

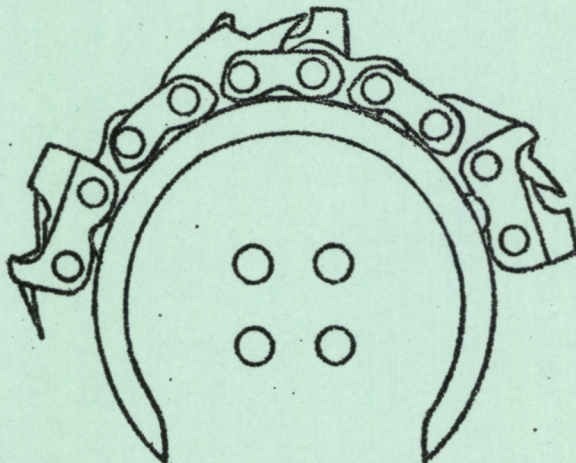


Metsäteknologian osasto

2/1975

Sauli Takalo

Moottorisahan teräketjut turvallisuuden kannalta



Helsinki 1975

Moottorisahan teräketju työturvallisuuden kannalta

Metsätyöntekijän työturvallisuuden parantamiseen kiinnitetään tällä hetkellä monilla tahoilla huomiota. Kehittelyn kohteena ovat erityisesti moottorisahat, henkilökohtaiset suojaimet ja teräketjut.

Moottorisahan teräketjun aiheuttamista tapaturmista on tunnetuin takapotku. Sen lisäksi teräketju saattaa aiheuttaa tapaturmia katketessaan taikka kourun lohkeamisen muodossa.

Metsäntutkimuslaitoksen toimesta aloitettiin teräketjun ominaisuuksia selvittävät koetukset vuonna 1970 käsittäen mm. seuraavaa:

- leikkuutehvertailu tavanomaisten ja turvaketjujen kesken
- vetolujuustesti
- takapotkuvertailu tavanomaisen ja turvaketjun kesken
- syvyysalennuksen vaikutus leikkuutehoon
- syvyysalennuksen vaikutus takapotkuvoimaan
- tärinävertailu erilaisilla kunnostetuilla teräketjuilla
- vertailu kourun muodon vaikutuksesta takapotkuvoimaan

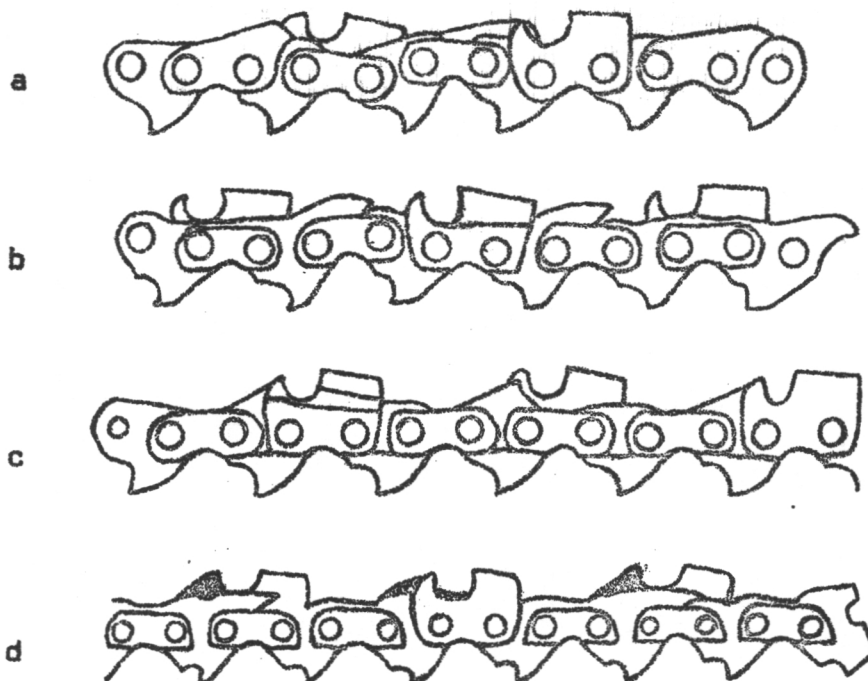
Lisäksi on kehitetty uudentyyppinen teräketjun suojalenkki. Henkilökohtaisista suojaimista mainittakoon lasikuitupolvisuojain.

Turvateräketju

Turvateräketjuksi kutsutaan teräketjua, johon on asennettu suojain, jonka ansiosta sen takapotkuvoima on tavanomaista teräketjua vähäisempi. Turvateräketjukaan ei ole kuitenkaan takapotkuton. Turvaketjujen osuus teräketjumarkkinoistamme on lisääntynyt seuraavasti:

1970	6-8 %
1973	50 %
1974	100 %

Turvateräketjujen nopeaa yleistymistä on nopeuttanut mm. metsätyömiesten myönteinen suhtautuminen työturvallisuuden parantamiseen.



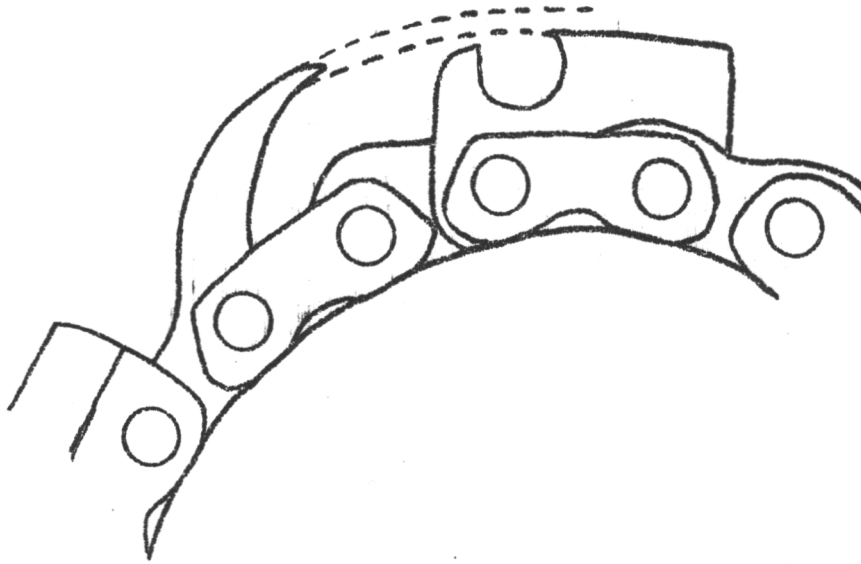
Yleisimmät suojainratkaisut

- a Sabre
- b Norfor
- c Oregon
- d Sabre (Metsäntutkimuslaitoksen kehittämä suojain)

Leikkuunopeuden merkitys työn tuotokseen

Metsäntutkimuslaitoksessa suoritetun selvityksen mukaan moottorisaha leikkasi puuta tynkäkarsitun n. 3-metrinen kuitupuun teossa alle 25...30 % työmaa-ajasta. Tämän mukaan 10 %:n ero leikkuunopeudessa vaikuttaa työsaavutukseen alle 3 %. Kun ohuiden oksien karsinnassa leikkuunopeuden merkitys on ilmeisesti vähäinen, on vaikutus työsaavutukseen käytännössä vieläkin pienempi. Pelkässä kaatotyössä ja tukkien teossa leikkuunopeuden merkitys on sen sijaan edellä esitettyä suurempi.

Leikkuunopeuksien erot eri ketjumerkkien kesken ovat tällä hetkellä niin pieniä, ettei niillä liene käytännössä merkitystä. Sen sijaan poraussahuussa saattaa erilaisten suojainratkaisujen ansiosta syntyä varsin huomattavia eroja.



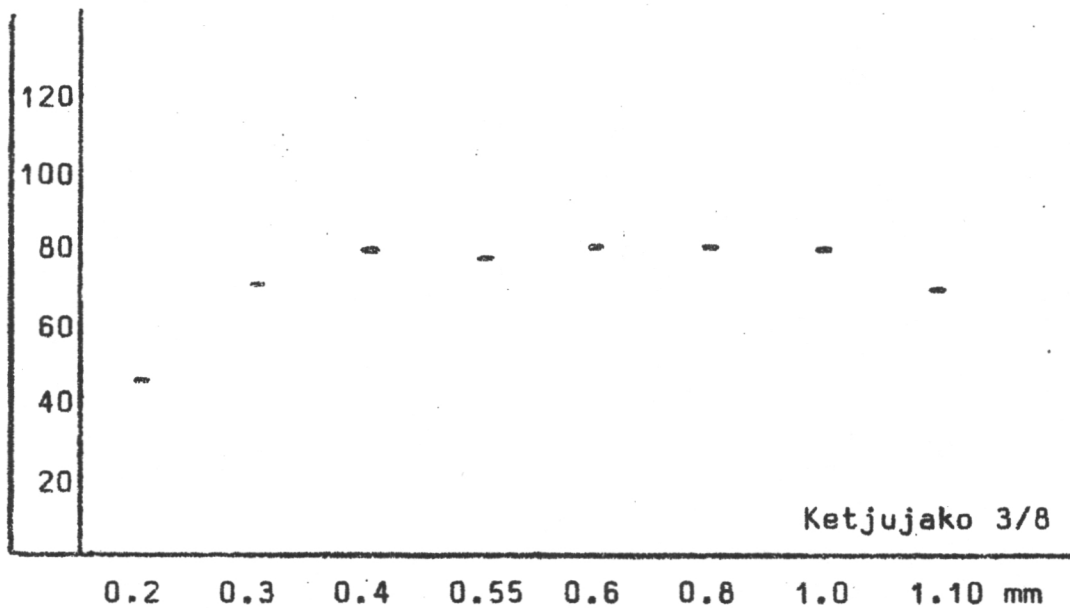
Suojain, joka terälevyn kärjellä kulkee teräsärmän yläpuolella estää tehokkaasti takapotkuja. Samalla kuitenkin poraussahuu vaikeutuu huomattavasti.

Syvyysalennuksen merkitys leikkuutehoon

Valmistajat käyttävät uusilla teräketjuilla 0.65-0.75 mm:n syvyysalennusta. Käytännön työssä syvyysalennukset ovat usein alkuperäisiä arvoja suurempia. Näin tapahtuu lähinnä siksi, että alennus suoritetaan käsivaraisesti ilman alennuskaaviota. Toisena syynä voitaneen pitää oletettua leikkuutehon paranemista.

Koesahaukset suoritettiin 60 cm³:n moottorisahalla 16" x 16" puolikuivaan kuusiparruun 4 kg:n syöttöpaineella. Ketjujen kunnostukseen kiinnitettiin erityistä huolellisuutta. Teräkourujen kulmat (teroituskulma 30° ja etukulma 85°) tarkistettiin mikroskoopin avulla. Kokeessa oli mukana neljän valmistajan turvateräketjuja. Tulokset olivat seuraavat:

Leikkuuteho,
cm²/s



Syvyysalennuksen suurentamisella saavutettu leikkuutehon lisäys on varsin vähäinen. On kuitenkin luultavaa, että voimakkailla sahoilla leikkuutulos on jonkin verran parempi isoilla syvyysalennuksilla. Niinikään sahattavan puun kovuus on huomioon otettava tekijä leikkuutehoa mitattaessa.



Syvyysalennus normaali
0,5 - 0,65 mm

Syvyysalennus
liian suuri

Takapotku ja syvyysalennus

Teräketjun takapotkuominaisuuksia selviteltiin seuraavilla tavoilla:

- Tutkittiin syvyysalennuksen suuruuden vaikutusta takapotkuvoimaan uusissa ketjuissa.

- Verrattiin uuden ketjun takapotkuominaisuuksia samanmerkiseen kuluneeseen ketjuun.
- Tutkittiin takapotkuvoiman riippuvuutta säätöhampaan muodosta.

Säätöhammas muotoiltiin seuraavalla tavalla. Liukupinta ja pyöristyssivu viilattiin pois, jolloin syvyyden säätö jäi ainoastaan teroitussivun reunaan jäävän kapean harjanteen varaan. Toisessa tapauksessa säätöhammas teroitettiin kourun purutilan puolelta ulospäin siten, että säätöhampaan ulkoreunalle muodostui terävä harjanne. Molemmissa tapauksissa säätöhampaan liukupinta-ala pieneni huomattavasti.

Takapotkuja koskevat tulokset ilmoitetaan mm:nä. Tämä mittauslaitteen piirturin arvo osoittaa piirturin ylöspäin kulkemaa matkaa takapotkun voimasta. Sahan paino terälevyn kärjeltä oli 6 kg ja törmäysnopeus noin 0.5 m/s. Kierroslukuina käytettiin 6000 r/min.

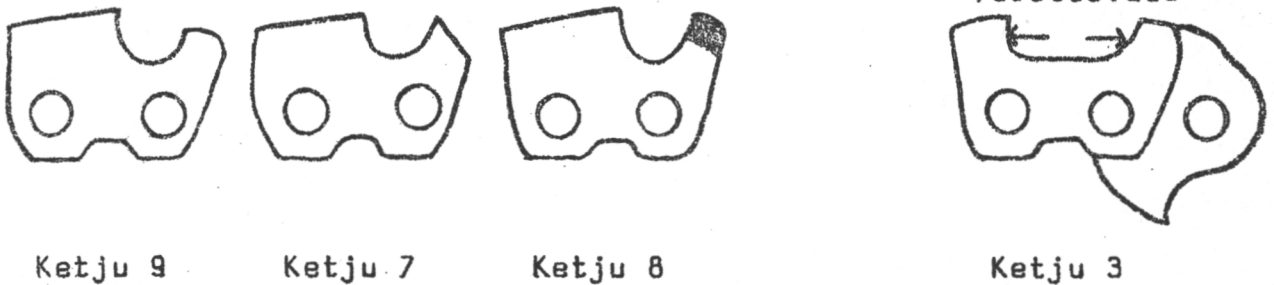
Koska olosuhteet eri mittauskerroilla eivät olleet täysin samanlaiset, ovat seuraavat teräketjut keskenään vertailukelpoisia: teräketjut 1, 2 ja 3; 4 ja 5, 6, 7 ja 8 sekä 1 ja 9.

Ketju 3/8"	Syvyys- alennus mm	Takapotku	Huomautuksia
1 Turvaterä, uusi	0.65	38	
2 Turvaterä, uusi	0.80	65	
3 Turvaterä, vanha	0.65	99	
4 Tavanom., uusi	0.70	73	
5 Tavanom., vanha	0.70	128	
6 Tavanom., uusi	0.65	60	Säätöh. normaali
7 Tavanom., uusi	0.65	98	Säätöh. edestä viisto
8 Tavanom., uusi	0.65	127	Säätöh. sivulta viisto
9 Turvaterä, uusi	1.50	184	

Takapotkumittausten tulos osoittaa syvyydenalennuksen suurentamisen lisäävän huomattavasti takapotkuvoimaa. Vastaavasti takapotkuvoima lisääntyy voimakkaasti teräketjun kourun kuluessa viilaussivun

(säätöhampaan ja teräsärmän) suurentumisesta johtuen. Turvalevyt, jotka sijaitsevat säätöhampaan edessä taikka sen rinnalla eivät kykene vaimentamaan takapotkua sen sattuessa viilausväliin.

Säätöhampaan muodon muutoksilla ei voitu vähentää takapotkuvoimaa.



Vaarallisimmat kunnostusvirheet

- 9 liian suuri syvyysalennus
- 7 säätöhammas edestä viisto
- 8 säätöhammas sivulta viisto

Terotusväliin suo-
jain ei ulotu.
Takapotku lisään-
tyy terotusvälin
suuretessa

Suojaimilla varustetuilla teräketjuilla, joita kutsutaan turvateräketjuiksi on takapotkuvoima vähäisempi kuin tavanomaisilla teräketjuilla. Kenenkään ei pidä luulla, että nämä olisivat takapotkuttomia. Kuluneella teräkourulla saadut takapotkuarvot ovat lähes yhtäsuuret tavanomaisen teräketjun kanssa.

Kourumuotovertailu

Meillä on toistaiseksi tehty varsin vähän selvityksiä teräkourun muodon vaikutuksesta takapotkuvoimaan, sillä takapotkuongelman aikana on markkinoillamme ollut vain yksi ketju, Oregon 80, joka on poikennut tavanomaisista teräkoururakenteista. Tällä ketjulla suoritettut takapotkumittaukset osoittivat sen antavan tavanomaisia kourumuotoja vähäisemmän takapotkun.

Syksyllä 1973 on markkinoillemme tullut Oregonin toimesta hieman tavanomaisista poikkeavan kourun omaava teräketju,

Oregon Super Chisel 70. Mistään varsinaisesta uutuudesta ei ole kysymys, sillä Oregon tuoteluettelo on mainittu ketju kuulunut jo verraten kauan.

Super Chisel 70 ja Oregon Micro Chisel ketjujen välillä suoritettiin vertaileva takapotku- ja leikkuutehotesti. Tarkoituksena oli saada selville, onko tällä kourumuodon muutoksella ollut vaikutusta mainittuihin ominaisuuksiin.

Pääasiallisimmat rakenne-erot löytyvät kourun ulkopinnasta. Kourun ulkoreuna, joka on vertailuteräketjussa pyöreähkö, on Super C 70 ketjussa kulmikas. Kouru on 0.5 mm korkeampi syvyydensäätöhampaan ja teräsärmän kohdalta.

Leikkuutehot mitattiin teräketjujen ollessa uusia. Sahuu suoritettiin 60 cm³:n moottorisahalla läpimitaltaan 20 cm:n koivuun. Teränpitokyky mitattiin siten, että molemmilla teräketjuilla suoritettiin edellä kuvatun leikkuutehomittauksen jälkeen yhden päivän työskentely 3-m kuusipinotavaran teossa, minkä jälkeen leikkuutehot mitattiin uudelleen. Pinotavaran teon suoritti sama henkilö molemmilla teräketjuilla. Tulokset olivat seuraavat:

Teroitettu	1 työpäivä
Micro Chisel 124,7 cm ² /S	123,0 cm ² /S
Super Chisel 121,9 cm ² /S	117,5 cm ² /S

Sahausjälki Super Chiselillä on karkeampi verrattuna normaali-terän jälkeen.

Takapotku

Takapotkua koskevat mittaukset suoritettiin Fiskars Oy:n mittauslaitteella. Molemmat teräketjut olivat uusia ja terotus oli suoritettu annettujen ohjeiden mukaan. Tulokset ilmoitetaan mittauslaitteen piirturin antamina arvoina millimetreinä. Sahan painona terälevyn kärjeltä mitattuna käytettiin 4 ja 5 kg. Tulokset olivat seuraavat:

Teräketju	Jako	Moottorin nopeus r/min	4 kg	5 kg
			Takapotku, mm	
Micro Chisel	3/8"	6000	65	50
Super Chisel	3/8"	6000	84	62

Moottorisahoja koskevat turvallisuusohjeemme ovat valitettavasti teräketjua koskevissa kohdin sikäli puutteelliset, että ne sallivat tämänsuuntaisen kehityksen.

Mitä teräketju kestää?

Moottorisahan teräketjun katkeaminen saattaa aiheuttaa käyttäjälle hyvinkin vaikeita tapaturmia. Syitä, jotka aiheuttavat teräketjun katkeamisen on useita; niitä ovat mm. raaka-aineviat, käytöstä johtuva kuluminen, tapaturmainen katkeaminen, liian voimakkaaseen sahaan asennettu pienijakoinen teräketju ja teräketjun kylmähaaraus. Viimeksimainittuun ominaisuuteen on kiinnitetty erityistä huomiota myös Moottorisahojen turvallisuusohjeissa.

Vetomurtolujuuskokeet suoritettiin Helsingin yliopiston metsäteknologian laitoksella olevalla hydraulisella vetovastuslaitteella. Koetukseen käytetyt teräketjut olivat pituudeltaan 11 cm. Kiinnitys vetolaitteeseen tapahtui vetolenkin niitin reijustä. Koetukset suoritettiin ketjujen ollessa huoneen lämpöisiä, noin +20°C. Vetolujuuskokeet suoritettiin myöskin -15-22°C lämpötilassa. Kaikilla ketjuilla suoritettiin 10 vedätystä molemmissa lämpötiloissa. Ketjujen jäädyttäminen tapahtui hiilihappojäätä apuna käyttäen ja jäädytys kesti noin 5 tuntia. Koetustulokset on esitetty seuraavassa taulukossa:

Teräketjujen vetomurtolujuus

Ketjumerkki	jako "	Lämpötila					
		+20°C			-15 - -22°C		
		Vetolujuus X	kg S	murtuma merk.	Vetolujuus X	kg S	murtuma merk.
1. Sabre 2001 tavanom.	3/8	863	20.01	VL	869	23.3	VL
2. Sandvik 691 turvaketju	3/8	921	43.60	NT+VL	881	75.8	NT
3. Oregon M. Chisel, tavanom.	3/8	886	27.2	VL	762	100.2	VL
4. Canad. tavanom.	3/8	736	46.9	VL+NT	677	130.3	VL
5. Fiskars tavanom.	3/8	852	12.3	NT	640	73.8	NT
6. Oregon tavanom.	3/8	726	15.0	NT	582	132.0	NT

X = keskiarvo
S = hajonta

VL = vetolenkki
NT = niitti

Teräketjujen murtumakohdat ovat yleensä samat molemmissa lämpötiloissa. Poikkeuksen tekevät ketjut 2 ja 4, edellisestä rikkoutui myös vetolenkkejä 20 % ja jälkimmäisestä niittejä 40 %, vedätyslämpötilan ollessa +20°C.

Lämpötilan laskeminen aiheutti ketjujen keskimääräisen murto-
lujuuden pienenemisen ketjua 1 lukuun ottamatta. Ketjujen 3, 5 ja 6 osalta tämä heikkeneminen todettiin myös tilastollisesti merkittäväksi. Pienestä aineistosta johtuen tutkimuksia on pidettävä vain suuntaa-antavina. Saaduilla tuloksilla on kuitenkin eräiltä osin tiettyä yhdenmukaisuutta käytännön kokemusten kanssa.

Teräketjun tärinä

Moottorisahan tärinä aiheuttaa metsätyömiehen terveydelle vakavia ongelmia. Sen johdosta myös meillä on määrätty moottorisahan tärinää koskevat enimmäisrajat. Ohjeiden ansiosta sahojen tärinäarvot ovat huomattavasti pienentyneet, ja täten on tärinä-
vaurioita onnistuttu samalla vähentämään.

Teräketjun virheelliseen kunnostukseen on useissa tutkimuksissa todettu liittyvän haitallisia tekijöitä. Leikkuuteho ja terän pitokyky heikkenevät, takapotkuvaara kasvaa ja todennäköisesti myös sahan tärinä lisääntyy.

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto suoritti syksyllä 1972 mittauksia, joiden tarkoituksena oli selvittää teräketjun kunnon vaikutus tärinän määrään. Mittauksia suoritettiin neljällätoista teräketjulla, joista osa oli uusia ja osa käytettyjä. Tavoitteena oli verrata virheellisesti kunnostettuja teräketjuja samanmerkkisiin tehtaan säätämiin. Sahaukset suoritettiin läpimitaltaan 18 - 20 cm:n puolikuivaan koivupuuhun.

Tärinäarvot mitattiin VAKOLAssa siellä kehitetyllä menetelmällä. Asetelman ensimmäisen teräketjun antamia arvoja pidetään vertailuarvoina.

Jako	Teräketjun kunto	Etukahva Takakahva	
		Tärinän suurin arvo m/s ²	
3/8"	Uusi, tehtaan säätämänä	60	70
	Uusi, teroituskulmat 25 - 40°	80	85
	Uusi, syvydensäätö 0.7 - 1.2 mm	90	90
	Uusi, syvydensäätöhammas terävä	80	70
	Puoliksi kulunut, syvydensäätö 1.2 mm	80	80
	Loppuun kulunut, syvydensäätö 0.5 mm	70	70

Saadut tulokset viittaavat teräketjun virheellisen kunnostuksen lisäävän varsin huomattavasti tärinää. Sen sijaan pienellä syvyydensäädöllä oleva kulunut teräketju oli tärinäarvoiltaan lähes uuden veroinen. On todennäköistä, että tärinäarvot vaihtelevat huomattavasti riippuen sahattavan puun kovuudesta, sekä teräketjun kierrosnopeudesta. Moottorisahaa käytetään yleisesti myös karsintaan, jolloin sahauskohde on erityisen kovaa. Tästä syystä olisi kiinnitettävä erityistä huomiota teräketjun kunnan säilyttämiseen tärinän kurissa pitämiseksi.

Suojalenkki kehittelyn kohteena

Takapotkujen vähentämiseksi ovat teräketjujen valmistajat kehittäneet erilaisia suojainratkaisuja, joilla on pyritty estämään ketjun syvydensäätimien liiallista uppoamista puuhun tai toisin sanoen rajoittamaan lastun paksuutta, ja siten pienentämään takapotkun voimaa.

Tällaisilla suojainratkaisuilla, jotka sijaitsevat joko syvyydensäätimen edessä taikka sen rinnalla, on onnistuttu vaimentamaan takapotkua. Kuitenkin ne toimivat tyydyttävästi ainoastaan silloin, kun ketju on uusi ja sen teräkourut täysimittaisia. Kourujen kuluessa lyhyemmiksi takapotkun vaara lisääntyy voimakkaasti. Tämä aiheutuu todennäköisesti siitä, että syvydensäätimen ja kourun välissä oleva terotusväli kourun kuluessa suurenee. Terälevyn kärjen törmätessä esteeseen on siten entistä todennäköisempää, että isku osuu terotusväliin, jolloin syvydensäätimellä ja sen yhteydessä mahdollisesti olevalla suojaratkaisulla ei ole lastun paksuutta

rajoittavaa vaikutusta, vaan teräkouru iskeytyy esteettä puuhun. Lastun paksuus saattaa silloin tulla niin suureksi, että se aiheuttaa takapotkun.

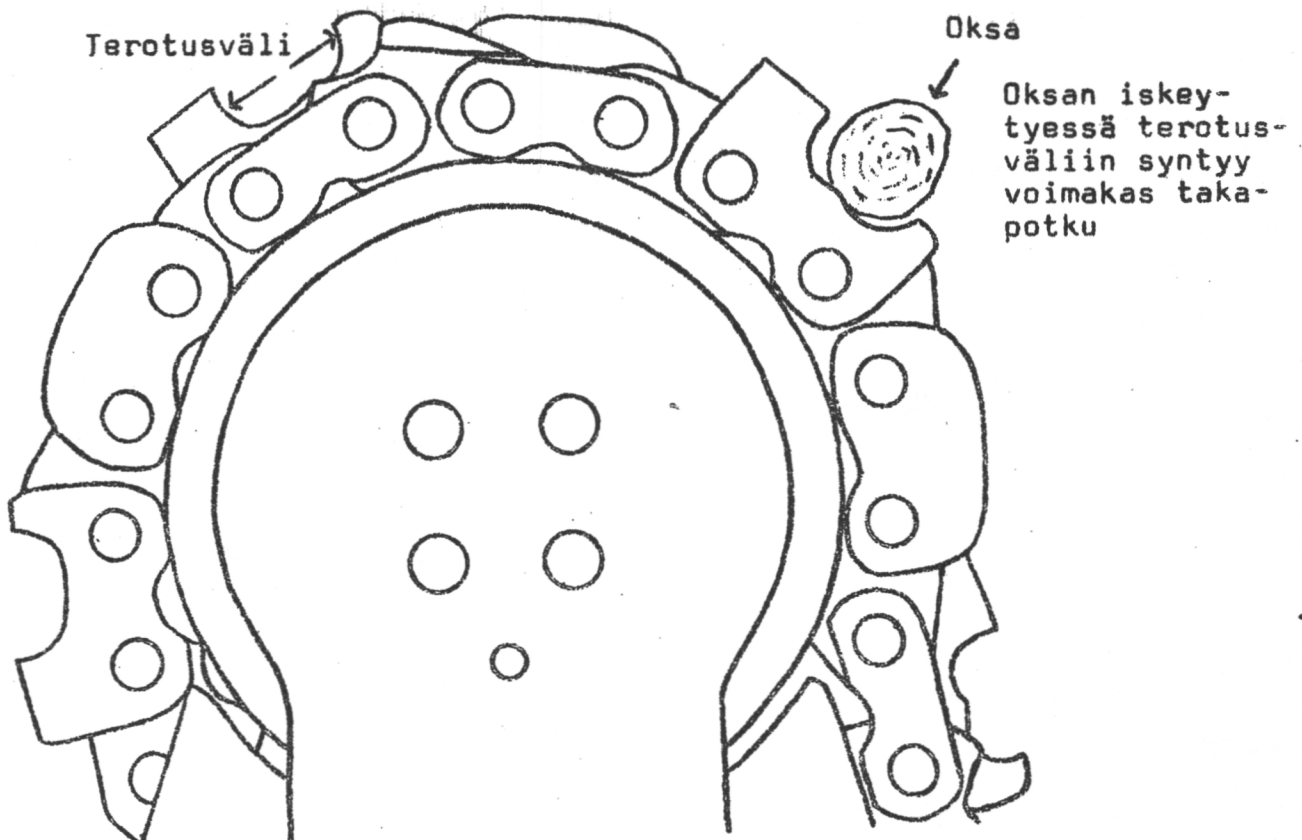
Kehittelyn kohteena olevan suojainratkaisun tarkoituksena on rajoittaa lastun paksuutta myös silloin, kun terotusvälit ovat suurentuneet, ja näin pienentää takapotkun voimaa.

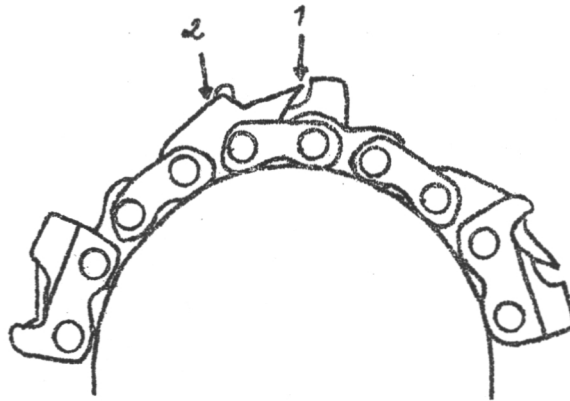
Esillä oleva suojainratkaisu antaa parhaan tuloksen kun teräkourut ovat kuluneita. Tästä johtuen sitä tällaisessa muodossa tulisi käyttää lähinnä jo olevan suojainratkaisun lisänä.

Suojain ei heikennä leikku ominaisuuksia, koska se ei sulje purunkulkukanavaa eikä työnny terälevyn kärjellä teräsärmän eteen.

Takapotkumittauksissa, joita suoritettiin 325" ja 3/8" jakoisille teräketjuille, havaittiin selvää takapotkuvoiman heikkene mistä kuluneella teräkourulla. Kävi ilmi, että toimiakseen mahdollisimman tehokkaasti suojain tarvitsee kapeakärkisen terälevyn. Leveäkärkisellä terälevyllä suojain ei tule riittävästi teräsärmän eteen, ja näin ollen tulos on huonompi.

Suojaimet sijaitsevat syvyysäätimen edessä tai sen rinnalla jättäen terotusvälin suojaamatta.





Kehittelyn kohteena ollut suojain on markkinoilla tämän näköinen.

1. Suojain rajoittaa lastun vahvuutta terälevyn kärjellä pienentäen takapotkuvoimaa kuluneella teräkourulla.
2. Normaalisuojain syvyyssäätimen edessä.

Moottorisahan teräketjun kehitysnäkymät

Moottorisahoissa on ollut niiden kehityskauden aikana käytössä useita eri tyyppisiä teräketjuja.

Nykyaikaisissa sahoissa käytetään yleensä kouruhammeräketjua. Kouruhammeräketjulla on etuja, joita muilla teräketjuilla ei ole, joten se on voinut syrjäyttää muut käytössä olleet teräketjut. Teräketjun hyvien ominaisuuksien lisäksi sillä on kuitenkin myös heikkoja puolia. Lukuisat takapotku- ym. teräketjutapaturmat ovat osoittaneet, että sen turvaominaisuudet eivät ole tyydyttävät.

Viime vuosiin asti on teräketjun kehittelyssä päähuomio kiinnitetty mahdollisimman suuren leikkuutehon saamiseksi. Valmistajien haluttomuus kehittää ketjun turvaominaisuuksia on ymmärrettävää, koska niinsanottujen turvateräketjujen osuus tuotannosta on vain muutaman prosentin suuruusluokkaa. Sen sijaan on vaikea ymmärtää, että samanaikaisesti, kun moottorisahan valmistajat velvoitettiin suorittamaan sahoihin huomattavia parannuksia, ei teräketjun valmistajan ole tarvinnut tehdä ketjulleen käytännöllisesti katsoen mitään turvallisuuden parantamiseksi.

Ketjujaon pienentyessä ovat rikkoutumiset yleistyneet. Ketjun rikkoutumiseen vaikuttavia tekijöitä on useita. Yleisin vika lienee käyttäjän ammattitaidon puutteellisuus. Kuitenkin on olemassa seikkoja, jotka viittaavat siihen, että teräketjun valmistuksessa sattuneet virheet tulevat ilmi helpommin pienijakoisella teräketjulla. Eräs ketjurikkojen aiheuttaja on liian suuri ketjunopeus ja moottorin teho teräketjun kokoon nähden. Todennäköisesti esim. .325" jakoisten ketjujen kestoikä pitenisi mikäli niitä käyttävien sahojen moottoriteho olisi 2.5 - 2.8 hv nykyisen 3 - 3.5 hv:n sijasta.

Teräketju säilynee rakenteeltaan lähes samanlaisena verraten pitkään, muutokset tapahtunevat lähinnä ketjun suojainrakenteissa.



