Marenče, 1995).

Preglednica 9: Tehnične izboljšave podjetja *Stihl* glede na leta uvedbe

Leto	Tehnična izboljšava
1932	Trislojna veriga
1934	Avtomatsko mazanje
1936	Centrifugalna sklopka
1954	Membranski uplinjač
1964	Antivibracijski ročaji
1968	Elektronski vžigalni sistem

se nadaljuje

nadaljevanje

1969	Veriga <i>Oilomatic</i>
1970	Zapora vzvoda za plin
1972	Avtomatska zavora verige <i>Quickstop</i>
1973	Ogrevani ročaji
1976	Večnamensko stikalo <i>Master level control</i>
1984	Bočni napenjalec verige
1987	<i>Ematic System</i> (meč, veriga <i>Oilomatic</i> , dušena oljna črpalka)
1988	Katalizator
1989	Posebno polnjenje rezervoarja za gorivo in olje <i>Filling system</i>
1991	Zagonska ročica <i>Elasto Start</i>
1994	Lahka letev <i>Rollomatic</i>
1995	Hitro napenjanje verige
1995	Zavora verige <i>Super Quickstop</i>
1998	Specialni pokrovčki rezervoarja za gorivo
2003	Nov antivibracijski sistem

V novejših generacijah motornih verižnih žag je uporabljena tehnologija, ki jo vsak od proizvajalcev razvija tako, da je delo lažje in obenem varnejše. Ergonomska zasnova stroja in razmerje mase in moči sta pri tem pomembna dejavnika. Pogoji za lažje in učinkovito delo pa ni le skladnost ergonomije ter mase in moči stroja, je tudi seštevek vseh tehničnih lastnosti in izboljšav.

8 RAZPRAVA IN SKLEPI

V diplomskem delu smo prikazali razvoj orodij, ki so jih uporabljali pri delu v gozdu oz. sečnji skozi dolgo časovno obdobje. V preteklosti so bila to učinkovita in nepogrešljiva orodja, ki so omogočala delo z lesom. Konstruktorji so stremeli k lažjim načinom podiranja in prežagovanja drevja in tako razvili različne naprave na ročni pogon, ki so lajšale naporno delo s sekiro ali ročno žago. Pomembni mejniki so iznajdbe parnih, električnih, pnevmatskih motorjev in leta 1867 motorja z notranjim izgorevanjem. S tem se je odprla uporaba mehaniziranih strojev v mnogih panogah. Mehanizacija je prodrla v vsa področja gospodarstva in s tem tudi v gozdno proizvodnjo.

Gozdarska stroka je težila za čim racionalnejšim, načrtovanim izkoriščanjem gozdov, med drugim tudi pri mehanizaciji v postopkih sečnje, ki so v primerjavi z ostalimi postopki (transport, izdelava, predelava lesa) najbolj zaostajali v razvoju. Skušali smo opozoriti na to, da imajo poleg ekonomskih dejavnikov veliko vlogo tudi socialne razmere in stopnja kulturnega in gospodarskega razvoja neke države. Vemo da mehanizacija v vseh panogah gospodarstva hitreje napreduje v tistih državah, kjer je delovna sila dražja od strojnega dela. To pa se dogaja le v gospodarsko visokorazvitih državah, zato ni nič čudnega, da se v takih okoliščinah hitreje pojavljajo novi stroji, ki nadomeščajo drago delovno silo. Po drugi strani pa gozdni delavec s takšnim strojem želi doseči večjo storilnost in s tem povečati lasten zaslužek.

Dvoročne motorne verižne žage lahko danes opredelimo kot težke, težko vodljive, okorne in naprave z velikim ropotom. Ugotovljeno je bilo, da so se v hribovitih in neravnih predelih zelo slabo obnesle. Že kmalu po uvedbi enoročne motorne verižne žage so jih začeli umikati iz postopkov sečnje (npr. podiranje in prežagovanje), razen na ravnih predelih in pri delu z debelejšim drevjem.

Skušali smo pokazati na to, da je razvoj motornih verižnih žag stremel k vedno lažjim, učinkovitejšim in varnejšim strojem. To se je z uvedbo enoročne motorne verižne žage tudi zgodilo. Tehnični in ergonomski standardi so se izboljševali in proizvajalci so izdelovali vedno boljše in učinkovitejše stroje.

Moderna motorna verižna žaga je tako zmogljiva in učinkovita, da jo je težko primerjati z predhodniki. Težko je celo najti nove poti, po katerih bi jo še izboljšali. Morda so tudi prejšnje generacije ljudi imele podobno mišljenje o takratnih masivnih, počasi žagajočih velikanih in si niso mogli predstavljati izboljšav in napredka v razvoju motorne verižne žage, kakršno poznamo danes.

Izpostavimo lahko nekatere slabosti motorne verižne žage, ki jih z določenimi izboljšavami lahko odpravimo. Še vedno povzroča motorno verižna žaga zdravju škodljiv ropot. Kakšne so možnosti za izdelavo resnično manj ropotajoče motorne verižne žage? Ena izmed največjih razvojnih preprek začetnikov razvoja motorne verižne žage je bil prenos moči prek pogonske gredi. Opozorimo lahko na brušenje verige, ki je še vedno zahtevno opravilo. Dejansko obstaja težnja po izboljšavi omenjenih lastnosti motorne verižne žage, kajti vedno znova se pojavljajo nove izboljšave. Bencinske motorje nekateri strokovnjaki še vedno gledajo z nelagodjem, predvsem zaradi prevelike emisije izpušnih plinov.

Evolucija motorne verižne žage nas je pripeljala v obdobje, ko izboljšave in tehnične inovacije le počasi napredujejo, toda ne glede na to ima razvojni proces še vedno odprte meje in je najverjetneje še daleč do kakršnegakoli konca.

9 POVZETEK

V diplomski nalogi smo predstavili obdobje pred uvedbo motornih verižnih žag, ko smo večinoma uporabljali ročna orodja in kasneje različne stroje. Človek si je skozi zgodovino z novimi tehničnimi iznajdbami lajšal naporno delo na vseh področjih gospodarstva. Tako je tehnični razvoj in z njim razvoj delovnih sredstev prišel tudi v gozdarstvo, kjer so še posebno zahtevni delovni pogoji. Ravno zaradi tega so uporabni in delovnim pogojem ustrezni stroji prevladali nad ročnim orodjem. Od začetnih strojev, ki so delovali na ročni pogon je tehnologija napredovala in prišlo je do pomembnega mejnika, ko so konstruktorji skupaj sestavili motor (električni, pnevmatski, bencinski, diesel-ski) in žagalne dele. Žagalni deli so bili ravno tako izredno pomembni in so jih razvijali skupaj z motornimi deli. Stroji so imeli prednosti pred ročnimi napravami, saj so občutno olajšali naporno delo. Čeprav niso bili popolni in so imeli svoje pomanjkljivosti so nakazovali nadaljno možnost razvoja. V gozdu so posebne razmere in stroje so morali prilagoditi takim razmeram. Razvili so motorno verižno žago, ki je postala nepogrešljivo delovno sredstvo gozdnega delavca.

S pomočjo dostopnih podatkov, ki obravnavajo tehnični razvoj in izboljšave pri motorni verižni žagi smo z analizo podatkov in ustreznimi primerjavami prikazali razvoj in spremembe do katerih je pri razvoju tega pomembnega delovnega sredstva v zgodovini prihajalo.

V začetku razvoja dvoročne motorne verižne žage so se pojavljali redki proizvajalci, ki so upali na uspeh novih tehničnih sredstev (npr. *Rinco*, *Wolf*, *Stihl*, *Dolmar*). Od leta 1938 so postale predvsem *Stihlove* in *Dolmarjeve* motorne verižne žage osnova za izdelavo novih modelov različnih znamk motornih verižnih žag po vsem svetu. V začetku druge svetovne vojne je prišlo do razveljavitve nemških mednarodnih avtorskih pravic in s tem do vsesplošne uporabe patentov. To so izkoristila severnoameriška podjetja in se podala v izdelavo lastnih dvoročnih motornih verižnih žag. Razvoj se je nadaljeval, inženirji *IEL*-a so razvili enoročno motorno verižno žago in osupnili strokovno javnost z veliko novostjo. Trend se je obrnil v smeri lahkih, učinkovitih in močnih motornih verižnih žag. Izboljšave so se vrstile in standardi kakovosti so rastli. Danes motorne verižne žage predstavljajo

pojem učinkovitega in vedno bolj varnega dela pri različnih delih, tako v neprofesionalni, kot tudi v profesionalni rabi.

Tehnične izboljšave motornih verižnih žag smo predstavili skozi celoten razvoj, od dvoročnih do novejših enoročnih motornih verižnih žag. Pri dvoročnih motornih verižnih žagah so tehnične izboljšave počasi napredovale, saj je bilo več vplivnih dejavnikov (ustaljenost ročnih orodij, začetki razvoja novih oblik strojev – slab sprejem pri uporabnikih, obdobje druge svetovne vojne). Z učinkovitejšimi in uporabnejšimi dvoročnimi motornimi verižnimi žagami in nekaterimi tehničnimi izboljšavami so proizvajalci prišli do točke razvoja, ko so razvili enoročno motorno verižno žago. Tehnične in ergonomске izboljšave so v nadaljnjem razvoju postale zelo pomembne. Novejša motorna verižna ima vse tehnične in ergonomске izboljšave, ki so potrebne za učinkovito, varno in uspešno opravljanje del.

10 VIRI

Acres M. 2000-2007. The Wolf saga

<http://www.acresinternet.com/cscs.nsf/7fa6d1ea23a63b3c88256d630005a978/8d161dc9f55c607888256d630006206c?OpenDocument> (1.2. 2007)

Acres M. 2000-2007. The Wolf saga-volume 2

<http://www.acresinternet.com/cscs.nsf/7fa6d1ea23a63b3c88256d630005a978/23ea975eef7f124e88256db00014846c?OpenDocument> (1.2.2007)

Acres M. 2000-2007. The Wolf saga-volume 3

<http://www.acresinternet.com/cscs.nsf/7fa6d1ea23a63b3c88256d630005a978/f9889b0bab4ca19888256dfc006680cb?OpenDocument> (1. 2. 2007)

Acres M. 2007. »Avtomatska brusilna naprava Power-sharp system«. conequip@telus.net (osebni vir, 14.1. 2007)

Arbor patent portable motor saw. 1919. Abo, Turku. (1.1. 1919).

<http://digi.lib.helsinki.fi/pienpaine/secure/browse.html?action=printings&publisher=Arbor&alphabet=A> (13.5. 2007)

Blake B. Diesel Chain Saws. Sawdust from the kerf. Volume 1. Issue 3. (September 2002)

<http://www.acresinternet.com/cscs.nsf/6359233ddce7cc3d88256bcb0059e03e/2bbf7691752bc9c088256c29004f9fef?OpenDocument> (5.2. 2007)

Blake B. »Gerber«. motorsag@citlink.net

(osebni vir, 28.3. 2007)

Boswell G.G.F. 17.8. 1920. Chainsaw. United States patent office. 1349557

Brown H. 14.9.1858. Endless sectional sawing machine. United States patent office. 21482

Chain saw collectors corner

<http://www.acresinternet.com/cscs.nsf?OpenDatabase> (13.6.2007)

Crosscut saw tasks and techniques

http://www.appalachiantrail.org/atf/cf/%7BD25B4747-42A3-4302-8D48-EF35C0B0D9F1%7D/STUCHAP4_web.pdf (23.3.2007)

Dolmar katalog 2007

<http://www.dolmar.com> (20.5.2007)

First chain saw

http://inventors.about.com/gi/dynamic/offsite.htm?zi=1/XJ&sdn=inventors&cdn=money&tm=651&f=00&su=p554.2.150.ip_&tt=2&bt=1&bts=0&zu=http%3A//www.vannattabros.com/saw43.html (23.6.2007)

Graf V. 1982. Review of events in chain saw industry. Chain saw age magazine: 32- 45

History of saws

http://www.bergen.org/AAST/Projects/Engineering_Graphics/_EG2000/circular_saw/history.html (13.4. 2007)

International chainsaw collectors

<http://www.chainsawcollectors.se/index.php> (8.4. 2007)

Jejčič V. 1997. Za delo v gozdu in drugje. Tehnika in narava, 1, 4: 34-38

Košir B. 1997. Pridobivanje lesa: študijsko gradivo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 330

Le bucheronnage

<http://stepien.yves.neuf.fr> (18.6. 2007)

Lee D. 2006. Chainsaws a history. Madeira park (Britanska Kolumbija), Harbour Publishing Co.: 213 str.

Marenče J. 1995. Motorne žage Stihl: tehnične inovacije in izboljšave. Gozdarski vestnik, 53, 5/6: 271-275

Mattison M. 2007. »Sector saw«. magnus.mattison@swipnet.se
(osebni vir, 2. maj 2007)

Miller W., Perce N. 2004. Crosscut saw manual. United States Department of Agriculture, Forest Service (12. 05. 2004)
<http://www.fhwa.dot.gov/environment/fspubs/77712508/index.htm> (23.1. 2007)

Remic C. 1967. Motorna verižna žaga. Ljubljana, IPS: 176

Remic C. 1958. Enoročne motorne žage in tehnika podiranja drevja: diplomsko delo. Ljubljana, samozal.: 62

Remic C. 1975. Prva motorna žaga z Wanklovim motorjem. Gozdarski vestnik, 33: 465

Remic C. 1973. Tehnične novosti. Gozdarski vestnik, 31: 92-95

Smith M. 31.10. 1882. F.S.M. Sawing machine. USA patent office. 266650

Stihl product history
http://www.stihl.ca/company_history_prod_1900.asp (24.3. 2007)

The history of the chainsaw (2003-2006)
http://www.chainsawcarvinghistory.com/chainsaw_history/index.htm (2.2. 2007)

Turk Z. 1964. Motorna žaga z avtomatičnim brušenjem. Gozdarski vestnik: 21

Turk Z. 1956. Ročno orodje gozdnega delavca za obdelavo lesa. Ljubljana, Kmečka knjiga: 109 str.

Ude J. 1987. Podiranje in obdelava lesa. Ljubljana, Kmečki glas: 218

Van Vleck R. 2000. Human powered dragsaw. From American Artifacts, 52, (Sept/Oct 2000)

<http://www.americanartifacts.com/smma/dragsaw/dragsaw.htm> (25.4. 2007)

Wolf S. 1999. Universite de Sherbrooke, Faculty of Medicine, Department of Physiology and Biophysics (9.3.1999)

<http://www.cmaj.ca/cgi/reprint/160/5/694.pdf> (22.12. 2006)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Juriju Marenče za vso pomoč in usmerjanje pri nastajanju diplomskega dela. Prof. dr. Boštjanu Koširju se zahvaljujem za recenzijo.

Za pomembne posredovane podatke z mnogimi dodatnimi informacijami se zahvaljujem gospodoma Mikeu Acresu iz Kanade, Georgu B. Blaku iz ZDA in uporabnikom internetnega foruma *International chainsaw collectors*.

Zahvala gre tudi zaposlenim v gozdarski knjižnici, ki so mi omogočili dostop do potrebnih informacij.

Zahvaljujem se vsem ostalim, ki so mi kakorkoli pomagali pri nastajanju diplomskega dela.

Še posebej pa se zahvaljujem svojim staršem, ki so me podpirali vsa leta študija.

PRILOGE:

Priloga A: Seznam motornih verižnih žag Stihl

Stihl, Waiblingen

Tip	Izdelava od-do	Moč (KM/kW)	Delovna prostornina (cm ³)	Dolžina letve min, max (cm)	Masa (kg)	Razmerje masa/moč (kg/kW)
A	1929 - 1931	6,0/4,4	235	60 - 100	46	10,45
B	1931 - 1935	7,5/5,5	300	-	46	8,36
BK	1932 - 1938	4,0/2,9	160	50 - 70	26,5	9,14
BD	1934 - 1939	8,0/5,9	300	85 - 150	53	9,00
BDK	1936 - 1939	5,5/4	200	60 - 85	37	9,25
B2Z	1937 - 1938	10,0/7,35	2x 225	100 - 200	59,8	8,14
BDKH	1938 - 1945	7,0/5,1	225	60 - 100	38	7,45
BDN	1938 - 1958	9,0/6,6	300	-	38	5,76
KS 43	1943 - 1971	7,5 /5,5 8,5/6,25	250 / 300	60 - 250	36	6,55; 5,76
BL	1950 - 1959	4,5/3,3	125	40 - 80	19	5,76
BLK	1954 - 1968	3,5/2,6	98	30, 40, 50, 60, 75	11	4,23
BLK 57	1954 - 1973	3,5/2,6	98	30, 40, 50, 60, 75	11	4,23
BLK 58	a) 1956 - 1966 b) 1957 - 1958	4,5/3,3	105	40, 50, 60	11	3,33
Contra / Contra- Lightning	1959 - 1968	6,0/4,4	106	43, 53, 63, 80	12,0	2,73
07	1961 - 1965	4,5/3,3	75	43, 53	10,0	3,03
08	1963 - 1965	5,0/3,7	50	-	8,0	2,16
Contra S	1964 - 1967	8,5/6,25	137	43 - 150	13,5	2,16
Contra G	1964 - 1969	6,0/4,4	106	43 - 150	15,0	3,41
Contra GS	1964 - 1969	8,5/6,25	137	43 - 150	16,5	2,64
07 S	1965 - 1968	6,0/4,4	75	43, 53	10,0	2,27
08 S	1965 - 1995	3,4/2,5	56	35, 43	8,0	3,2
040	1966 - 1967	3,8/2,8	61	-	8,4	3
S 10	1967 - 1973	3,4/2,5	56	33, 43, 50	8,4	3,36
041	od 1967	3,7/2,7	61	37, 40	7,5	2,78
041 AV	1967 - 1986	3,7/2,7 4,1/3	61	37, 40, 50, 60	7,5	2,78; 2,5
STIHL electronic AV	od 1967	3,7/2,7	61	37, 40, 50, 60	7,5	2,78
090 S1	1968 - 1971	6,5/4,8	106	do 100	-	/

se nadaljuje

nadaljevanje

090	od 1968	8,5/6,25	137	-	13,9	2,22
070	1968 do danes	6,5/4,8	106	53, 63, 73, 90	12,0	2,5
090 S2	1968 - 1971	6,5/4,8	106	do 200	ca. 32	6,67
050 AV	1968 - 1971	5,8/4,3	89	-	10,7	2,49
090 G	1969 - 1985	6,5/4,8	106	63 do 150	15,0	3,12
041 G	1969 - 1977	3,7/2,7	61	-	9,3	3,44
030 AV	1970 - 1971	2,9/2,1	45	-	6,4	3,05
031 AV	1971 - 1982	3,2/2,4	48	37, 40	6,3	2,63
020 AV	1971 - 1979	2,0/1,5	32	30, 35	4,3	2,87
020 AVP	1971 - 1993	s. 020 AV	s. 020 AV	s. 020 AV	4,5	/
045 AV	1972 - 1980	5,0/3,7	75	37, 40, 45, 50	8,5	2,29
051 AV electronic	1972 - 1989	5,8/4,3	89	43, 53, 63, 75	10,0	2,33
015 L	1973 - 1983	1,8/1,3	32	25, 30	4	3,08
075 AV electronic	1974 - 1980	7,0/5,1	111	53, 63, 75, 90	11,7	2,29
015 AV	1976 - 1983	1,8/1,3	32	25, 30	4	3,08
042 AV	1976 - 1980	4,5/3,3	-	40	8,6	2,61
028	1977 - 1993	3,4/2,5	51,5	-	5,6	2,24
032 AVEQ	1978 - 1985	3,4/2,5	50,9	37, 40	6,3	2,52
010	1978 - 1990	1,6/1,2	36,6	30, 35	4,4	3,67
048 AV	1979 - 1987	5,2/3,8	76,0	45	7,7	2,02
009	1980 - 1993	1,6/1,2	36,6	30, 35	4,1	3,42
011	1980 - 1993	2,0/1,5	40,8	30, 35	4,4	2,93
038	1980 - 1993	4,5/3,3	61,5	-	6,7	2,03
056 AV	1980 - 1991	6,1/4,5	87,0	50	8,2	1,82
076 AV electronic	1980 - 1989	7,0/5,1	111	53, 63, 75, 90	11,3	2,22
024 AV WoodBoss	1982 - 1992	2,85/2,1	41,6	32, 37	4,7	2,24
024 AV Super	1984 - 1989	3,1/2,3	44,3	32, 37	4,7	2,04
034 / MS 340	1984 - 2003	4,2/3,1	56,4	37, 40	5,5	1,77
012	1986 - 1991	2,3/1,7	45,2	30, 35	4,5	2,65
064	1986 - 1999	6,5/4,8	84,9	-	6,8	1,42
084	od 1986	8,6/6,3	121,6	50, 63, 75	9,0	1,43
012 T	od 1986	s. 012	s. 012	30, 35	4,4	/
08 S EQ	1988 do danes	-	60	43	-	/
026 / MS 260	1988 do danes	3,5/2,6	48,6	-	4,7	1,81
044 / MS 440	1988 do danes	5,2/3,8	70,7	40, 45, 50	5,8	1,53
036 / MS 360	1991 - 2003	4,6/3,5	61,5	37, 40, 45	5,7	1,63
021 / MS 210	1993 do danes	2,0/1,5	35,2	30	4,4	2,93
023	1993 - 2000	2,6/1,9	40,2	30, 35	4,6	2,42
024 / MS 240	1993 do danes	2,85/2,1	41,6	32, 37	4,7	2,24
017 / MS 170	1995 do danes	1,5/1,1	30,1	30	3,9	3,55
023 L	1995 - 1999	1,5/1,1	40,2	30	4,7	4,27
046 / MS 460	1995 do danes	5,6/4,1	76,5	40, 45	6,5	1,59

se nadaljuje

nadaljevanje

018 / MS 180	1999 do danes	1,5	31,8	30, 35	4,0	2,67
066 / MS 660	1999 do danes	7,1/5,2	91,6	50, 63	7,3	1,53
023 C / MS 230 C	2000 do danes	s. 023	s. 023	s. 023	4,7	/
MS 270	2002 do danes	2,6	49,6	37, 40	5,3	2,04
MS 280	2002 do danes	2,8	54,2	37, 40	5,3	1,89
029	do 2002	3,7/2,7	54,1	37, 40	5,9	1,97
MS 290	2002 do danes	3,0	56,5	37, 40	5,9	1,97
MS 361	2003 do danes	4,6/3,4	59,0	37, 40, 45	5,6	1,65
MS 341	2003 do danes	4,2/3,1	59,0	37, 40	5,5	1,77
MS 192 T	2004 do danes	1,8/1,3	30,1	30, 35	3,0	2,31
MS 650	2004 do danes	6,5/4,8	84,9	45, 50	7,3	1,53
MS 441	2006 do danes	5,6/4,1	70,7	40, 45, 50	6,6	1,61
019 T / MS 190 T	do danes	1,8/1,3	35,2	30, 35	3,9	3
020 / MS 200	do danes	1,7	35,2	30, 35	3,8	2,24
020 T / MS 200 T	do danes	2,2/1,6	35,2	30, 35	3,5	2,19
025 / MS 250	do danes	3,0/2,2	44,3	30, 35	4,6	2,1
MS 310	do danes	3,2	59,0	37, 40	5,9	1,84
039 / MS 390	do danes	4,4/3,2	64,1	37, 40	5,9	1,84
088 / MS 880	do danes	8,7/6,4	121,6	63, 75, 90	9,9	1,55

Priloga B: Seznam motornih verižnih žag Dolmar

Dolmar, Hamburg

Tip	Leto izdelave od-do	Moč (KM)	Delovna prostornina (cm ³)	Dolžina letve: min-max (cm)	Masa (kg)
A	1927 - 1931	8	245	-	58
C	1930 - 1937	5,5	200	50 - 160	45
CL	od 1936	8	247	50 - 150	45
CK	1951 - 1959	5	143	-	20
CP	1953 - 1961	4	102	43 - 90	14
CF	1957 - 1965	3	62	-	9,5
CX Taifun	1960-1962	5,5	110	-	12
CC 109	1961 - 1967	5	80	43, 53, 63	10
CC Super 110	1964 - 1967	5,7	87	43 - 76	10,1
CX Super	1965 - 1967	-	118	-	-
CX-G Super	1965-1969	-	118	-	-
CA	1966 - 1978	3,8	56	43, 50	8
CC 116	1967 - 1973	5,7	87	43 - 76	10
CC Super 117	1967 - 1973	-	-	43 - 76	10,2
CT	1968 - 1990	8	118	53 - 112	12,3
118	1970 - 1971	2,5	38	40 - 61	6,3
118 Super	1972 - 1978	-	45	-	-
144	1972 - 1975	5,8	90	-	12,2
122	1973 - 1977	4,1	61	-	7,9
KMS 4	od 1975	5	3x 58	40 - 50	8,9
152	1975 - 1978	7,0	100	-	9,9
119	1976	4,0	61	33 - 61	7,2
122 Super	1976 - 1977	4,5	70	-	7,9
122 SL	1976 - 1977	4,5	70	-	7,6
104 Hobby	1976	3,5	35	35 - 40	4,5
100 Hobby	od 1977	3	30,48	30	4
114	1977 - 1982	-	51	33 - 45	-
101 Hobby	1978?	-	33	30	-
„D“ JR. 34	1978	-	34,4	30	3,7
133	1979 - 1987	6,1	85	43 - 60	9,1
103	1980 - 1986	2,1	40	-	-
105	1980 - 1986	3,7	40	-	4,8
108	1980 - 1986	3,7	40	30 - 40	4,8
40-1	1980 - 1986	2,1	40	35	4,9
40-2	1980 - 1986	2,1	40	35	4,9
120	1981 - 1986	4,0	61	33 - 61	7,2

se nadaljuje

nadaljevanje

117	1982	-	61	33 - 45	6,8
166	1984	8,0	118	53 - 112	12,4
100	1984	2,6	33	30 - 35	4,3
100 Super	1985 - 1994	2,7	33	30 - 35	4,3
109	1985	2,8	43	33 - 45	-
109 HS	1985	2,8	43	33 - 45	-
110	1985	3,1	43	33 - 45	5,0
113	1985	3,1	51	33 - 38	6,1
116	1985 - 1986	3,6	56	38 - 53	6,5
112	1986	3,0	51	33 - 45	5,1
115	1986	3,6	52	33 - 45	5,3
120 Super	1986	5,0	68	38 - 53	7,25
123	1986	4,8	70	43 - 60	8,9
153	1986	7,1	100	-	9,9
102	1987 - 1994	3,7	39	30 - 40	4,3
111	1987	3,2	52	33 - 45	5,2
116si	1987 - 1996	4,2	60	38 - 53	6,0
120si	1987	4,8	68	38 - 53	7,3
133 Super	1987 - 1993	6,1	85	43 - 60	9,1
143	1987 - 1993	6,8	95	43 - 74	8,0
PS 340	1993 do danes	1,9	33	35	4,0
PS 400	1993 do danes	2,3	39	35 - 40	4,0
PS 33	1993 do danes	1,8	33	35	4,7
PS 9000	1993 do danes	6,7	90	60 - 90	7,9
PS 7900 RS	2004	6,4	79	45 - 70	6,3
PS 221 TH	od 2005	1,02	22,2	25	2,5
PS 3410	od 2006	1,9	3	30 - 35	3,5
PS 460	od 2006	3,0	45,6		5,5
PS 4600S	od 2006	3,5	46	33 - 38	5,1
PS 500	od 2006	3,3	49,9		5,5
PS 34	do danes	1,8	33	30	4,7
PS 330	do danes	1,9	33	30	3,9
PS 341	do danes	1,9	33	35	4,0
PS 390	do danes	2,3	39	40	4,5
PS 401	do danes	2,3	39	35 - 40	4,0
PS 410	do danes	2,3	39	33 - 38	4,0
PS 411	do danes	2,3	39	33 - 38	4,0
PS 3300 TH	do danes	1,36	33	30 - 35	3,5
PS 3410 TH	do danes	1,9	34	30 - 35	3,2
PS 5000	do danes	3,8	50	33 - 45	5,1
PS 6000i	do danes	4,2	60	38 - 60	7,5
PS 6400	do danes	4,8	64	38 - 45	6,3
PS 6800i	do danes	5,0	68	38 - 60	7,5
PS 7300	do danes	5,7	73	45 - 50	6,3
PS 7900	do danes	6,3	79	45 - 70	6,3
PS 9010	do danes	6,7	90	50 - 74cm	8,2