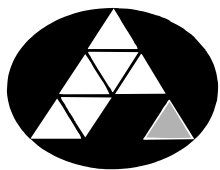


**POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU**  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Timo Ihalainen

**PONSSE H53 -HAKKUUKOURAN UUDISTAMINEN  
JOUKKOKÄSITTELYLAITTEEKSI**

Opinnäytetyö  
Syyskuu 2012



POHJOIS-KARJALAN  
AMMATTIKORKEAKOULU

**OPINNÄYTETYÖ**  
**Syyskuu 2012**  
**Kone- ja tuotantotekniikan**  
**koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
p. (013) 260 6800

Tekijä  
Timo Ihalainen

Nimeke  
PONSSE H53 -HAKKUUKOURAN UUDISTAMINEN JOUKKOKÄSITTELYLAITTEEKSI

Toimeksiantaja  
Kari Ihalainen

Tiivistelmä

Työn tarkoituksena on kehittää Ponsse H53 -harvesteripään kouraa paremmin toimeksiantajan vaatimuksia vastaavaksi. Tavoitteena on saada koura toimimaan nopeammin ja taloudellisemmin ohutkasvuisessa metsässä sekä muokata sitä niin, että huoltotöiden määrä pienenee ja niiden teko helpottuu.

Työssä käydään läpi puunkorjuuta ja markkinoilla olevia harvesteripään kouria. Itse muutosprosessissa kouran runkoa ja laitteita muokataan kestävämmiksi ja huoltoystävällisemmiksi. Lopuksi kouraan suunnitellaan joukkokäsittelylaite. Kaikki muutokset tehdään itse sitä mukaa, kun ongelmia syntyy. Työn vaiheista näytetään paljon kuvia havainnollistamaan lopputulosta.

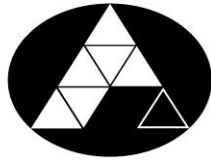
Lopputuloksena kourasta tuli huoltoystävällisempi, taloudellisempi ja tuottavampi energiapuun ja kuitupuun käsittelyssä. Joukkokäsittelylaite mahdollistaa useamman puun käsittelyn samanaikaisesti, jolloin yhden puun kaadon työvaiheet vähenevät.

Kieli  
suomi

Sivuja 58  
Liitteet 9  
Liitesivumäärä 9

Asiasanat

puunkorjuu, joukkokäsittely, tuotekehitys



NORTH KARELIA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**THESIS**  
**September 2012**  
**Degree Programme in**  
**Mechanical and Production Engineering**

Karjalankatu 3  
FIN 80200 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. +358-13-260 6800

Author  
Timo Ihalainen

Title  
RESTRUCTURING OF THE PONSSE H53 HARVESTER HEAD TO INCLUDE A STEM-  
MING DEVICE  
Commissioned by  
Kari Ihalainen

Abstract

The purpose of this study is to modify the Ponsse H53 -harvester head to meet the client's needs better. The goals of the study include increasing the working speed of the harvester head, adjusting it towards a more economical functioning, and to decrease the number of required maintenance fixes of the harvester head as well as the amount of work.

First, logging is briefly discussed and the Ponsse harvester heads currently found on the market are reviewed. In the modifying process the frame and the equipment of the harvester head were strengthened and made more maintenance friendly. Finally, a stemming device was designed. As a conclusion, all the arising challenges and modifications were created during the research. All steps were photographed to demonstrate the results.

In the end it can be noted that the harvester head is more maintenance friendly, as well as more economical and productive when handling pulpwood and energy wood. The stemming device allows the processing of multiple trees simultaneously, when work stages of handling a single tree decreases.

Language  
Finnish

Pages 58  
Appendices 9  
Pages of Appendices 9

Keywords

logging, stemming device, product development

## Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto.....	7
1.1	Tmi Kari Ihalainen .....	7
1.2	Opinnäytetyö ja sen tavoitteet.....	8
2	Puunkorjuu ennen ja nyt.....	8
2.1	Muutokset puunkorjuussa vuosien varrella.....	8
2.2	Ponssen toiminnan historiaa.....	9
2.3	Puutavara.....	12
2.3.1	Energiapuu .....	13
2.3.2	Kuitu- ja tukkipuu .....	14
2.4	Puunkorjuu .....	14
2.4.1	Puunkorjuun haasteita .....	14
2.5	Puunkorjuussa käytettävät kourat .....	15
2.5.1	Korjuulaitteiden esittely ja käyttötarkoitus .....	15
2.5.2	Metsäkoneen harvesteripäänkouran käyttö.....	19
2.5.3	Ponsse EH25- ja John Deeren joukkokäsittelylaitteiden ongelmat.....	19
3	Puunkorjuukouran suunnittelu ja toteutus .....	21
3.1	Toteutussuunnitelma Ponsse H53 -hakkuukouran uudistamiselle .....	21
3.1.1	Toteutuksen lähtötilanne .....	22
3.2	Muutostyöt .....	24
3.2.1	Etukorvakelevy .....	24
3.2.2	Ketjuöljysäiliö .....	29
3.2.3	Alasyöttörulla.....	39
3.2.4	Muut muutokset .....	44
3.3	Joukkokäsittelylaite.....	46
4	Valmis, uudistettu joukkokäsittelykoura .....	55
5	Johtopäätökset .....	58
	Lähteet.....	59

## Liitteet

Liite 1	Etukorvakelevy
Liite 2	Öljysäiliön kiinnike - Vasen puoli
Liite 3	Öljysäiliön kiinnike - Oikea puoli
Liite 4	Ala-syöttörullan lohko
Liite 5	Joukkokäsittelylaitteen aluslevy
Liite 6	Joukkokäsittelylaitteen alempi asennuslevy
Liite 7	Joukkokäsittelylaitteen ylempi asennuslevy
Liite 8	Joukkokäsittelylaitteen kaarilevy
Liite 9	Joukkokäsittelylaitteen rungon kokoonpanopiirros

## Lyhenteet ja käsitteet

Puutavaralajit	MÄT = mäntytukki KUT = kuusitukki KOT = koivutukki MÄK = mäntykuitu KUK = kuusikuitu KOK = koivukuitu LEK = muu kuitu, lehtikuitu tai polttopuu (Metsänhoitoyhdistys 2011.)
Ainespuu	Mitoiltaan ja laadultaan saha- ja paperiteollisuuden tai muun puunjalostuksen raaka-aineeksi sopivaa puutavaraa. (Maa- ja metsätalousministeriö. 2012)
Ekologinen kestävyys	Metsätalouden jatkuvuutta turvata talousmetsissä runsas ja elinvoimainen lajisto.
Energiapuu	Lämmön tai sähkön tuottamiseen käytettävää puuta. Energiapuumuodot koostuvat yleensä hakkuujätteistä, kannoista sekä pienpuusta. (Metsähallitus 2011.)
Energiaranka	Energiarangalla käsitetään runkoja, jotka ovat hieman huonommalla hoidolla olleita, riukuuntuneita, yleensä nuorena metsässä olevia puita. (Auvinen 2011, 5.)
Harvennushakkuu	Hakkuutapa, jossa tiheistä metsistä hakataan pois osa puustosta, jotta jäljelle jäävä puusto pystyisi kasvamaan mahdollisimman hyvälaatuisesti. (Metsänhoitoyhdistys 2011.)
Juurikäpä	”Puuston terveyden kannalta merkittävin vakaviin seurannaisvaikutuksiin johtava tekijä, jonka leviämistä voidaan ehkäistä käsittelemällä kannot harmaaorvakkasienellä (biologinen torjunta-aine) tai urealla (kemiallinen torjunta-aine).” (Mäkinen ym. 2010.)
Kuitu	Pieniläpimittaisia runkoja sekä tukkirunkojen osia, joita käytetään pääasiallisesti sellu- ja paperiteollisuuden raaka-aineina. (Metsänhoitoyhdistys 2011.)

PEFC	Kansainvälinen metsäsertifiointijärjestelmä (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes). Kertoo hyvin kohdellusta ja hoidetusta metsästä ja puun laadusta. (Metsähallitus 2012.)
Tukkipuu	Puurungon järein osa, jota käytetään sahatavaran valmistuksessa. Tukkipuu on kuitupuuta huomattavasti arvokkaampaa. (Metsänhoitoyhdistys 2011.)

# 1 Johdanto

Aihe opinnäytetyöhön tuli metsäkoneyritys TMI Kari Ihalaiselta, jonka toimeksiantona Ponssen monitoimikoneeseen suunniteltiin ja toteutettiin siihen paremmin sopiva hakkuupää. Hakkuupään rakentaminen aloitettiin keväällä 2011. Kirjallisen osion havainnollistaminen pohjautuu pitkälti kuviin, jotka kertovat selkeämmin työn eri vaiheista. Varsinainen opinnäytetyö on tehty konkreettisesti käsin, jolloin myös muut viralliset lähteet ovat työssä vähäisempiä. Työn alkuun kerrotaan hieman yrityksestä ja siitä, mistä kaikki aikanaan alkoi.

## 1.1 Tmi Kari Ihalainen

Kari Ihalainen on tehnyt vuosia metsäkoneurakointia kuormatraktorilla. Vuonna 1980 hän osti käytetyn FIAT-maataloustraktorin, johon hän hankki kuormaimen ja kärrin, ja aloitti ajaa omista, sekä yksityisten metsistä hakkuuta sivuansioinaan. Pääasiallisena työnään hän jatkoi maanviljelyä. Vuonna 1993 hän hankki käytetyn Valmet 910 -kuormatraktorin ja teki etenevissä määrin metsäkoneurakointia. Vuonna 1998 metsäkoneurakoinnista tuli pääasiallinen työ maanviljelyn jäädessä pois. Metsäkoneurakointi laajeni käytetyn Ponsse HS10 -harvesterin hankinnalla. Vuonna 1999 Valmet vaihtui Timberjack 810B -kuormatraktoriin. Vuonna 2002 Ponsse HS10 -harvesteri vaihtui uuteen Ponsse Beaver -harvesteriin. Vuonna 2004 Timberjack 810B vaihtui uuteen Ponsse Wisent -kuormatraktoriin Timberjackin luotettavuusongelmien takia. Vuonna 2007 metsäkoneurakointi laajeni toisen käytetyn Ponsse Beaver -harvesterin hankinnalla. Tällä hetkellä käytössä ovat edelleen samat kaksi Ponsse Beaver -harvesteria ja Ponsse Wisent -kuormatraktori. Molemmissa harvestereissa on tällä hetkellä H60-kourat. Viimeisimmäksi hankitun Ponsse Beaver -harvesterin kauppaan kuului kaksi H60-kouraa, joista toinen oli rikkoutunut. Rikkoutunut koura korjattiin toimintakuntoon. Vanha huonossa kunnossa ollut H53-koura sai tuuraajan, joten sille alettiin tehdä peruskorjausta.

## **1.2 Opinnäytetyö ja sen tavoitteet**

Metsäyhtiöiden tavoitteena on pienentää puunkorjuun kustannuksia. Taksat pienenevät ja metsäkoneiden käyttökustannukset nousevat. On keksittävä säästökeino, jotta metsäkonetoimintaa olisi taloudellisesti järkevää jatkaa. Yksi tapa tehostaa harvesterikouran toimintaa on lisätä tuottoa ja vähentää kustannuksia. Joukkokäsittelylaitetta tarvitaan aines- ja energiapuun käsittelyyn. Myös metsäyhtiöt kannustavat joukkokäsittelyyn. Haittapuolena joukkokäsittelylaitteessa on mittatarkkuuden heikkeneminen, kun kuutioiden laskentatarkkuus heikkenee. Koska laskentatarkkuus heikkenee, ajokoneeseen vaaditaan kuormainvaaka.

Kuten metsäyhtiöiden, myös toimeksiantajan toive on, että toiminnalla saataisiin lisää tuottoa ja voitaisiin silti pitää kustannukset mahdollisimman pieninä. Opinnäytetyössä suunnitellaan, muokataan ja rakennetaan Ponssen monitoimikoneen H53-hakkuupäätä niin, että siitä saadaan entistä tehokkaampi ja toimivampi, sekä yritykselle että metsälle edullisempi työväline. Tavoitteena on tehdä kourasta vähemmän haavoittuva tiheässä harvennusemetsässä, missä pieniä aluspuita ei korjata. Tavoitteena on myös suunnitella ja toteuttaa sellainen monitoimikoneen hakkuupää, jonka toimintaominaisuudet helpottavat huoltojen tekoa. Näin ollen se vähentäisi myös huoltoon kuluvaa aikaa.

## **2 Puunkorjuu ennen ja nyt**

Seuraavissa kappaleissa käydään yleisesti läpi puunkorjuuta ja sen kehitystä Suomessa. Kappaleissa käsitellään hieman puunkorjuuseen liittyvää teknologiaa sekä korjuulle ominaista terminologiaa.

### **2.1 Muutokset puunkorjuussa vuosien varrella**

Vielä 1950-luvulla puiden hakkuutyötä tehtiin työryhmissä työmiesten ja -hevosten kesken, jolloin kuljetuksesta vastaavaa hevostähtä kohden oli varattu muutama hakkuri, jotta työt sujuivat. Työ oli raskasta, sillä miehet asuivat yhdessä pienessä mökissä työmaalla, jossa he kaatoivat ja karsivat puut käsin, jonka jälkeen lastasivat kuorman hevosen kyytiin. Nykyisin työryhmä ei koostu enää vain muutamasta miehestä ja hevosesta. Sen sijaan nykyajan työryhmään kuuluu hakkuu- ja metsäkoneen



kuljettajat, jotka käyvät työssä kodeistaan käsin. Työ on yhtä idyllistä ympäri vuoden, sillä koneiden hytit ovat hyvin ilmastoidut ja lämmitetyt myös talvisin. (UPM 2012.)

Nykyisin lähes jokaisesta koneesta löytyy myös ajoneuvotietokoneet, jotka kuljettajan apuna ohjaavat koneen toimintaa. Koneissa olevat GPRS-laitteistot kertovat mm. hakattujen puiden määrät, jotka voidaan siirtää sähköisesti tiedonsiirron välityksellä eteenpäin. Ennen puut kuljetettiin eteenpäin vesiteitse uittamalla, mutta nykyisin myös puurekat hakevat puukuormia suoraan hakkuualueelta. Edelleenkin puita uitetaan enimmäkseen kesäisin. (UPM 2012.)

## 2.2 Ponsse toiminnan historiaa

Ponsse on saanut nimensä Vieremän kylällä 1960-luvulla kuljeskelleen sekarotuisen koiran nimestä. Ensimmäinen varsinainen Ponsse metsätraktori näki päivänvalonsa vuonna 1969, kun metsäkoneyrittäjä Einari Vidgrén ajoi sen ulos vieremäläisestä kyläpajasta. Kone oli kehitetty täysin metsämiehen omaan käyttöön, kunnes toiminta pikkuhiljaa laajeni. Alkuun sitä käytettiin vuoden ajan Tehdaspuu OY:n savottaan, jonka jälkeen sieltä kehoitettiin valmistamaan lisää samanlaisia metsätraktoreita. (Ponsse 2008.) (Kuva 1.)



Kuva 1. Ensimmäinen metsätraktori 1969 (Ponsse Oy).

Vuonna 1970 Vidgrén perusti metsäkonetehtas Ponsse Oy:n. Tuota vuotta on kuvattu Ponssella vaikeuksien alkutaipaleeksi, sillä tehdas oli nuori, eikä kukaan lähtenyt avustamaan uutta yritystä. Yritys joutui pärjäämään omillaan, ja kaikesta huolimatta se kehittyi jatkuvasti. Sekä miehille että koneille riitti töitä ja työpäivät venyivät usein

todella pitkiksi. Ensimmäinen Ponssesta tuotettu sarjavalmistukseen otettu kone oli PAZ-kuormatraktori. (Ponsse 2008.) (Kuva 2.)



Kuva 2. PAZ -kuormatraktori (Ponsse Oy).

1980-luvulla metsätraktorit alkoivat kehittyä huimaa tahtia ja tuolla vuosikymmenellä Ponsse sai nimeä ja mainetta. Ponsse tuli tutuksi kilpailijoille ja metsän isännille vuonna 1983, kun Ponsse S15 -kuormatraktori esiteltiin. Koneen rakenteet olivat huomattavasti aiempaa kevyemmät, sillä runko oli tehty osittain alumiinista. Tämä johti myös siihen, että kone oli maasto-ominaisuuksiltaan kilpailijoitaan ylivoimaisempi. Ponsse S15:tä tuotettiin vuoteen 1988 asti. 1980-luvun historiassa toinen merkittävä vuosi oli 1986, jolloin ensimmäinen harvesteripää H520 esiteltiin markkinoilla. Sen myötä yritys laajeni kuormatraktoreista hakkuukoneisiin. (Ponsse 2008.) (Kuva 3.)



Kuva 3. 1980-luvun laitteistoa (Ponsse Oy).

1990-luvulla suomalainen laatu palkittiin. Ponselle (1994) myönnettiin ISO 9001 -laatusertifikaatti sen kunniaksi, että Ponsse oli ensimmäinen suomalainen metsäkonevalmistaja. Tuolloin alkoi entistä aktiivisempi koneiden kehittäminen, ja tehdasta laajennettiin. Tuotevalikoimat kasvoivat, ja markkinoille saatiin mm. hakkuukoneiden mitta- ja tietojärjestelmälaite, Ponsse Opti. (Ponsse 2008.) (Kuva 4.)



Kuva 4. 1990-luvulla mallistossa ollut Ponsse HS15 -harvesteri (Ponsse Oy).

2000-luvulla Ponsse Oyj tunnetaan kansainvälisesti merkittävänä metsäkoneita valmistavana konsernina, jonka tuotteissa yhdistyvät huipputeknologia ja ympäristöystävällisyys. Ylä-Savon alueella Ponsella on runsaat 300 työpaikkaa ja henkilökuntaan kuuluu kaikkiaan noin 800 henkilöä. (Ponsse 2008.) (Kuva 5.)

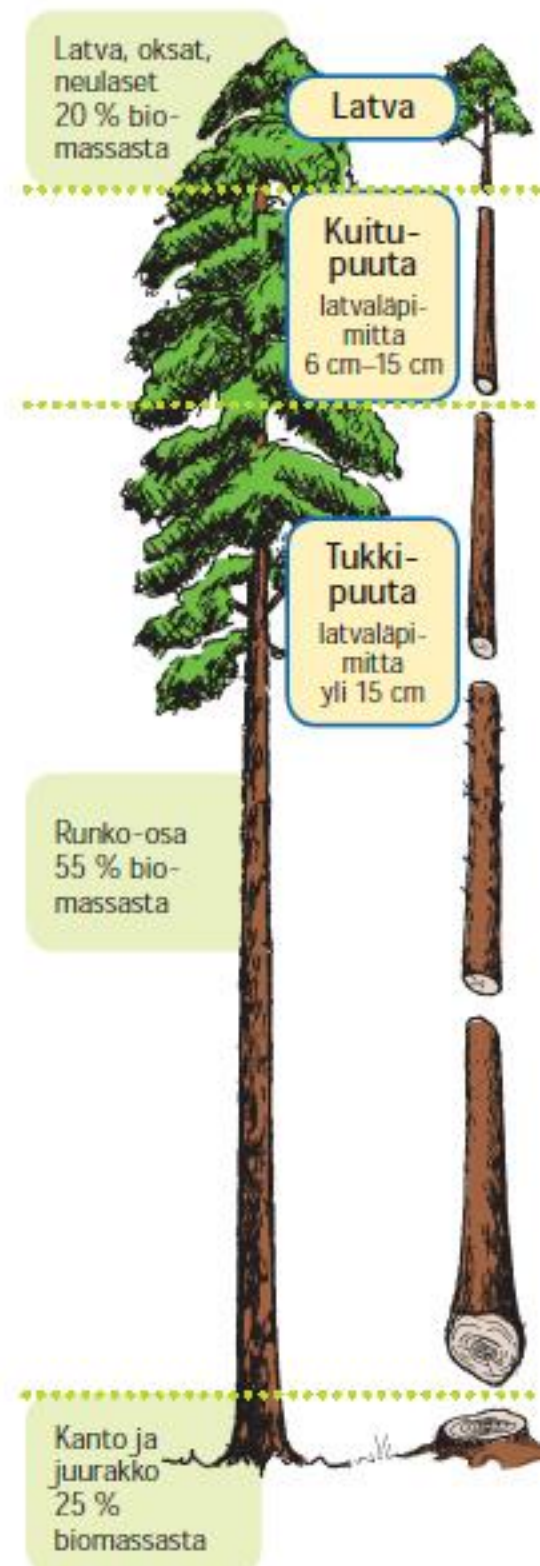


Kuva 5. 2000-luvun mallistossa oleva Ponsse Beaver -harvesteri (Ponsse Oy).

### 2.3 Puutavara

Kauppatavarana Suomen puumarkkinoilla hallitsevat kuitu- ja tukkipuut. Metsähallituksen myymästä kokonaispuumäärästä noin 60 prosenttia on kuitupuuta ja loput sahapuuta. Tämän lisäksi energialaitoksille myydään energiapuuta, joka koostuu kannoista, hakkuutähteistä, energiarangasta sekä pienpuusta. (Metsähallitus 2011.)

Kuvassa kuusi on kuvattu ja määritelty puunjaottelu puunvarren ja paksuuden mukaan.



Kuva 6. Puunjaottelu (Metsähallitus 2011).

### 2.3.1 Energiapuu

Energiapuulla tarkoitetaan lämmön tai sähkön tuottamiseen käytettävää puuta. Tuttuja energiapuu-esimerkkejä ovat hake ja halko. Lämpölaitokset, sähkövoimalat sekä jotkut yksittäiset kiinteistöt käyttävät rankapuuta energiapuunaan. (Maa- ja metsätalousministeriö 2012.)

Energiapuun korjaaminen tapahtuu vain sille taloudellisesti kannattavilta kohteilta. Kriteereitä ovat riittävä kysyntä ja kertymä sekä ekologiset tekijät, kuten ravinnetalous. Energiapuun sisältämä energiaranka voi sisältää myös jonkun verran kuitu- ja tukkipuiksi kelpaavaa materiaalia. (Metsähallitus 2012.)

Energiapuulla on kovaa kysyntää ja sen tarve markkinoilla kasvaa jatkuvasti. Aina ensimmäisissä harvennuksissa energiapuukäyttöön sopiva materiaali jää metsiin, mikä ei ole taloudellisesti kannattavaa. Tähän saakka ongelmana on ollut pienpuuhakkeen keruuseen sopivan kaluston puute. Nyt myöhemmin laitteiden kehittyttyä yhdistelmähakkuun käytöllä on saatu tehokkaasti talteen energiakäyttöön sopivaa puuainesta, jonka hyvän tuloksen seurauksena on uskallettu asettaa jo suurempia tavoitteita energiapuun käytölle. Metsähallituksen lehden (4/09) julkaisussa ”Energiapuu talteen kannattavasti” kerrotaan, että tämänhetkisenä tavoitteena on jopa nelinkertaistaa pienpuuhakkeen käyttö. (Ronkainen 2009.)

Parempien tulosten saavuttamiseen energiapuun korjaamiseksi ja hyödyntämiseksi ovat laitevalmistajat kehittäneet siihen tarkoitukseen sopivia joukkokäsittelykouria. Kysynnän kasvun ja sen myötä kehittyneiden hakkuukoneiden seurauksena energiapuusta on tullut oma puutavaralajinsa. Ronkainen (2009) viittaa artikkelissaan metsätehon erikoistutkija Kalle Kärhään, jonka mukaan yhdistelmähakkuun myötä tuotto on kasvanut parhaimmillaan jo jopa kaksinkertaiseksi.

Joukkokäsittelytoiminnalla työnjälki kauppatavarassa ei ole yhtä siistiä tai luotettavaa kuin ennen. Runkoihin jää usein oksantynkiä, mutta tämän päivän sellunkeitossakaan ei Kärhän mukaan siitä ole enää haittaa. Monitoimimitan epäluotettavuutta Kärhä puolustaa nykyisin jo käytössä olevalla kuormainvaakamittauksella. Integroiduksi hakkuuksi kutsuttu menetelmä toimii Kärhän mukaan erityisen hyvin suurilla toimijoilla

kuten Metsähallituksella. Kuitenkin kaikki toiminta ja kysyntä riippuvat kuitu- ja energiapuun markkinatilanteesta. (Ronkainen 2009.)

### **2.3.2 Kuitu- ja tukkipuu**

Sellua, paperia ja sahatavaraa tuottavat metsäteollisuusyritykset ovat suurimpia kuitu- ja tukkipuun kuluttajia Suomessa. Metsähallituksen kautta puuta menee vuosittain noin kuusi miljoonaa kuutiometriä, joka on noin kuusi prosenttia suomalaisen metsäteollisuuden tarvitsemasta puumäärästä. Kuitu- ja tukkipuuta myydään asiakkaille pitkäaikaisopimuksilla, mutta myös satunnaisesti yksityishenkilöille sopivien erien löytyessä. (Metsähallitus 2011.)

Pääosin Suomessa toimitetaan eteenpäin sertifioitua kuitu- ja tukkipuuta. Metsähallituksen metsät ovat sertifioitu kansainvälisen PEFC-järjestelmän (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes) mukaan. PEFC-järjestelmän mukaan merkityt puut kertovat siitä, että niiden raaka-aine on peräisin kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti hoidetuista metsistä. (Metsähallitus 2012.)

## **2.4 Puunkorjuu**

### **2.4.1 Puunkorjuun haasteita**

Ilmastonmuutosten, ja etenkin ilmaston lämpenemisen seurauksena menneet talvet ovat olleet aiempaa lyhyempiä. Tehokasta korjuuaikaa lyhyen talven vuoksi on ollut vähän. Lisääntyneiden sademäärien ja maaston pehmentyneen pohjan myötä työolosuhteet ovat vaihtelevia. Tästä johtuen mm. kuusikkojen harvennukset tehdään ensisijaisesti talviaikaan lumen ja roudan suojatessa maaperää. Näin suojataan juuristoja, sekä vältetään puuvaurioiden syntyä. Juuristo on erityisen altis vaurioille, sillä suurin osa siitä (70 %) kasvaa alle 10 cm:n syvyydessä. (Mäkinen ym. 2010.)

Korjuukalusto mitoitetaan aina kysynnän mukaan, sillä talviaikaan käytössä olevista koneista vain 60–65 % on käytössä kevät- ja kesäkuukausina. Metsäkoneyrittäjälle kuiva loppukesä voi olla harvennuksen kannalta parempi aika, koska talven märkyys, sateisuus ja lauhuus voivat vaikeuttaa työskentelyolosuhteita. Työn onnistumiseen

vaikuttavia tekijöitä ovat kantava maaperä, alueella suoritettu ennakkoraivaus, lyhyet metsäkuljetusmatkat, hakkuutähdettä ajourien suojaaksi tuova työtekniikka, sekä juurikäävän torjunta. Lisäksi työn perusteellinen suunnittelu helpottaa työn toteuttamista. (Mäkinen ym. 2010.)

Puunkorjuutoissa kohdataan haasteita myös metsätiestön kunnossapitovaikeuksien vuoksi. Korjatut puut on saatava nopeasti jatkojalostukseen, sillä erityisesti lämpimällä säällä puu pilaantuu hyvin nopeasti. Suomen teistä noin 90 % kuuluu alempaan tieverkostoon, joista sorateitä on noin 30 000 km. Reilusti yli 10 % alempaan tieverkostoon kuuluvista teistä kärsii roudan aiheuttamista kelirikoista ja aiheuttaa näin teille painorajoituksia. Puurekat eivät pian pääsekään aivan joka tielle, sillä lämpimät talvet lisäävät kelirikkojen pituutta ja määrää, ja hidastavat näin ollen tiestön kunnossapitoa ja korjuun haasteita. (Mäkinen ym. 2010.)

Puunhaun tapahtuessa liian myöhään, kuitupuu ehtii pilaantua, eikä se kelpaa enää jatkojalostuksessa paperin-, kartongin tai edes sellun tekoon. Tällaisten ongelmien seurauksena kuitupuu joutuu energiapuuksi. Pilaantuneen, laadukkaan puun joutuminen energiapuuksi ei ole yhtä kannattavaa kuin esimerkiksi paperiksi tehtävän puun jalostaminen verraten sen tuottamiin voittoihin. (Hannula 2010.)

## **2.5 Puunkorjuussa käytettävät kourat**

### **2.5.1 Korjuulaitteiden esittely ja käyttötarkoitus**

Markkinoille kumpuilevien uusien parannusideoiden myötä korjuulaitteet kehittyvät vuosi toisensa jälkeen käyttöominaisuuksiltaan aiempia tehokkaammiksi työvälineiksi. Monipuolista laitteistoa käytetään pääsääntöisesti kuitu- ja tukkipuun korjuuseen, mutta myös latvojen ja juurikoiden korjuuseen (ks. kuva 6). Koska yritys käyttää Ponssen metsäkoneita, esittelyissä keskitytään Ponssen mallistoon.

Ponsse H8 -harvesteripää on erittäin tehokas ja nopea puun käsittelyyn käytetty koura. Sen syöttörullan avauma on 40-740 mm, ja se tekee suurtenkin runkojen käsittelyn helpoksi sen toimivan puristusgeometrian eli pitävyyden vuoksi. Puristus on varmistettu



myös syöttömoottoreiden lukkokytkennällä. Laitteessa olevat etu- ja takakarsimaterät, sekä syöttörullien ohjaustoiminnot pitävät huolen siitä, että Ponsse H8 toimii ketterästi. Käsiäjosityön nopeutta voidaan säätää syöttöä kiihdyttäen tai jarruttaen hallitusti. Näin saadaan pienennettyä syöttöaurioita ja painepiikkejä toimivuuden hyötysuhdetta parantaen. H8:n automaattisäätiöisyys nopeuttaa hakkuutyötä merkittävästi. (Ponsse Oy 2008.) (Kuva 7.)



Kuva 7. Ponsse H8 (Ponsse Oy).

Ponsse H7 on ominaisuuksiltaan ja näöltään lähes samanlainen kuin Ponsse H8. Ponsse H7 syöttörullan maksimiavauma on 650 mm, ja kuten H8:n, myös H7:n erinomaisen puristusgeometrian vuoksi suurtenkin runkojen käsittely on tehty helpoksi. (Ponsse Oy 2008.)

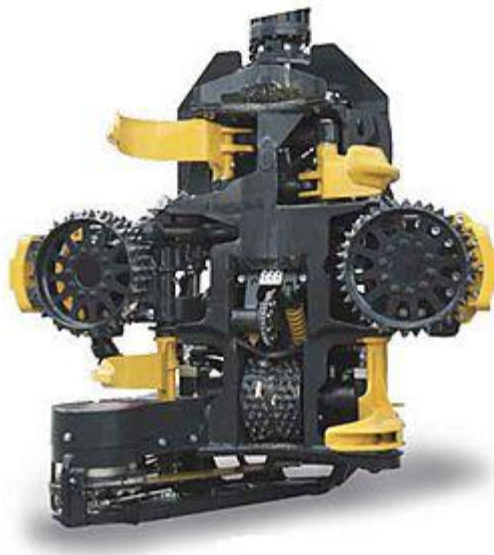
Ponssella on myös H7euca -harvesteripää, jota ei Suomen metsissä käytetä. Kyseinen harvesteripää on tarkoitettu käytettäväksi eukalyptuspuiden kuorintaan. Laite on kuitenkin helposti muunneltavissa myös havupuiden korjuukäyttöön uudishakkuille sekä myöhemmille harvennuksille. (Ponsse Oy 2009.) (Kuva 8.)





Kuva 8. Ponsse H37euca (Direct industry).

Ponsse H6 -harvesteripäätä voidaan jälleen verrata H8- ja H7-malleihin. Myös H6-mallissa sen erinomainen puristusote, nopea syöttö, nopea sahaus sekä mittatarkkuus ja monipuoliset säätömahdollisuudet ohjaavat laitteen tehokasta toimintaa. Ponsse H6 korvasi ennen Ponssen mallistossa olleen H60-harvesteripään. Sitä voidaan käyttää niin Ponsse Beaver- kuin Ponsse Ergo -harvestereihin. Sitä voidaan käyttää myös joukkokäsittelyssä, jonka avulla voidaan nopeuttaa korjuuta huomattavasti pienipuustoisissa kohteissa. H6-mallin suurin avauma on 640/650 mm. (Ponsse Oy 2010.) (Kuva 9.)



Kuva 9. Ponsse H6 (Direct industry).

Ponsse H5 -harvesteripää tuo uutta voimaa harvennuksille. Se on suunniteltu erityisesti harvennushakkuussa käytettäväksi yleisharvesteripääksi. H5 on syrjäyttämässä H53e:n

Ponssen mallistossa. Sen etu- ja takaterien suuri avauma (550/600 mm), pitkät karsimaterät sekä leveä yläsyöttörulla tehostavat harvennustyötä niin yksittäisten runkojen kuin useiden runkojenkin kerralla käsittelyssä. Nopea ja taloudellinen syöttö ja sahaus takaavat korkean tuoton joka olosuhteissa. (Ponsse Oy 2012.) (Kuva 10.)



Kuva 10. Ponsse H5 (Direct industry).

Yleisharvesteripää Ponsse H53 on tarkoitettu kaikille alle 50 cm:n rungoille. H53:n etu- ja takaterät on muotoiltu niin, että ne karsivat rungot puhtaiksi. Etuterien erikoisuutena on karsia runkojen pienet päät ja takaterien tehtävänä järeiden runkojen tyveltä asti tapahtuva karsinta. H53:n suurin avauma on 500 mm. (Ponsse 2009.) (Kuva 11.)



Kuva 11. Ponsse H53E (Ponsse Oy).

### **2.5.2 Metsäkoneen harvesteripäänkouran käyttö**

Metsäkoneen harvesteripään koura on yleisesti suunniteltu kaatamaan ja karsimaan oksat sekä katkaisemaan yhden puunrunгон kerrallaan. Tämä on nuoressa metsässä erittäin hidasta ja epätaloudellista, koska puut ovat ohuita ja niitä kasvaa tiheästi. Tähän ongelmaan yritetään etsiä ratkaisua. Yksi ratkaisu on suunnitella koura, jolla voi käsitellä useamman puunrunгон yhtäaikaisesti. Tätä kutsutaan joukkokäsittelyksi. Joukkokäsittelystä on hyötyä energiapuun ja kuitupuun käsittelyssä.

Joukkokäsittelykouria on markkinoilla jo muutamaa eri mallia. Toimeksiantajan käyttötarpeisiin sellaista ei kuitenkaan vielä ole, joten nyt tavoitteena onkin suunnitella Ponsse H53 -kouraan sopiva ratkaisu yrityksen tarpeiden täyttämiseen.

### **2.5.3 Ponsse EH25- ja John Deeren joukkokäsittelylaitteiden ongelmat**

Ponssella on ollut mallistossaan energiapuuhaakuuseen tarkoitettu EH25-joukkokäsittelykoura. Kouran avauma on suuri, 1300 mm, mutta sen suurin katkaisuläpimitta on 250 mm. Kourassa ei ole syöttömoottoreita, joten runkoja ei pystytä katkaisemaan haluttuun pituuteen, eikä rungoissa olevia oksia voida karsia pois. Tämä koura ei sovellu normaaliin haakuuseen, eikä sitä löydy enää Ponssen kouramallistosta. (Kuva 12.)

John Deeren kourat suunnittelee ja valmistaa Waratah OM Oy. John Deerellä on mallistossaan Waratahin valmistama ja patentoima joukkokäsittelylaite, joka ei ole kourassa kiinteästi kiinni, vaan se on irrotettava ja näin ollen liitettävissä useaan harvesteripään kouraan. Laite kiinnitetään kouran kääntäjän yhteyteen, jolloin runkoja kerättäessä laite tukee kouran pystyasentoon. Ongelmana on, että ne eivät käy Ponssen kouriin. (Kuva 13.)



Kuva 12. Ponsse EH25-koura (Mascus 2012).



Kuva 13. Joukkokäsittelylaite Waratahin kourassa. (Kuva: Timo Ihalainen.)

### **3 Puunkorjuukouran suunnittelu ja toteutus**

Prosessikuvaus koostuu kouran toteutussuunnitelmasta, kouraan tarvittavista muutostöistä, sekä joukkokäsittelylaitteen suunnittelusta ja toteutuksesta. Osiot koostuvat ilmenneistä ongelmista ja niiden ratkaisuista, joista kuvat kertovat enemmän kuin sanat.

#### **3.1 Toteutussuunnitelma Ponsse H53 -hakkuukouran uudistamiselle**

Yhdessä opinnäytetyöaiheen toimeksiantajan kanssa päädyttiin uudistamaan jo valmista hakkuupäätä muokkaamalla sitä oikeanlaiseksi, helpommin huollettavaksi ja tehokkaammin käytettäväksi joukkokäsittelylaitteeksi. Ponsse H53 -hakkuupää on vanha, joten sitä voi käyttää pohjana parannuskokeiluihin.

Tehokkaamman joukkokäsittelylaitteen luomiseksi täytyy ensin tehdä joitakin päivityksiä, sillä uudistettavaksi valittu Ponsse H53 -hakkuukoura ei sovellu joukkokäsittelykäyttöön ennen niitä. Suunnitelmana kouran uudistamiseksi on vanhan kouran hydraulikkamoottorien kunnostaminen ja hydraulikkaventtiilistön uudelleen säätäminen. Myös teräketjuöljysäiliö muutetaan irrotettavaksi, ja kouran letkutus uusitaan ja järjestellään uudelleen.

Joukkokäsittelylaitteella pystytään tekemään oksien karsiminen ja oikeaan mittaan katkaiseminen useampaan runkoon kerrallaan. Joukkokäsittely kasvattaa kouran tuotosta, nopeuttaa työntekoa, parantaa taloudellisuutta ja on edullisempi vaihtoehto jäljelle jäävälle puustolle vahingoittamatta sitä edelleen.

Puunkorjuussa paljon käytetty Ponsse H53 on yleiskoura alle 50 cm puunrungoille. Parhaiten se toimii harvennushakkuissa ja pienirunkoisissa päätehakkuissa. Ponsse H53e -kouraan on saatavilla joukkokäsittelyyn sopivat nivelöidyt takakarsimaterät. Ongelmana niissä on kuitenkin se, että suurempia puunrunkoja käsiteltäessä sen terät huonontavat rungon karsimista. Runkoja kerättäessä tiltin sylintereille kohdistuu suuri rasitus, kun koura pyrkii kaatumaan puun mukana.

Odotuksina uusitun laitteen kohdalla ovat mm. töiden lisäys tehokkaammiksi ja monipuolisemmiksi. Yhtiöt vaativat joukkokäsittelyä. Joukkokäsittelylaitteen tehokkaammilla ja vähemmän kasvustoa vaurioittavilla ominaisuuksilla pystytään jatkossa myös yksityisille asiakkaille tekemään esimerkiksi energiapuukorjuuta kohtuuhintaan, mikä puolestaan lisää työllistymismahdollisuuksia. Entistä tehokkaampi hakkuulaite myös nopeuttaa energiapuun hakkuuta huomattavasti.

Projektissa edettiin vaihe vaiheelta ja tehtiin muutoksia sitä mukaa, kun ongelmia syntyi. Muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta kaikki muutokset kouraa uusien oli tarkoitus tehdä itse. Yksittäisten kappaleiden mallinnuksessa käytin Autocad Inventor -mallinnusohjelmaa. Syy uuden ohjelman opetteluun oli ohjelman opiskelijoille suunnattu ilmaisversio, jota on tarkoitus käyttää omaan käyttöön jatkossakin. Toisaalta muita mallinnusohjelmia ei ollut omalle koneelle saatavillakaan.

Tarkoitus oli heti alusta alkaen hyödyntää mahdollisimman paljon entisiä osia muokkaamalla niitä toivottuun käyttötarkoitukseen soveltuviksi. Toisena edellytyksenä uudelle kouralle oli myös se, että varaosat, kuten sylinterit, kädälät ja muut huolto-osat pystytään hankkimaan suoraan Ponsselta.

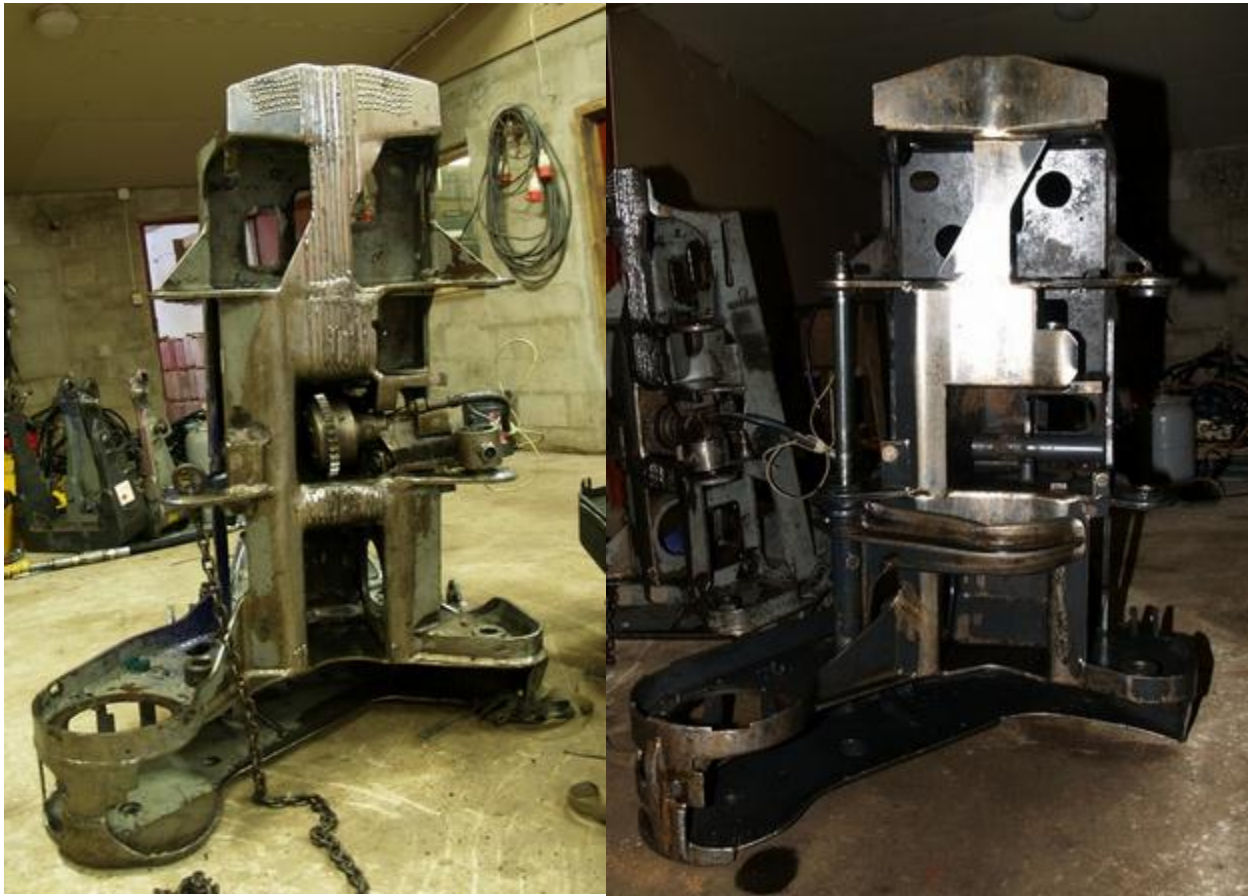
### **3.1.1 Toteutuksen lähtötilanne**

Lähtötilanteessa vanhasta Ponsse H53 -kourasta purettiin kaikki osat, mitä vain oli mahdollista irrottaa. Tämä tehtiin siksi, että nähtiin kouran rungon sen hetkinen kunto. Runko oli huonossa kunnossa ja sitä on ajan saatossa korjattu paljon. Nykyisen päivityksen vaatimat muutokset olisivat olleet lähes mahdottomia tehdä vanhaan runkoon, joten runko vaihdettiin uudempaan. Kouran runkoon haluttiin lujemmat rullien kiinnityskohdat ja leveämpi vetorulla kouran pohjaan ottavammilla piikeillä. Myös sivurullien piikit ja rullien suojat muutettiin joukkokäsittelyyn sopiviksi.

Projekti alkoi uudemman rungon hankinnalla ja sopivaksi rungoksi löytyi rikottu, muutaman vuoden vanha H53e-runko. Rungossa oli ratkeamia ja katkennut etukorvakko, jonka takia runko oli hylätty käytöstä. Kouraa oli todennäköisesti käsitelty liian kovin ottein, jonka seurauksena laite rikkoontui ja oli hylätty.



Kouran etuosaa tarkastellessa näkyvin ero uuden ja vanhan rungon välillä on uudessa rungossa oleva leveämpi vetorullan kolo. Pienempiä, mutta silti helposti nähtäviä eroja ovat sahakotelon muodot ja mittapyörän yläpuolella oleva suojalevy, joka suojaa syöttörullien sylinteriä. (Kuva 14.)



Kuva 14. Vasemmalla vanha H53- ja oikealla uusi H53e-runko edestä kuvattuna.  
(Kuva: Timo Ihalainen.)

Kouran takaosassa muutoksia on tapahtunut yläosan huoltorei'issä, suojakopan kiinnikkeiden sijoittelussa ja ketjuöljysäiliön korkki on siirtynyt keskelle (kuva 15). Uudessa kourassa suojakoppa on yksiosainen vanhan kaksiosaisen sijaan.



Kuva 15. Vasemmalla vanha H53- ja oikealla uusi H53e-runko takaa kuvattuna.  
(Kuva: Timo Ihalainen.)

## 3.2 Muutostyöt

Kourassa olevat viat täytyi korjata ennen kuin siitä saatiin käyttökelpoinen. Muutostöiden kohteina olivat etukorvako, ketjuöljysäiliö, alasyöttörulla sekä muutamia pienempiä muutoksia.

### 3.2.1 Etukorvakelevy

Koura oli joutunut todella kovalle rasitukselle ilmeisesti väärin käytettynä. Yleisin rungon hajoamissyys on kuljettajassa. Kouraa ei viedä puuhun kiinni tarpeeksi rauhallisesti, vaan kuljettajien suuri virhe on äkkipikaisuus, jolloin koura heitetään nopeasti kiinni puuhun vain suurin piirtein ja sinne päin. Usein myös kouran ollessa puussa kiinni, ajetaan syöttörullilla puunrunkoa alaspäin. Kouraa ei ole suunniteltu tällaista käyttöä varten. Karsimaterät eivät toimi toisin päin, jolloin se rasittaa



korvakelevyjä. Väärinkäytön seurauksena syöttörullien kiinnityskorvake oli katkennut kahdesta kohdasta ja korjattu aiemman omistajan toimesta hitsaamalla (kuva 16).



Kuva 16. Katkennut etukorvakelevy. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Levy näytti todella huonolta. Levyn kestävyyttä epäiltiin, joten se päätettiin uusia. Korvakelevy irrotettiin rungosta polttoleikkaamalla (kuva 17). Polttoleikkauksen jälkeen rungosta hiottiin levyn irrotuskohta tasaiseksi.

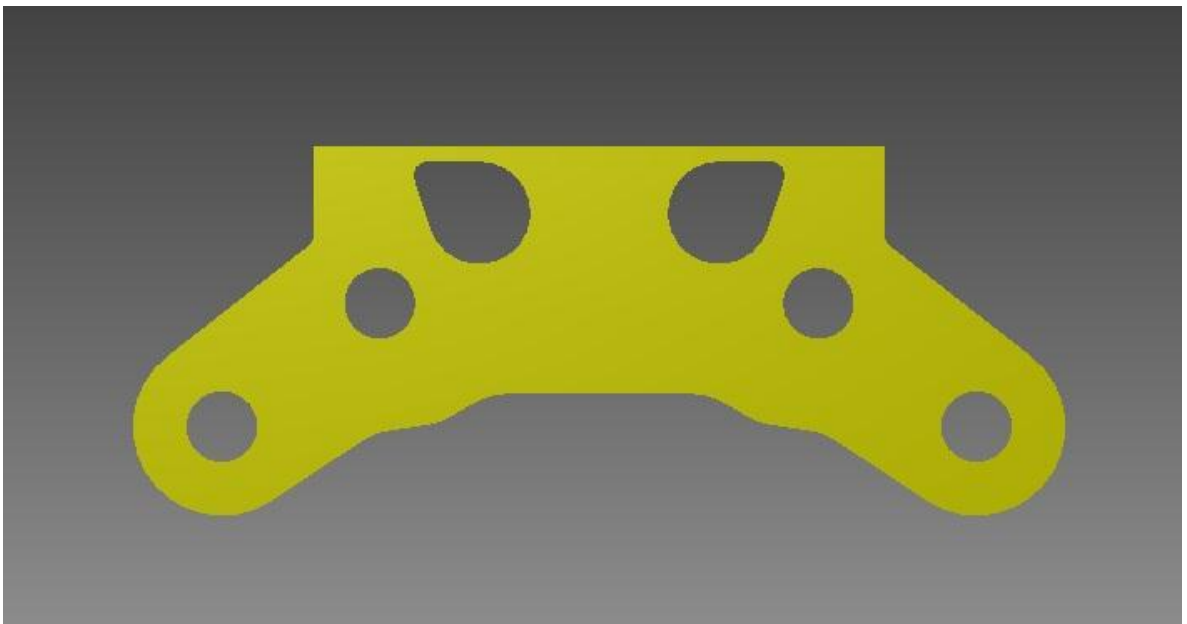


Kuva 17. Runko korvakelevyn irrotuksen jälkeen. (Kuva: Timo Ihalainen.)



Kuva 18. Irti leikattu korvakelevy jonka perusteella mitoitettiin uusi. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Irti leikatun levyn perusteella mallinnettiin uusi korvakelevy (kuva 18). Kohtaan, josta levy oli aikaisemmin katkennut, lisättiin hieman ainevahvuutta. Levystä tehtiin tarvittavat piirustukset ja vietiin laserleikattavaksi Koneistamo Riikoselle (kuva 19). (Liite 1.)



Kuva 19. Mallinnettu korvakelevy. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Uuden levyn saavuttua verrattiin, että reiät olivat samalla kohdalla (kuva 20). Reikiin hitsattiin vielä soviteholkit, jotka ovat reikiä 2 mm pienemmät. Rullien ja alaterien akseli asetettiin paikoilleen ja reiät kohdistettiin.



Kuva 20. Uuden ja vanhan korvakelevyn vertailu. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Levy aseteltiin paikoilleen syöttörullien runkojen ja akseleiden ollessa paikoillaan, näin saatiin levy oikeaan kohtaan (kuva 21). Levy hitsattiin kiinni muutamasta kohdasta.



Kuva 21. Korvakelevyn reikien kohdistus syöttörullien runkoja ja akselia apuna käyttäen. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Akseli ja syöttörullien runko otettiin pois, että levy saatiin hitsattua lopullisesti kiinni. Korvakelevy hitsattiin lopullisesti kiinni molemmin puolin niin, että se varmasti kestää. Korvakelevyn annettiin jäähtyä itsekseen, ettei äkillinen lämpölaajeneminen tee runkoon kiertymää ja reiät pysyvät paikoillaan. (Kuva 22.)



Kuva 22. Korvakelevy kiinni hitsattuna. (Kuva: Timo Ihalainen.)



### 3.2.2 Ketjuöljysäiliö

H53- ja H53e -kourissa teräketjuöljysäiliö on kiinteä osa runkoa. Säiliön alla on osa venttiilipöytää, jossa on paljon letkuja. Jos jokin alla olevista letkuista hajoaa, sen vaihtaminen on erittäin hankalaa säiliön ollessa tiellä. Venttiilipöytää ei pysty siirtämään, joten säiliötä on siirrettävä. Irrotettava säiliö auttaisi huomattavasti huoltotöitä.

Ensimmäisenä säiliö irrotettiin rungosta, että päästiin suunnittelemaan säiliön kiinnitysmekanismissa. Säiliön tavoitetilavuus on n. 6 litraa, joka kestää 8 tunnin käytön.

Säiliö pyrittiin leikkaamaan mahdollisimman suurena osana irti rungosta. Leikkauskohtaan piirrettiin viivat, joiden mukaan säiliö leikataan irti kulmahiomakoneella, ohuella 1 mm katkaisulaikalla (kuva 23).



Kuva 23. Säiliöön merkittiin katkaisukohtat. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Säiliön pohja leikattiin polttoleikkaamalla, koska sinne ei säiliön ja rungon muotojen vuoksi päässyt leikkaamaan kulmahiomakoneella (kuva 24).



Kuva 24. Säiliön pohjaa ei pysty leikkaamaan kulmahiomakoneella. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Säiliön irrotus jätti runkoon osan säiliön pohjaa (kuva 25). Säiliön pohjassa olevat reiät ovat suoraan sahan kotelon päällä.



Kuva 25. Öljysäiliön pohja. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Säiliön pohjasta leikattiin loputkin palat irti ja aukko hiottiin siistimmäksi. Aukkoon leikattiin sopivan kokoinen pala estämään sahankotelosta tulevan lian pääsyn venttiilistöön ja tukevoittamaan runkoa, tehden rungosta siistimmän näköisen. (Kuva 26.)



Kuva 26. Öljysäiliön jättämä aukko paikattiin sopivalla levyllä. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Hitsauksen jättämät jäljet hiottiin tasaiseksi. Myös sahankotelon puolelta tarkistettiin, ettei minnekään jäänyt reikiä. (Kuva 27.)



Kuva 27. Öljysäiliön jättämä reikä paikattuna. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Irti leikattua säiliötä jouduttiin muokkaamaan paljon, että siitä sai toimivan (kuva 28).



Kuva 28. Irti leikattu öljysäiliö. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Kaikki polttoleikkauksen jättämät jäljet hiottiin ja siistittiin kulmahiomakoneella (kuva 29).





Kuva 29. Öljysäiliö hiottuna ja siistittynä. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Säiliön siistimisen jälkeen sitä sovitettiin paikoilleen ja suunniteltiin miten säiliö tulisi toteuttaa (kuva 30).



Kuva 30. Öljysäiliö tulevalla paikallaan. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Ensin suunniteltiin keinoa, jolla säiliön saisi kiinnitettyä runkoon. Ensimmäinen idea oli tehdä säiliön sivuihin pienet levynpalat, joiden avulla säiliö kiinnitettäisiin pulttaamalla

se rungosta läpi. Tämä idea ei vaikuttanut hyvältä, koska mutterien kiinnitys sahankotelon puolelta olisi ollut hankalaa ja kiinnityksen iskunkestävyys ei vaikuttanut riittävältä. Seuraavaksi ajateltiin, että säiliön voisi saranoida kippaavaksi, mutta säiliön irrotus pitäisi toteuttaa jotenkin. Lopulta päädyttiin ratkaisuun, jossa säiliön ulompaan päähän hitsataan kaksi koukkuja, jotka tekevät säiliöstä kippaavan ja irrotettavan. (Kuva 31.)



Kuva 31. Kiinnitys toteutettiin koukuilla. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Kaikki säiliön alla oleva tilaa käytettiin hyväksi säiliötä tehdessä, että saatiin mahdollisimman paljon tilavuutta säiliölle. Samalla ketjuöljyn pumpulle etsittiin paikkaa, missä se toimisi kouran ollessa missä tahansa asennossa. Pumppu suunniteltiin sijoitettavaksi säiliön alle. Säiliön sisään tehtiin pieni öljytasku, että pumppu ei ime ilmaa tankin ollessa tyhjillään ja kouran ollessa pystyssä puuta sahatessa. Tällaista ratkaisua ei ollut aiemmin tankissa. Tasku täyttyy pienien reikien kautta kouran ollessa vaaka-asennossa. (Kuva 32.)



Kuva 32. Öljysäiliö valmiina. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Säiliö hitsattiin umpeen ja kokeiltiin paineilmalla sen tiiviyyttä. Tiiveyden testaamisessa käytettiin menetelmää, jossa säiliöön kiinnitettiin paineilmaliitin ja paineilmakompressorilla täytettiin säiliö 5 baarin paineeseen. Mahdolliset hitsauksen jälkeen jääneet reiät etsittiin sumutepulloon sekoitetulla vesi-saippualiuoksella, jota sumutettiin säiliön ympärille.

Vuotokohta selvisi niin, että vesi-saippualiuoksen sumuttamisen jälkeen ympärille alkoi syntyä kuplia, jolloin vuotokohdan pystyi helposti merkitsemään. Sen jälkeen saumaa avattiin kulmahiomakoneella muutaman sentin pituudelta merkityn kohdan molemmin puolin ja hitsattiin huolellisesti uudelleen. Kun sauma jäähtyy, testataan säiliön tiiviyys uudelleen. Toimenpidettä toistettiin niin pitkään, kunnes säiliö saatiin täysin tiiviiksi.

Ensimmäisen hitsauksen jälkeen säiliöstä löytyi muutamia pieniä reikiä, jotka vuotivat. Aluksi syytä reikien syntyyn ei tiedetty. Hetken kuluttua selvisi, että ne johtuivat siitä, että hitsauspistooli nostettiin liian aikaisin ylös hitsauksen lopetettuani. Hitsauspistoolista tulee suoja kaasua vielä parin sekunnin ajan hitsauksen lopettamisesta, jonka aikana pistoolia pitäisi pitää mahdollisimman paikoillaan. Näin ollen myös tankkia hitsatessa tulee olla erityisen tarkkana tämän toiminnon kanssa, koska hitsausaines hapettuu erittäin nopeasti etenkin siinä kohdassa, jossa hitsaaminen lopetetaan. Lopulta kuitenkin säiliö saatiin tiiviiksi.



Kuva 33. Öljysäiliö paikoillaan. (Kuva: Timo Ihalainen.)

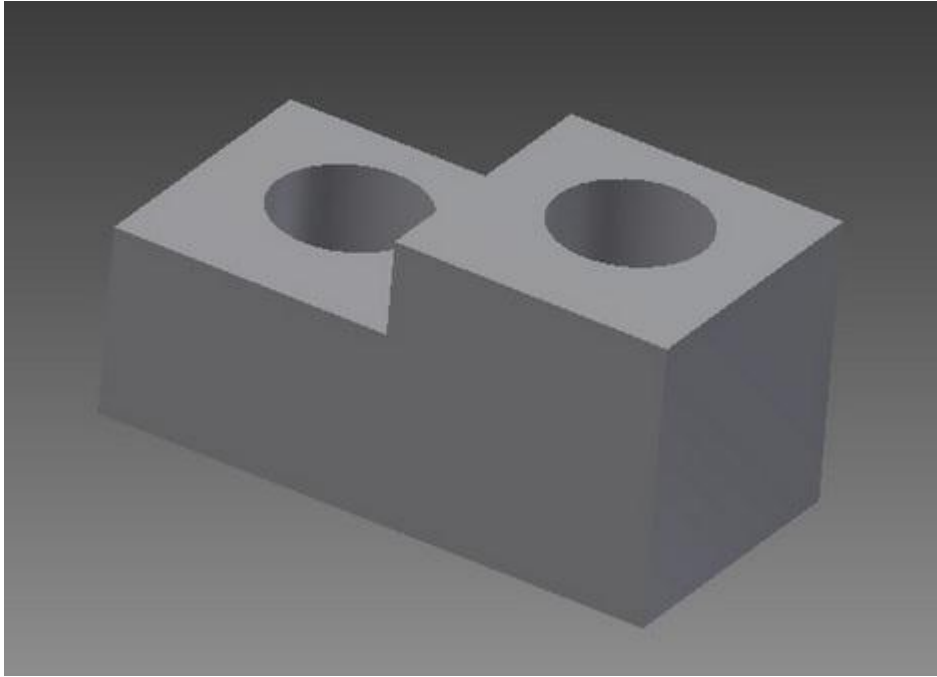
Säiliön pohjaan tehtiin paikka sylinterille, joka pumppaa ketjuöljyn ketjulle. Asetin säiliön paikoilleen ja näin, että tähän mennessä kaikki mahtuivat paikoilleen (kuva 33). Säiliö mahtui nyt avautumaan ja venttiilipöydän päässä olevat letkut pystyy nyt helposti vaihtamaan (kuva 34).





Kuva 34. Säiliö avattuna huoltotilaa on nyt huomattavasti enemmän. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Säiliöstä piti saada lukittava, joten suunniteltiin pulttiliitos, joka on helppo avata ja kiinnittää. Yhden pultin liitoskin olisi voinut kestää, mutta varmuuden vuoksi liitos tehtiin kahdella pultilla. Kiinnikkeiden tuli myös rajoittaa pitkittäisliikettä. Liitoksen tulee olla täysin rungon ulkopuolella, että sen saa avattua. Kiinnikkeeseen tehtiin porrastus, joka estää liialliset liikkeet pulttien lisänä. Kiinnikkeeseen kuuluu kaksi samanlaista palaa, joista rungossa kiinni olevassa puoliskossa on kierteet, johon toinen öljysäiliössä kiinni oleva puolisko kiinnitetään kahdella M16-kuusiokolopulteilla. Näin öljysäiliö pysyy tiukasti paikoillaan. (Kuva 35.) (Liitteet 2 ja 3.)



Kuva 35. Mallinnettu kiinnike. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Näiden vaiheiden jälkeen säiliö saatiin valmiiksi. Kokoaminen kuitenkin jatkui vielä asentamalla loput venttiilipöydästä paikoilleen (kuva 36). Venttiilipöytä kiinnitettiin runkoon kuudella M10 kuusiokolopultilla. Rungossa on reiät ja venttiililohkoissa kierteet, joten venttiilipöytä kiinnittyy tiukasti.

Kouran kasaamista jatkettiin asentamalla karsimaterät ja niiden letkut paikoilleen. Vanhat H53-kouran terät olivat heikossa kunnossa, joten hankittiin uudet H53e kouran terät. Terät ja letkut hankittiin suoraan Ponsselta. Muutoksia ei tarvinnut tehdä. Vanhat H53-kouran yläsyöttörullien moottorit kävivät uuteenkin, joten ne asennettiin rullineen ja letkuineen paikoilleen. Seuraava ongelma tuli asentaessa alasyöttörullaa, joka on erilainen H53e-kourassa kuin H53-kourassa.



Kuva 36. Venttiilipöytä paikoillaan. (Kuva: Timo Ihalainen.)

### 3.2.3 Alasyöttörulla

Uudessa H53e kourassa on leveämpi syöttörulla kuin vanhassa H53-kourassa, joten edessä oli uuden rullan hankkiminen. Uusi rulla ei vaikuttanut sopivalta, koska siinä oli liian isot piikit. Lisäksi se oli liian kallis. Rulla ostettiin piikittömänä Ponsselta (kuva 37) ja hitsattiin piikit itse. Rullaan hitsattiin pienemmät piikit ja hitsauksen ansiosta rullissa oleva kulutuspinna lisääntyy hitsiaineksen määrän kasvaessa, joten rullien elinikä pitenee huomattavasti. Kun rullien piikit tylsyvät, piikit pystytään hiomaan ja sorvaamaan pois. Sitten rullaan pystyy taas hitsaamaan uudet piikit ja näin uusi alasyöttörulla on valmis. Yritys on soveltanut tätä käytäntöä jo vuosia, ja tässäkin kourassa käytettävät ylemmät syöttörullat ovat tehty itse samaa käytäntöä hyödyntäen.



Kuva 37. Piikitön rulla. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Uuteen rullaan merkittiin piikkien paikat tasaisin välein sekä pyörimis- että leveysuuntiin. Leveysuuntaan tuli 8 piikkiä ja pyörimissuuntaan 20 piikkiä. Määrän on oltava parillinen, koska leveysuunnan piikit asetettiin lomittain niin, että pyörittäessä ei synny tyhjää kohtaa mihinkään osaan. (Kuva 38.)



Kuva 38. Piikit eivät jätä tyhjää linjaa rullan pyöriessä. (Kuva: Timo Ihalainen.)



Piikit pistehitsattiin ensin rullaan kiinni ja tarkastettiin, että ne ovat tasaisesti rullassa. Lopuksi piikit hitsattiin lopullisesti kiinni. Piikkirivi piti hitsata yhdellä hitsauksella huolellisesti läpi. Näin saatiin rullaan enemmän kulutus pintaa ja sitä kautta lisää elinikää. Rullan annettiin jäähtyä rauhassa yön yli. Seuraavana päivänä maalattiin se. Rullan ulkopintaa on turha maalata, koska maalipinta irtoaa kuitenkin jo ensimmäisellä kokeilukerralla. Nyt rulla oli valmis. (Kuva 39.)



Kuva 39. Piikit hitsataan lopullisesti kiinni hitaasti rivi kerrallaan. (Kuva: Timo Ihalainen.)

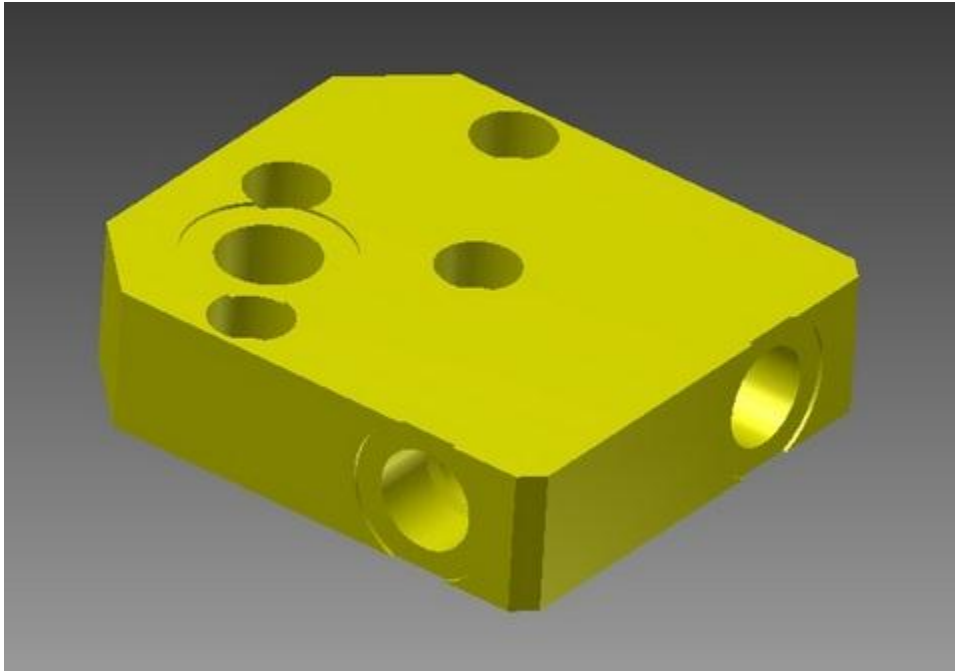
Tehtaalta tullessaan ala-syöttörullan moottorille menevät hydraulikkaletkut olivat huonossa asennossa, sillä ne taipuivat liikaa rungon sivulle. Rullan moottorin päällä on lohko, joka siirtää letkut lähtemään alas. Ilman lohkoa letkut eivät mahtuisi olemaan moottorin päällä, koska alaterät liikkuvat niin lähellä moottoria. Ongelmana on, että letkut jäävät liikaa sivuun. Silloin ne ovat alttiina oksille ja kannoille, jolloin ne hajoavat helposti. (Kuva 40.)



Kuva 40. Alasyöttörullan moottorin letkut ovat huonossa asennossa. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Tavoitteena oli saada letku kulkemaan suojaisammassa paikassa. Letkutus oli toteutettava niin, että letkulla on liikkumavaraa syöttörullien mennessä kiinni ja silloin, kun ne aukeavat uudelleen. Vakiolohkoa käyttämällä ei olisi saatu toimivaa muutosta aikaan, joten oli suunniteltava uusi lohko. Ensimmäisenä kokeiltiin, millaisissa mahdollisissa asennoissa alkuperäinen lohko sopisi olemaan.

Lohko asettui parhaiten letkujen kannalta kääntämällä sitä 180 astetta. Letkujen paikat muuttuivat myös, joten vanha lohko ei enää käynyt, vaan piti suunnitella ja mallintaa uusi lohko (kuva 41; liite 4). Lohko mallinnettiin ja sen teki yksityinen harrastelijakoneistaja. Paineletku lähtee nyt suoraan ylöspäin lohkolta, ja kiertää rullan moottorin alta sivusyöttörullan moottorille. Tankkilinjan letku jäi rungon sisäpuolelle suojaan ja se toteutettiin lyhyellä metallisella hydrauliiikkaputkella, jossa on 90 asteen kulma.



Kuva 41. Uusi lohko mallinnettuna. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Aikaisemmin kouran ulkopuolella olleiden kahden letkun sijaan ulkopuolella on enää yksi letku. Se on nyt lähempänä kouran runkoa ja on nyt kannoilta ja oksilta paremmin suojassa (kuva 42).



Kuva 42. Paineletku kulkee nyt lähempänä kouran runkoa ollen paremmin suojassa. Tankkilinjan letku on suojassa runkopalkin takana. (Kuva: Timo Ihalainen.)

### 3.2.4 Muut muutokset

Kouraan tehtiin myös muita pienempiä, lähes näkymättömiä, mutta kuitenkin toimintaan vaikuttavia muutoksia. H53-kourassa ei ole ketjunkiristimen ja ketjun voitelun säätöä ollenkaan. H53e-kourassa ne ovat, mutta ne eivät ole kiinnitettyinä mihinkään. Tavoitteena oli suunnitella selkeä paikka, josta säätöventtiilejä olisi helppo säätää, ja että ne pysyisivät paikoillaan jäməkästi. Venttiilien tulisi myös mahtua suojakopan alle. Ketjunvoitelusylinteri oli kiinni irrottavassa ketjuöljysäiliössä, joten myös sen irrottamista varten oli keksittävä uusi ratkaisu.

Sopiva paikka löytyi kouran ala-osasta, johon säätöventtiilit mahtuvat päällekkäin (kuva 42). Kuvassa 42 ylempänä on ketjun voitelun säätö ja alempana ketjun kiristys. Irrotukseen löytyi ratkaisu pikaliittimillä. Tankkia irrottaessa ei tarvittu letkua, joka vaatisi aina työlään ja likaavan irrotuksen. Nyt letkut vain vedetään pikaliittimestä irti, eikä öljyä valu mihinkään. Näin säästy huomattavasti aikaa.



Kuva 42. Säätöruuvit ovat nyt helposti käsillä. (Kuva: Timo Ihalainen.)



Ketjusahan syötön nopeutta säädetään ohjaamosta tietokoneella. Ketjusahan syötön säätöventtiilille tehtiin myös teline (kuva 43). Koska venttiili on sähköisesti säätävä, se tarvitsi vain sopivan tilan.



Kuva 43. Ketjun syötön säätöventtiili uudella paikallaan. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Kaikki mahtuivat hyvin suojakopan alle. Ketjusaha, värimerkkaus ja viimeiseksi sähköjohtosarja asennettiin paikoilleen. Näistä ei ollut tarvetta muuttaa mitään. Koura oli nyt täysin toimintakuntoinen ja valmis urakointiin (kuva 44), mutta tarkoitus oli tehdä vielä joukkokäsittelylaite, jonka suunnitteluun tarvitsin kouraa.



Kuva 44. Käyttövalmis koura. (Kuva: Timo Ihalainen.)

### 3.3 Joukkokäsittelylaite

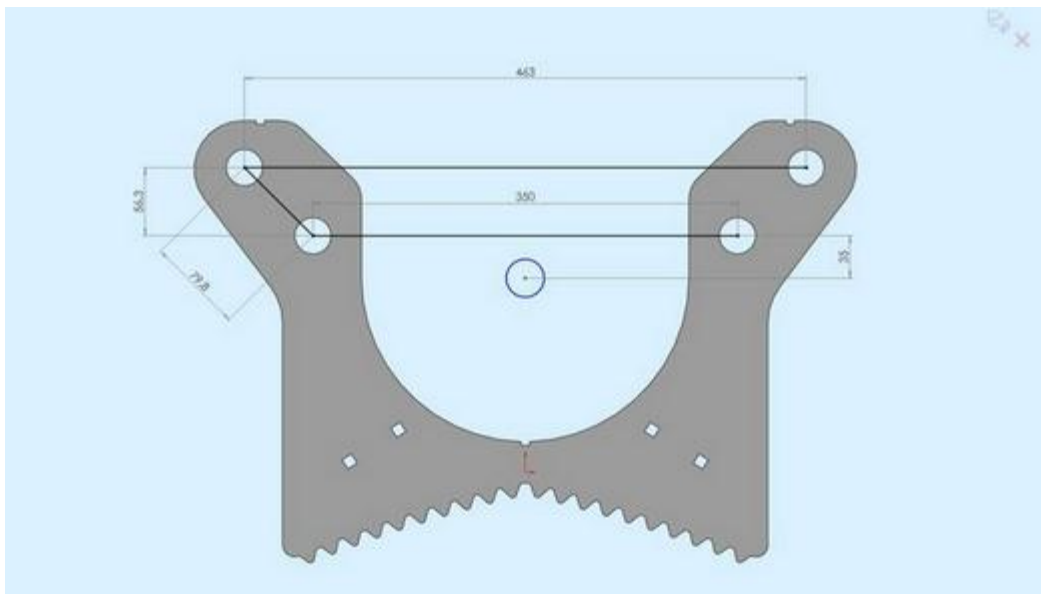
Toimeksiantajan kanssa päätettiin tehdä joukkokäsittelylaite kääntäjän moottorin yhteyteen, jotta se olisi irrotettava osa kouraa. Laitteesta suunniteltiin sellainen, että se pysyy kiinteästi paikoillaan, eikä käänny kouran mukana tiltin liikkuesssa. Ensimmäiseksi suunniteltiin laitteen kiinnitys. Ainoa järkevä tapa kiinnittää laite oli sijoittaa se kääntäjän alle, samojen pulttien alle, jotka pitävät kouran ja kääntäjän toisissaan kiinni.

Ponsselta hankittiin EH25-energiapuukouran kypälät, joista lähdettiin suunnittelemaan joukkokäsittelylaitetta (kuva 45).



Kuva 45. EH25-kouran kämpälät. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Ponsselta saatiin myös piirustus EH25-kouran runkolevystä (kuva 46), josta selvisivät tärkeimmät mitat kämpälien oikean toiminnan varmistamiseksi. Tämän piirustuksen mukaan tehtiin vanerista oikean kokoiset mallikappaleet, jotta saatiin omat mitoitukset kohdalleen (kuva 47). Kappaleet kiinnitettiin toisiinsa vanerilevyllä joka taivutettiin kappaleen mukaan.



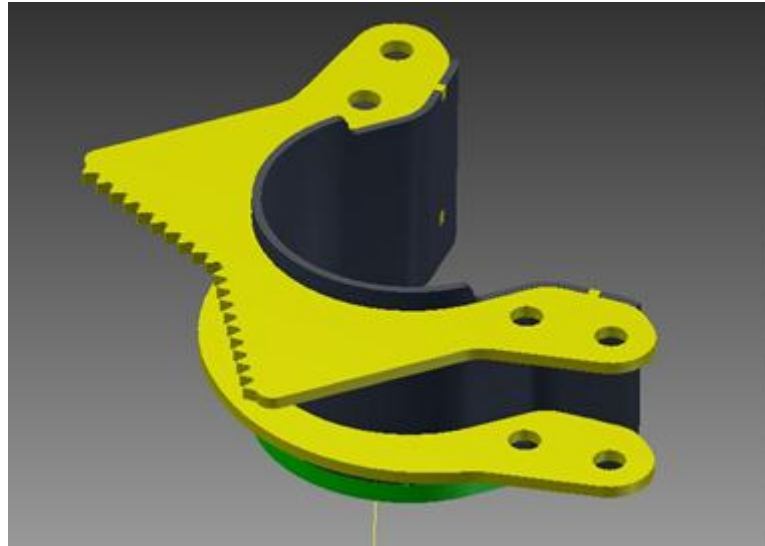
Kuva 46. Piirustus EH25-kouran runkolevystä. (Kuva: Timo Ihalainen.)



Kuva 47. Vanerimalli EH25-kouran runkolevystä. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Koska malli vaikutti toimivalta, laitetta lähdettiin mallintamaan vanerimallin pohjalta. Runkoon tuli neljä erilaista osaa, jotka hitsattiin toisiinsa kiinni. Ylempi runkolevy pysyi muuttumattomana (liite 6), mutta alemmasta runkolevystä tehtiin puolikaaren muotoinen, koska alempana ei tarvita piikkejä (liite 6). Kaaren muotoinen levy pitää nämä levyt yhdessä, mikä tekee rakenteesta lujan (liite 7). Samalla se suojaa hieman kääntäjän moottoria iskuilta ja roskilta. Laitteen pohjaan tulee levy, jolla runko kiinnittyy riipukekaareen (liite 5). Kappaleisiin lisättiin pienet kohdistuspalat, että palaset osuvat kokoonpantaessa helpommin kohdalleen (liite 9).





Kuva 48. Mallinnettu joukkokäsittelykouran runko. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Paloista piirrettiin leikkauskuvat, jonka jälkeen Konepaja Riikonen hoiti laserleikkauksen. Levyissä käytettiin materiaalina 12 mm:n paksuista S355-teräslevyä, lukuun ottamatta pohjalevyä, joka oli 20 mm:n paksuista. Leikatut ja taivutetut palat hitsattiin kiinni toisiinsa. Ennen viimeistä hitsausta runkoon ja pohjaan hitsattiin tukilevyt, ettei hitsausoperaatiossa syntyvä lämpö vääntäisi runkoa muodottomaksi.



Kuva 49. Runko hitsattuna. (Kuva: Timo Ihalainen.)

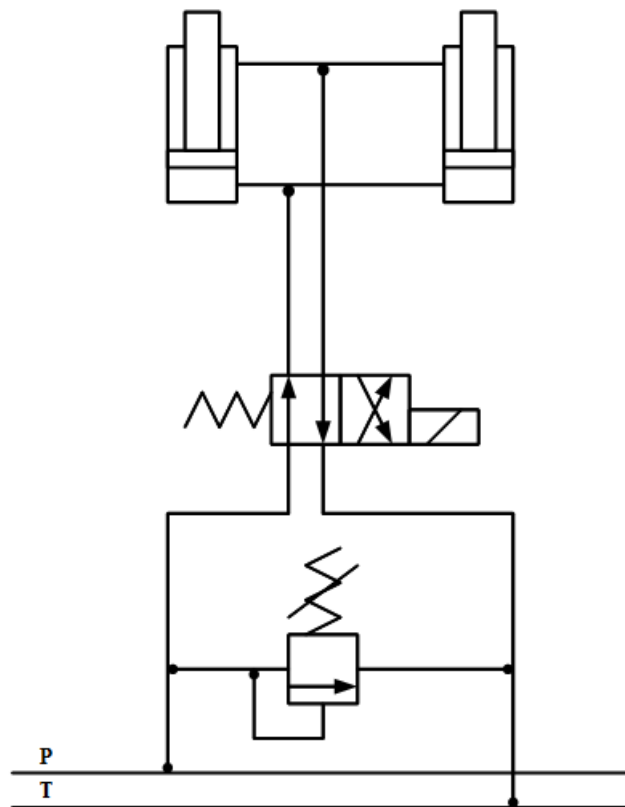
Runkoon porattiin tasoporakoneella akseleille reiät molempien levyjen läpi samalla kiinnityksellä. Näin reiät tulivat toisiinsa nähden suoraan.

Sopivia akseleita rungolle ja kädylle ei löytynyt valmiina Ponsselta, sillä ne olivat liian pitkät, joten niitä täytyi lyhentää sorvaamalla ne lyhyemmiksi. Akselit pysyivät kuitenkin kiinni Ponsselta saaduilla lukituslevyillä.

Joukkokäsittelylaite kasattiin ja todettiin rungon toimivan. Seuraavaksi runko piti maalata. Reikien sisäpinnat suojattiin maalarinteipillä, jonka jälkeen runko hiekkapuhallettiin ja maalattiin.

Joukkokäsittelyn ohjauksen täytyi toimia niin, että kädylätkät ovat normaalisti kiinni. Kädylätkät aukeavat vain, kun puuta sahataan kouran ollessa pystyasennossa ja kun koura kaadetaan vaakasuoraan. Aukeamisen jälkeen kädylätkät palaavat heti takaisin kiinni.

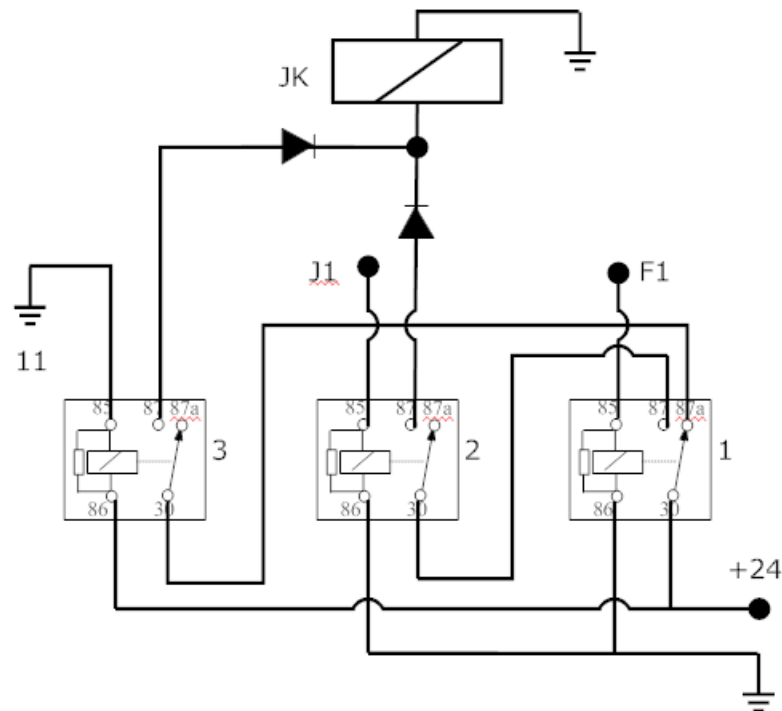
Ohjaus toteutettiin sähköisesti. Ohjausta varten hankittiin sähköisesti ohjautuva 4/2-hydrauliiventtiili. Joukkokäsittelylaite on perustilassa aina kiinni, joten sylinterit ovat kiinni. Kun venttiilille ohjataan virtaa, sylinterit menevät kiinni ja kädylätkät aukeavat. Joukkokäsittelylaitteen paine on rajoitettu aluksi 160 baariin. Painea säädetään tulevaisuudessa jos on tarvetta. Tästä kertoo seuraava hydrauliikkakaavio (kuva 1).



Kuvio 1. Joukkokäsittelylaitteen hydraulikkakaavio. (Kuvio: Timo Ihalainen.)

Sähköisestä ohjauksesta pyrittiin tekemään mahdollisimman yksinkertainen ja turvallinen Bosch-releillä. Kämpälät ovat normaalitilassa kiinni. Kouran ollessa vaakasuorassa kämpälät ovat kiinni, eivätkä ole toiminnassa ollenkaan. Kämpälät toimivat vain, kun koura on pystyssä. Kouran toimintaan tarvittava 24 voltin virta otetaan pääliittimestä. Sähkö-osat sijoitetaan erilliseen koteloon suojakopan alle.

Relettä 1 ohjaa tiltin venttiilin virta F1, josta virta välittyy releille 2 ja 3. Kun koura on ylä-asennossa, F1:stä tulee virta, jolloin virta menee releelle 2 ja kun käytetään sahaa sähköiselle ketjunvoitelulle, joka ei ole tässä kourassa käytössä, Opti-Oiliin (J1) tulee virta, josta tulee herätevirta releelle 2 ja käpälät aukeavat. Kun sahaus loppuu, Opti-Oililta ei tule virtaa, jolloin käpälät menevät kiinni. Kun koura halutaan kaataa, F1:ltä ei tule enää virtaa, ja rele 1 vaihtaa virran jakamisen releelle 3, joka aukaisee käpälät ja pitää niitä auki. Käpälät pysyvät auki niin pitkään, kun tiltin raja-anturi (11) maadoittuu. Raja-anturi toimii niin, että anturille tulee koko ajan virtaa, mutta maadoittuu vain, jos anturin edessä, alle 2 mm etäisyydellä, on metallia. Kun koura on kääntynyt tietyn pisteen ohi, raja-anturi lopettaa maadoittamisen, ja käpälät menevät takaisin kiinni (Kuvio 2).



Kuvio 2. Joukkokäsittelylaitteen sähkökaavio. (Kuvio: Timo Ihalainen.)

Joukkokäsittelylaitteen venttiilien sijoittamista varten ketjusahan syötön säätöventtiilille piti etsiä uusi paikka. Paikka löytyi kouran toiselta puolelta, ja sitä varten tehtiin pieni kiinnike. Joukkokäsittelylaitteen venttiili piti sijoittaa ylösalaisin, koska letkuja ei olisi muuten saanut sijoitettua mitenkään. Alimmaiseksi venttiili, keskimmäiseksi säätölohko

ja päällimmäiseksi lohko, josta letkut lähtevät venttiilipöydän lohkolle ja joukkokäsittelylaitteen lohkolle. (Kuva 50.)



Kuva 50. Ketjusahan syötön säätöventtiili siirtyi venttiilipöydän toiselle puolelle, tilalle tuli joukkokäsittelylaitteen ohjaus. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Joukkokäsittelylaite kiinnitettiin kouraan ja letkut laitettiin paikoilleen. Joukkokäsittelylaitteen taakse riipukekaareen tehtiin pieni kotelo, jossa paine- ja paluuletkut jakaantuvat molempien puolien sylintereihin. Kotelon sisällä on pieni lohko, jossa on neljä reikää ja sisässä kaksi kanavaa. Lohko pitää letkut tiukasti paikoillaan ja se on pulteilla kiinni riipukekaaressa. (Kuva 51.)



Kuva 51. Letkut jakautuvat kannen alla molemmille puolille. Kansi ei ole kuvassa.  
(Kuva: Timo Ihalainen.)

Koura kiinnitettiin koneeseen ja kokeiltiin, että kaikki toiminnot toimivat. Ensimmäisellä käynnistyksellä tarkkailtiin löytyykö öljyvuotokohtia. Pari letkua oli jäänyt kiristämättä, joista valui hieman öljyä. Letkut kiristettiin, jonka jälkeen vuotoja ei enää löytynyt. Kaikki toimivat, joten koura ja joukkokäsittelylaite olivat nyt valmiita.



#### 4 Valmis, uudistettu joukkokäsittelykoura

Heti kouran valmistuttua, se koeajettiin lyhyesti. Tavoitteena oli tehdä kourasta vähemmän haavoittuva tiheässä harvennusmetsässä, missä pieniä aluspuita ei oteta. Nyt kouran etupuolella, työskentelytilassa, ei ole enää näkyvillä ylimääräisiä letkuja, jotka vähentävät kouran haavoittuvuutta. (Kuva 50.)



Kuva 50. Uudistettu joukkokäsittelykoura, jossa ylimääräiset letkut ovat piilossa kouran takapuolella, suojakopan alla. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Tavoitteena oli myös suunnitella ja toteuttaa sellainen monitoimikoneen hakkuupää, jonka uudistetut toimintaominaisuudet helpottavat huoltojen tekoa ja näin ollen vähentävät myös huoltoon kuluvaa aikaa. Muutostöiden seurauksena letkut ovat nyt siistimmin suojakopan alla, ja irrotettava öljytankki avaa paljon lisätilaa huoltotöille.

Tavoitteena oli, että kouraan saa poimittua monta pientä puunrunkoa samanaikaisesti. Koeajo osoitti, että käpälät puristavat nyt pienenkin puun kiinni tiukasti ja pitävät sitä lujasti kiinni kouran edessä seuraavalle rungolle. Käpälät sulkeutuvat ristikkäin, joten ne pitävät pienenkin puun tiukasti otteessaan (kuva 51). Joukkokäsittelylaitteen avulla koura pysyy tukevasti pystyssä, kun kouraa liikutetaan puulta toiselle. Joukkokäsittelylaite ei pääse vahingoittumaan puiden oksia karsiessa, koska se on kiinnitetty riipukekaareen (kuva 52).



Kuva 51. Käpälät voivat tarttua nyt hyvinkin pieneen puuhun. (Kuva: Timo Ihalainen.)





Kuva 52. Koura vaaka-asennossa. (Kuva: Timo Ihalainen.)

Tulevaisuudessa joukkokäsittelylaitteeseen lisätään ehkä katkaisin, jolla saadaan joukkokäsittelylaite pois päältä, kun sitä ei tarvita. Sitä varten on jo hankittu kaukosäätimellä toimiva katkaisin. Tarkoitus on kytkeä joukkokäsittelylaite päälle ja pois päältä ajon aikana.

## 5 Johtopäätökset

Työn aloitus, sen suunnittelu, sekä toteutus onnistuivat mielestäni hyvin. Aluksi tein suunnitelman, jota seurasin koko prosessin ajan. Suunnitelmana oli tehdä muutoksia sitä mukaa, kun kourassa ilmeni muutostarpeita. Eteen tulleita muutostarpeita ei pystytty ennalta suunnittelemaan. Uudistetun kouran toteutus onnistui hyvin ja suunnitellusti, eikä se lisännyt ongelmia, vaan lopputulos oli toimiva ja toivotunlainen.

Laite itsessään toimii niin kuin pitääkin. Muutostöiden jälkeen uudistetun kouran on todettu nopeuttavan energiapuun hakkuuta huomattavasti. Myös käyttökulut ovat pienentyneet ja mm. teräketjuöljyä menee puuta kohden vähemmän kuin aiemmin. Huoltotöitä on nyt helpompi toteuttaa osittain myös siksi, että sen käyttäjät tuntevat ja tietävät paremmin, mitä laitteesta löytyy. Uudistetun letkutuksen myötä laitteen letkujen kulutus on vähentynyt. Kaikki nämä seikat kertovat uudistusten toimivuudesta.

Opinnäytetyöprojektini kesti kokonaisuudessaan puolitoista vuotta. Itse opinnäytetyön osuus oli kuitenkin noin puoli vuotta. Työtä tehdessä huomasin, että prosessi voi venyä todella pitkäksi, mikäli työhön ei pysty paneutumaan täysipäiväisesti, vaan työn ohessa on kaikkea muutakin tekemistä perheyriykyseen liittyen. Työ tuntui ajallisesti erittäin pitkältä ja haastavalta. Tehtävät etenivät jälkeinpäin ajateltuna hieman väärässä järjestyksessä, sillä ensin uudistin kouran ja aloitin tekstiosuuden kirjoittamisen vasta sen jälkeen, kun koura oli jo lähes valmis.

Prosessin aikana opin käyttämään uutta 3D-mallinnusohjelmaa, josta koen olevan hyötyä myös tulevaisuudessa uusien laitteiden ja osien suunnittelussa. Huomasin, että perusasiat näissä ohjelmissa ovat hyvin samanlaisia. Huomasin myös sen, että työskentelytaidot kehittyivät projektin edetessä, joista esimerkiksi otan tekstin tuottamisen, joka kehittyy väkisin sitä harjoittamalla. Koin, että työn myötä ”hallituntuma” jäi näppeihin. Tästä eteenpäin tiedän taas aiempaa paremmin, mitä laitteiden kohdalla on mahdollista tehdä, sekä opin huomaamaan että toteutukset, jotka voivat näyttää tietokoneen ruudulla hyviltä, ovatkin luultavasti todellisuudessa huonoja. Kaikkea ei kannata suunnitella pelkästään tietokoneella.

## Lähteet

- Auvinen, M. 2011. Metsäenergian kuivumistutkimus. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutusohjelma. <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28133/Metku%20Auvinen%20Mika%20korjattu.pdf?sequence=1> 6.6.2012.
- Direct industry. 2012. Harvester Heads. <http://www.directindustry.com/industrial-manufacturer/harvester-head-80414.html> 7.6.2012.
- Hannula, N. 2010. Talvikaatopuun toimitusongelmat. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Logistiikan koulutusohjelma. [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/14581/Hannula\\_Niko.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/14581/Hannula_Niko.pdf?sequence=1) 4.6.2012.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2012 Metsän kasvatukseen ja uudistamiseen liittyvää sanastoa. [http://www.mmm.fi/attachments/metsat/newfolder/5preu8m47/Uusi\\_sanasto.pdf](http://www.mmm.fi/attachments/metsat/newfolder/5preu8m47/Uusi_sanasto.pdf) 1.6.2012.
- Metsähallitus. 2012. Energiapuu. Päivätty 29.5.2012. <http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/Metsatalous/tuotteet/energiapuu/Sivut/default.aspx> 1.6.2012.
- Metsähallitus. 2011. Kuitu- ja tukkipuu. Päivätty 14.11.2011. <http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/Metsatalous/tuotteet/kuitujatukkipuu/Sivut/Kuitu-%20ja%20tukkipuu.aspx> 1.6.2012.
- Metsähallitus. 2012. Tuotteet. Päivätty 27.4.2012. <http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/Metsatalous/tuotteet/Sivut/default.aspx> 6.6.2012.
- Metsänhoitoyhdistys. 2011. Puukaupan termit. [http://www.mhy.fi/mhy/puukauppa/fi\\_FI/termit/](http://www.mhy.fi/mhy/puukauppa/fi_FI/termit/) 1.6.2012.
- Mäkinen, H., Sirén, M. & Piri, T. 2010. Puunkorjuu kohtaa haasteita. METLA. Päivitetty 29.4.2010. [http://www.metsavastaa.net/im\\_puunkorjuu/](http://www.metsavastaa.net/im_puunkorjuu/) 4.6.2012.
- Ponsse-konserni. Historia 1960 - 2000 -luku. Päivitetty 15.9.2008. <http://www.ponsse.fi/suomi/konserni/historia/index.php> 1.6.2012.
- Ronkainen, M. Energiapuu talteen kannattavasti. Metsähallituksen lehti. 2009, nro 4. <http://www.metsafi-lehti.fi/index.php?page=77a42fba385d25415ae85b59a5bd2fa> 1.6.2012.
- UPM. METSÄTYÖ ENNEN JA NYT. <https://metsamaailma.extranet.upm.com/fi/ForestInformation/ForestLibrary/Sivut/Metsatyot-ennen-ja-nyt.aspx> 31.5.2012.
- Ponsse EH 25 Energiapuukoura - Mascus. <http://www.mascus.com/image/product/large/26077e73/Ponsse-EH25-klipp,221e84b2.jpg> 3.8.2012.

