

Markus Kujanpää

## **Kivikarhoittimen kehittäminen**

Opinnäytetyö

Kevät 2013

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikan ko.

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Markus Kujanpää

Työn nimi: Kivikarhoittimen kehittäminen

Ohjaaja: Jukka Pajula

Vuosi: 2013

Sivumäärä: 44

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Opinnäytetyössä perehdyttiin omaan käyttöön suunniteltuun ja valmistettuun kivikarhoittimen edelleen kehittämiseen. Kehittämisen tuloksena koneen tuli vastata entistä paremmin niihin tarpeisiin, joihin se on suunniteltu.

Työn tavoitteena oli parantaa valmistettavuutta ja ennen kaikkea kivikarhoittimen käytettävyyttä sekä kestävyyttä sen käyttöympäristössä. Yhden kevään käyttökemukset koneen toimivuudesta antoivat riittävän pohjan parantaa muutamia osaluaita.

Työssä tarkasteltiin valmistus- ja kokoonpanoystävällistä suunnittelua sekä kehitystyötä, joka sisälsi mm. vikapuuanalyysin virheiden tunnistamisen apuvälineenä. Näiden lisäksi sivuttiin lujuuslaskentaa yleisesti.

Kehityskohteiden suunnittelussa käytettiin apuna 3D-mallinnusta ja lujuuslaskentaa. Näissä toiminnoissa käytettiin Autodeskin Inventor Professional -suunnitteluohjelmistoa.

Työn tuloksena saatiin alikokoonpanopiirustukset ja osien valmistuspiirustukset, joiden pohjalta kehityskohteiden osat voidaan valmistaa ja suorittaa kokoonpano.

Avainsanat: kivikarhoitin, kiviset pellot, kivien keruu, tuotekehitys

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Markus Kujanpää

Title of thesis: Development of the rock rake

Supervisor: Jukka Pajula

Year: 2013

Number of pages: 44

Number of appendices: 1

---

My thesis handles the further development of the personal use, design and manufacture of the rock rake. The results of the development of the machine had to respond better to the demands it was designed for.

The aim was to improve the manufacturability and, above all, the usability and sustainability of the rock rake to its working environment. The experiences of the use in one spring gave the sufficient base to improve a few sectors of the functionality of the machine.

In this thesis the design for manufacturing (DFM) and design for assembly (DFA) were examined. The development process was dealt with here as well which contained the identification of the mistakes of the fault analysis. In addition to these, the strength calculation was generally handled.

The 3D – modelling and strength calculation were used as help in the planning of the development targets. In these functions the Inventor Professional planning software of Autodesk was used.

The result of this thesis was the sub-assembly drawings and manufacturing drawings of the parts. Those are the basis for manufacturing and assembling the areas of the development.

Keywords: rock rake, stony fields, collecting of stones, product development

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	5
1 JOHDANTO .....	8
1.1 Työn tavoitteet.....	8
1.2 Työn toteutus .....	9
1.3 Työn rakenne .....	9
2 OLEMASSAOLEVA KIVIKARHOITIN .....	10
2.1 Hyöty.....	10
2.2 Tekniset ominaisuudet .....	11
3 TUOTEKEHITYS .....	13
3.1 Valmistus- ja kokoonpanoystävällinen suunnittelu .....	13
3.2 Lujuuslaskennasta yleisesti.....	16
3.3 Kehitystyö .....	17
3.3.1 Virheiden ja häiriösuureiden tunnistaminen .....	19
4 KEHITETTÄVÄT KOHTEET.....	23
4.1 Ketjukotelon kokoonpantavuuden parantaminen .....	24
4.2 Rummun keivityksen tehostaminen .....	29
4.3 Kulmavaihteen kiinnityksen tukeminen .....	36
4.4 Kivien sinkoilemisen estäminen .....	39
4.5 Hydraulikkaletkujen linjauksen parantaminen .....	40
5 YHTEENVETO.....	42
LÄHTEET .....	44
LIITTEET .....	45

## Kuvioluettelo

Kuvio 1. Mallinnettu kivikarhoitin.....	11
Kuvio 2. Valmis kivikarhoitin keväällä 2012. ....	12
Kuvio 3. Useampi sovitus huonosti ja hyvin toteutettuna (Lempiäinen & Savolainen 2003, 73).....	15
Kuvio 4. Helppoa paikoittamista neljällä eri menetelmällä (Lempiäinen & Savolainen 2003, 75). ....	16
Kuvio 5. Työnkulkukaavio (Pahl & Beitz 1992, 178).....	18
Kuvio 6. Olemassa olevien konstruktioiden edelleen kehittäminen (Pahl & Beitz 1992, 181).....	19
Kuvio 7. Vikapuuanalyysin graafiset symbolit (Salo [viitattu 3.2.2013], 5).....	21
Kuvio 8. Kehityskohteet takaviistosta katsottuna. ....	23
Kuvio 9. Kehityskohteet etuviistosta katsottuna. ....	24
Kuvio 10. Ketjunkturistin.....	25
Kuvio 11. Ketjukotelo edestäpäin ja kohdistusta vaativa linja .....	26
Kuvio 12. Ketjukotelo ilman kohdistusnastoja, kohdistuslinja punaisella.....	27
Kuvio 13. Vasemman päätylevyn osakuva. ....	27
Kuvio 14. Alkuperäisen välilevyn osakuva särmäyslinjoineen.....	28
Kuvio 15. Välilevyn kehitysversio kohdistusnastoinen. ....	28
Kuvio 16. Kokoonpanoa kohdistusnastojen avulla. ....	29
Kuvio 17. Ketjukotelon kehitysversio kokoonpantuna. ....	29
Kuvio 18. Vikapuuanalyysi .....	31
Kuvio 20. Mitat kivikoneessa.....	32
Kuvio 19. Kuormitusmalli ja sen vapaakappalekuva. ....	32
Kuvio 21. Jousen mitat.....	33
Kuvio 22. Alkuperäinen jousi kehystettynä.....	34
Kuvio 23. Alkuperäiset jouset kivikoneessa .....	34
Kuvio 24. Uuden jousen tiedot .....	35
Kuvio 25. Uudet jouset kivikoneessa .....	35
Kuvio 26. Kulmavaihteen alkuperäinen L-kiinnitystuki. ....	37
Kuvio 27. Siirtymä ilman tukea.....	37
Kuvio 28. Kehitysversio kulmavaihteen kiinnityksestä. ....	38

Kuvio 29. Kehitysversion siirtymä. ....	38
Kuvio 30. Kulmavaihteen sijainti kivikoneessa. ....	39
Kuvio 31. Kivisuojaus. ....	40
Kuvio 32. Hydraulikkaletkujen kannatin vetoaisassa. ....	41
Kuvio 33. Tuore kivikarhoitin 05/2012. ....	43

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Varpajyrä</b>	Joustopiikkiäkeen takaosaan sijoittuva pyörivä metallirulla, jonka tehtävänä on rikkoa maakokkareet ja kuohkeuttaa maata.
<b>Konseptivaihe</b>	Tuotekehityshankkeessa oleva vaihe, jossa fyysistä tuotetta ei vielä ole. Alustava kuvaus tuotteesta.
<b>Konstruointi</b>	Ajatuksen realisointia, joka pyrkii täyttämään asetetut vaatimukset parhaimmalla ajanmukaisella tavalla.
<b>Luonnos</b>	Tuotekehityshankkeessa oleva vaihe, jossa tuotteen pääosat ja toiminnot ovat sijoitettuna. Periaatteellinen ratkaisu.
<b>Luonnostelu</b>	periaatteen vahvistaminen
<b>Kehittely</b>	rakennemuodon vahvistaminen

# 1 JOHDANTO

Suomi kuuluu osana Pohjois-Eurooppaa alueeseen, jossa peltomaasta nousee kiviä pintaan säännöllisesti joka talven jälkeen, vaikka pelto olisi moneen kertaan raivattu kivistä. Syy maaperän kiviseen koostumukseen juontaa viime jääkauteen, jolloin Pohjois-Eurooppaa peitti jäävaippa. Kallioperä murskautui jäävaipan alla ja kallioista irronneet lohkat liimaantuivat kiinni jään pohjaan. Jään liikkeen seurauksena lohkat murenivat pienemmiksi ja jäävaipan alaosa täyttyi kivistä, sorasta, hiekasta ja savesta. (Tieteen kuvalehti, 2008.)

Moreeni on Suomen yleisin maalaji. Siinä on kaikkia tai useita lähikokoisia lajikkeita keskenään sekoittuneena. Moreenin rakeet ovat särmikkäitä tai vain vähän särmiltään kuluneita. Moreenissa on yleensä kiviä ja lohkat, joista löytyy jäätikön aiheuttamia uurteita ja hioutumia. (GTK, 2005.)

Ei tiedetä varmasti, miksi kiviä yhä nousee maasta. Geologiassa on kuitenkin melko yleisesti hyväksytty käsitys, jonka mukaan se johtuu maan routimisesta. Kivi johtaa kylmää paremmin kuin pehmeä maa-aines. Kun maa jäätyy, kivi johtaa kylmyyden alapuolelleen, jolloin kiven alla oleva vesi jäätyy. Jäätyessään vesi laajenee ja kohottaa hieman yllään olevaa kiveä. Keväällä kiven ympärillä oleva maa-aines kuivuu ja vajoaa koloon, joka on syntynyt kiven alle jään sulaessa. Kun tämä toistuu vuodesta toiseen, kivi nousee vähitellen ylöspäin ja tulee lopulta näkyviin maan pinnalle. (Tieteen kuvalehti, 2008.)

Näiden maan pinnalla olevien kivien tehokkaaseen poistamiseen pelloilta tarvitaan käyttötarkoitukseensa soveltuvia, raskasta käyttöä kestäviä koneita, kivikarhoittimia.

## 1.1 Työn tavoitteet

Tämän työn tarkoituksena on edelleen kehittää omaan käyttöön jo suunniteltua ja valmistettua kivikarhoitinta (kuviot 1 ja 2). Kyseisen kivikarhoittimen kehittämistarpeet pohjautuvat valmistukseen liittyvästä hitsauskokoontyöstä, sekä yhden kevään käyttökokemuksiin liittyvistä käytännön tilanteista. Työn tavoitteena näin



ollen on parantaa valmistettavuutta ja käytettävyyttä siten, että se vastaa entistä paremmin siihen kohdistuviin vaatimuksiin.

## **1.2 Työn toteutus**

Kehitys-/parannuskohteet ideoidaan uudelleen ja mietitään niiden vaikutus kivikarhoittimen rakenteeseen. Näiden mietintöjen pohjalta rakenne/osat 3D mallinnetaan uusiksi, sekä tehdään valmistuskuvat. Suunnitteluohjelmana toimii Autodeskin Inventor Professional 2011.

## **1.3 Työn rakenne**

Ensin työssä esitellään nykyisen kivikarhoittimen valmistamisen taustalla vaikuttaneet tekijät, siitä saatavat hyödyt, sekä kivikarhoittimen tekniset ominaisuudet. Tämän jälkeen siirrytään tuotekehityksen teoriaan, jossa käsitellään DXF – suunnittelua, vikapuuanalyysia vianhaun työkaluna, sekä lujuuslaskentaa yleisellä tasolla. Neljännessä luvussa esitetään kivikarhoittimen kehitettävät kohteet, joita on yhteensä viisi kappaletta. Lopussa on yhteenveto koko työstä.

## 2 OLEMASSAOLEVA KIVIKARHOITIN

### 2.1 Hyöty

Kivikarhoitinta käytetään pääasiassa maatalan kivisten peltojen kunnan parantamiseen poistamalla muokkaus- ja kylvötyötä häiritsevät kivet. Kivikoneen käytettävyyks on parhaimmillaan äestetyllä, kuivalla pellolla, jolloin pellon pintamaan joutuminen kivikarhoon on vähäisintä. Tyypillisesti pellon pinta on kuivimmillaan keväällä ja keskikesällä, jotka määrittävät kivikarhoittimen käyttöajankohdat.

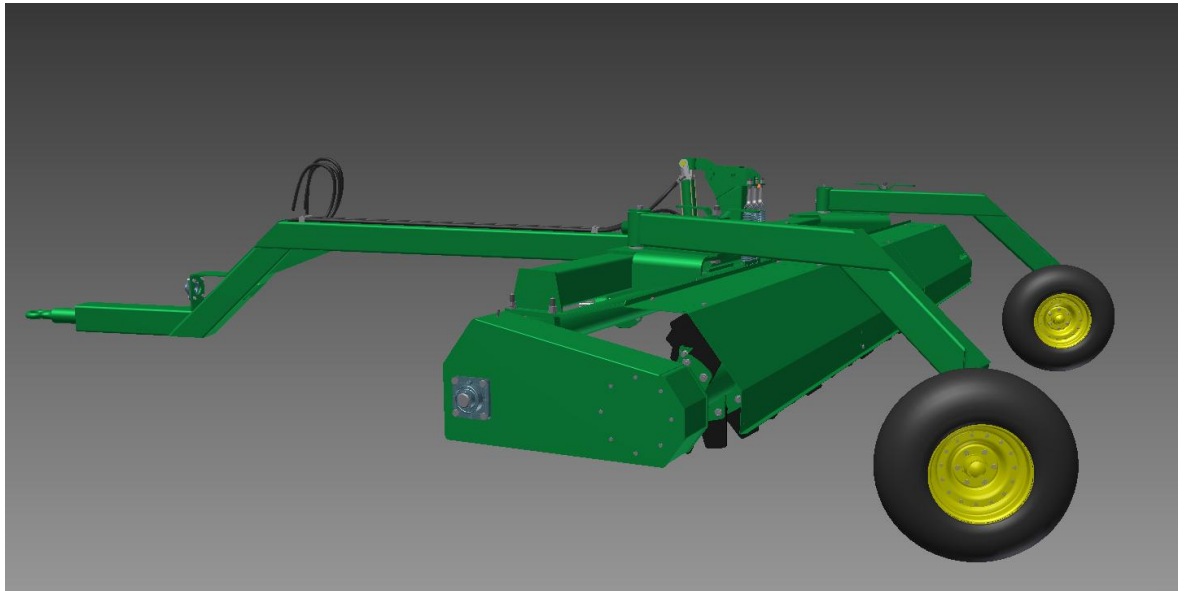
Kivikarhoitinprojektin lopputuloksena syntyneen kivikoneen avulla saavutetaan merkittävää kustannussäästöä verrattuna valmiina ostettavaan tuotteeseen. Tämän lisäksi saavutetaan huomattava tehokkuuden parannus kivien poistamisessa verrattuna pelkän kivitalikon käyttämiseen. Kivikarhoitinta käyttämällä vähennetään ongelmalohkojen kivimäärää merkittävästi tulevaisuudessa, tällä puolestaan on sekä välittömiä että välillisiä vaikutuksia tilan töihin ja talouteen.

Välittömiin vaikutuksiin lukeutuu ajan säästö kevättöissä kivitalikon käytön vähetessä. Tätä etukuormajaan kiinnitettävää talikkoa tullaan tarvitsemaan enää ainoastaan kaikkein suurimpien kivien (yli 35 cm halkaisijaltaan) poistamiseen. Aikaa säästyy lisäksi ajonopeuden kasvattamisen myötä niin äestys-, kylvö- kuin kyntötyössäkin, enää ei tarvitse varoa kivisiä kohtia. Välittömiin vaikutuksiin voidaan lukea myös pienenevät huolto- ja korjauskustannukset niin lyhyellä kuin pitkälläkin aikavälillä, kun kivet eivät ole enää kuluttamassa äkeiden terälappuja, katkomassa niiden piikkejä ja hajottamassa varpajyrien laakereita. Kivettömyys säästää myös kylvökoneen vantaita ja aurojen siipien kärkipaloja, sekä pienentää traktoriin kohdistuvia rasituksia.

Välillisiä vaikutuksia on tasaisemman pellon pinnan myötä parantuva kylvöjälki kivettömissä kohdissa, jolloin vaikutukset ulottuvat hehtaarisatojen parantumiseen. Väheksyä ei voida myöskään työn tekemisen mielekkyyden parantumista parempikuntoisilla pelloilla, jolloin tekemisen motivaatio säilyy parempana. Lisäksi koneella voidaan kivien karhoittamisen lisäksi tasoittaa laineelle menneitä peltojen

pintoja, jolloin saadaan kaadot kuntoon pintavesien valumisen kannalta. Koneella voidaan myös parantaa urille menneitä peltoteitä.

Liitteessä 1 on havainnollisuuden vuoksi kuvat koneella tehdystä kivikarhosta, sekä kivikarhoittimen työ- ja kuljetusasennot.



Kuvio 1. Mallinnettu kivikarhoitin.

## 2.2 Tekniset ominaisuudet

Seuraavassa esitellään kivikarhoittimen tärkeimmät tekniset ominaisuudet.

Kone:

- Itse mallinnettu ja valmistettu (kuviot 1 ja 2), kivet karholle kokoava kone. Koneen esikuvana on toiminut Kanadalaisen yrityksen, Degelman Industriesin valmistama kone. (Degelman [viitattu 7.4.2012].)

Traktorin vaatimukset:

- n. 40 – 80 hp
- 540 PTO

Kivikarhoittimen mitat:

- työleveys n. 3,6 m
- koneen kokonaisleveys n. 4,7 m

- koneen leveys kuljetus-/säilytysasennossa n. 2,3 m
- rummun leveys 4,3 m

#### Hydrauliikka:

- aisankääntösylinteri 60/35 – 250
- rummun korkeudensäätösylinteri 60/35 – 200

#### Rumpu:

- käännettävät/vaihdettavat terälaput
- rummun kokonaishalkaisija 520 mm
- jousilla kevitetty, kelluva rumpu

#### Voimansiirto:

- 2:1 kulmavaihte
- ketjun jako 31,75 mm

#### Koneen paino:

- n. 1600 kg



Kuvio 2. Valmis kivikarhoitin keväällä 2012.

## 3 TUOTEKEHITYS

### 3.1 Valmistus- ja kokoonpanoystävällinen suunnittelu

Asiakastarpeet ja tuotteelta vaaditut ominaisuudet ohjaavat tuotekehitystä tuotteen konseptivaiheessa. Myöhemmässä vaiheessa tuotekehitystiimeillä on yleensä haasteita saada yhdistettyä nämä tarpeet ja vaatimukset valmiiksi tuotteeksi. Edellä esitetystä johtuen tuotekehityksessä käytetään DFX-suunnittelua. DFX-termi tulee englanninkielien sanoista "design for X", jossa X:n paikalle voidaan sijoittaa haluttu laatuksiteeri, kuten luotettavuus, kestävyys, huollettavuus, ympäristövaikutukset tai valmistettavuus. Yleisin näistä menetelmistä suunnittelijoille on valmistettavuus (DFM = Design for manufacturing), koska se vaikuttaa suoraan mm. tuotantokustannuksiin. (Ulrich & Eppinger 2008, 211.)

Tuotantokustannuksien hallinta on avaintekijä tuotteen taloudelliseen menestykseen, jonka saavuttamiseen vaikuttaa jokaisen myydyin tuotteen voittomarginaali ja kappalemäärä. Voittomarginaali syntyy valmistajan myyntihinnan ja tuotantokustannuksien välisestä erosta. Myydyin yksiköiden määrä ja myyntihinta määräytyvät pitkälti tuotteen laadusta. Taloudellisesti menestykseläs tuote syntyy siis varmistamalla tuotteen korkea laatu ja samanaikaisesti vähentämällä valmistuskustannuksia. DFM on yksi keino saavuttaa tämä tavoite, sillä tehokas DFM johtaa käytännössä alhaisiin valmistuskustannuksiin tinkimättä tuotteen laadusta. (Ulrich & Eppinger 2008, 211.)

Ulrichin ja Eppingerin (2008, 211) mukaan DFM-tuotekehityksessä yhdistellään useita eri tietolähteitä päämäärän saavuttamiseksi. DFM hyödyntää tietoa eri kategorioista, kuten luonnokset, piirustukset, tuotteen tekniset tiedot ja eri suunnittelupolut. Toisena osa-alueena on tarkka tietämys tuotanto- ja kokoonpanoprosesseista ja kolmantena arviot tuotantokustannuksista, tuotantomääristä ja tuotannon ylösajon ajoituksesta. DFM edellyttää siis tuotantoinsinöörien, taloushallinnon, tuotannon henkilöstön ja tuotesuunnittelijoiden osallistumista tuotekehitysprosessiin.

DFM-mallia ideoidessa tuotesuunnittelun ja valmistuksen välillä voidaan tutkia neljää eri hierarkiatasoa. Yritystasolla vertaillaan kehitettävää tuotetta yrityksen muihin tuotteisiin. Tällä tasolla on tarkoitus varmistaa, ettei yritys tuota päällekkäisiä tuotteita ja toisaalta huolehtia samojen teknisten ratkaisujen hyödyntämistä mahdollisimman monissa kohteissa. Tuoteperhetasolla tutkitaan mm. erilaisia tuotevariantteja suhteessa toisiinsa ja niiden markkinoille tuomista. Tämä kyseinen taso määrittelee esim. tuotteen eliniän ja tarjoaa samalla pohjan uusien tuotteiden tekniikalle edellisten kehitysversioina. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 16.)

Kolmannella eli rakennetasolla puolestaan selvitetään miten tuotteen rakenne ja tuotantolaitteet sopivat yhteen. Rakennetason voidaan katsoa koostuvan mm. seuraavista toiminnoista: osien ja alikokoonpanojen valmistus, kokoonpano, testaus, pakkaaminen sekä logistiikka ja varastointi. Suunnittelija voi vaikuttaa näihin toimintoihin esim. yksinkertaistamalla rakennetta, jolloin voidaan vähentää testausta. Tutkimalla kilpailijoiden samankaltaisia tuotteita suunnittelija voi löytää kohtia, joissa oman yrityksen tuote eroaa merkittävästi muista. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 17.)

Neljäntenä tasona on komponenttitaso, jossa mielenkiinto pitäisi kohdistua sellaisiin komponentteihin, joiden saatavuus on huono, hinta on korkea tai joihin liittyy muita epävarmuustekijöitä. Komponenttitasolla tulee olla perillä viimeisimmistä valmistusmenetelmistä, jotka ovat mahdollisesti tulleet käyttöön edellisen tuotteen kehittelyn jälkeen. Monesti osien tuotekehitys on kannattavaa jättää niitä valmistavalle yritykselle ja keskittyä niiden sijasta tutkimaan osien saatavuuden maksimointia luotettavan valmistustoiminnan takaamiseksi. Liian usein suunnittelussa painotetaan komponenttitasoa, kun taas ylemmät tasot jäävät vähemmälle huomiolle. Tuotekehitystavoitteen saavuttamiseksi tulisi toimia täsmälleen päinvastoin. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 17.)

Huolimatta siitä, että DFM on yleisin osa-alue DFX-suunnittelusta, nousee tätäkin tärkeämmäksi tuotteiden kokoonpantavuus (DFA=design for Assembly). DFA:lla pyritään kokoonpanotyön suorituksen yksinkertaistamiseen mm. vähentämällä yksittäisten osien lukumäärää, mikä puolestaan yksinkertaistaa tuotetta. Tällä järjestelmällisellä tuotekehitysmenetelmällä vaikutetaan erityisesti yrityksen kiinteisiin kustannuksiin, koska kokoonpano on selkeästi työvoimavaltaisempaa kuin osien

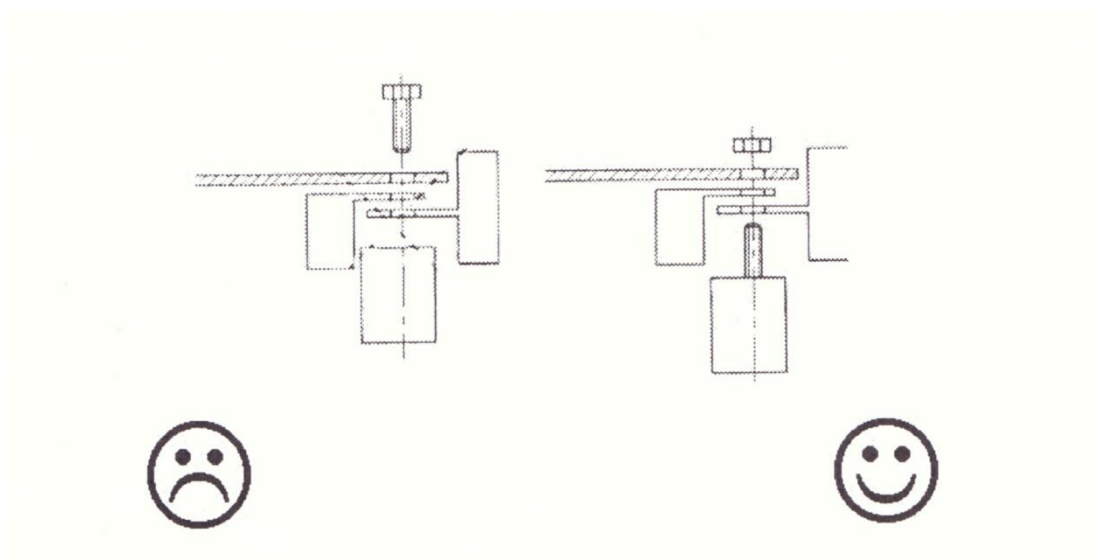
valmistus. DFA:lla voidaan siis vaikuttaa suuresti palkkakustannuksiin, ja lisäksi tuotteen osien lukumäärän vähentäminen pienentää kuormaa varastoinnissa ja kirjanpidossa. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 69-70.)

Lempiäisen ja Savolaisen mukaan (2003, 70) tuotesuunnittelijan on usein vaikea ymmärtää suunnittelemiensa osien tarpeellisuutta. Osien olemassaololle voidaan katsoa löytyvän vain kolme syytä:

- mikäli tuotteen toiminta vaatii erilaista materiaalia vierekkäisille osille,
- mikäli osa liikkuu vierekkäisiin osiin nähden, eikä tätä liikettä voida aikaansaada osan elastisuutta hyväksikäyttämällä,
- mikäli tuote on oltava kokoonpantavissa tai purettavissa.

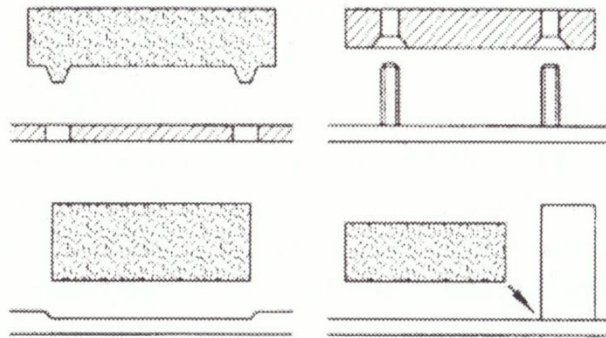
Luettelosta voidaan havaita, että esimerkiksi kaupallisiin tuotteisiin suunnitellaan aina tarkoituksella ”ylimääräisiä” osia mm. ulkonäköseikkojen vuoksi.

Joskus osien vähentäminen voi johtaa vaikeuksiin kokoonpanossa, jos suunnittelija ei huomio sitä, että ihmisellä on käytettävissään vain kaksi kättä ja robotilla ainoastaan yksi. Lisäkädetkään eivät välttämättä auta, jos osat ovat pieniä tai näkyvä on rajoitettu. Kuviossa 3 esimerkki kokoonpanosta, jossa yhdellä ruuvilla kiinnitetään useampi osa.



Kuvio 3. Useampi sovitus huonosti ja hyvin toteutettuna (Lempiäinen & Savolainen 2003, 73).

Jos kokoonpanossa on useampi ruuviliitos, joudutaan vastinreikiä mahdollisesti etsimään. Kiinnitysruuvi ei saa olla ainoa paikoituskeino, sen sijaan rakenteessa tulisi käyttää ohjaustappeja, sokkia, olakkeita, viisteitä, reikiä ja kohdistusnastoja. Kuviossa 4 on esimerkkejä kyseisistä paikoituskeinoista. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 73-75.)



Kuvio 4. Helppoa paikoittamista neljällä eri menetelmällä (Lempiäinen & Savolainen 2003, 75).

### 3.2 Lujuuslaskennasta yleisesti

Käyttötarkoituksesta riippuen jokaisella koneella on odotettu käyttöikä. Monesti koneiden tai laitteiden toimintaan tulee käyttöiän aikana muutoksia, jotka vaikeuttavat tai estävät koneen käyttötarkoituksen. Näitä muutoksia kutsutaan vaurioitumiseksi tai rikkoutumiseksi. (Airila, ym. 2010, 9.)

Vaurioon johtaneet syyt voivat olla mahdottomia ennakoita, mutta usein kuitenkin syyt ovat suunnitteluvaiheessa ennakoitavissa. Suunnitteluvirheitä ilmenee, koska suunnittelijan vaikeimpia ongelmia on ennakoita koneen käyttäytymistä ennen kuin sitä on valmistettukaan. (Airila, ym. 2010, 9.)

Tavallisesti koneensuunnittelussa on mukana lujuusopillinen laskentamalli, jolla pyritään ennakoimaan laitteen käyttäytymistä tunnetulla kuormituksella. Laskentamalleista huolimatta koneeseen voi syntyä vaurioita, koska kaikkia kuormituksia ei ole osattu huomioida tai malli on liian idealisoitu. (Airila, ym. 2010, 9-10.)



Viime vuosikymmeninä monimutkaisten rakenteiden lujuusopilliset tarkastelut ovat kehittyneet valtavasti tietokoneiden yleistymisen myötä. Lujuuslaskentaohjelmat (FEM = Finite Element Method) antavat erittäin monipuolista informaatiota sekä raportteja, jotka ovat omalta osaltaan mahdollistaneet nykyaikaisen tuotekehityksen nopeuden. Laskentaohjelmista huolimatta raporttien analyysit ja päätökset niiden pohjalta jäävät edelleenkin suunnittelijan vastuulle. (Airila, ym. 2010, 9-10.)

Tässä työssä on käytetty Autodesk Inventorin FEM-laskentaominaisuutta hyväksi sinänsä yksinkertaisessa siirtymän määrittämisessä kappaleessa 4.3.

### 3.3 Kehitystyö

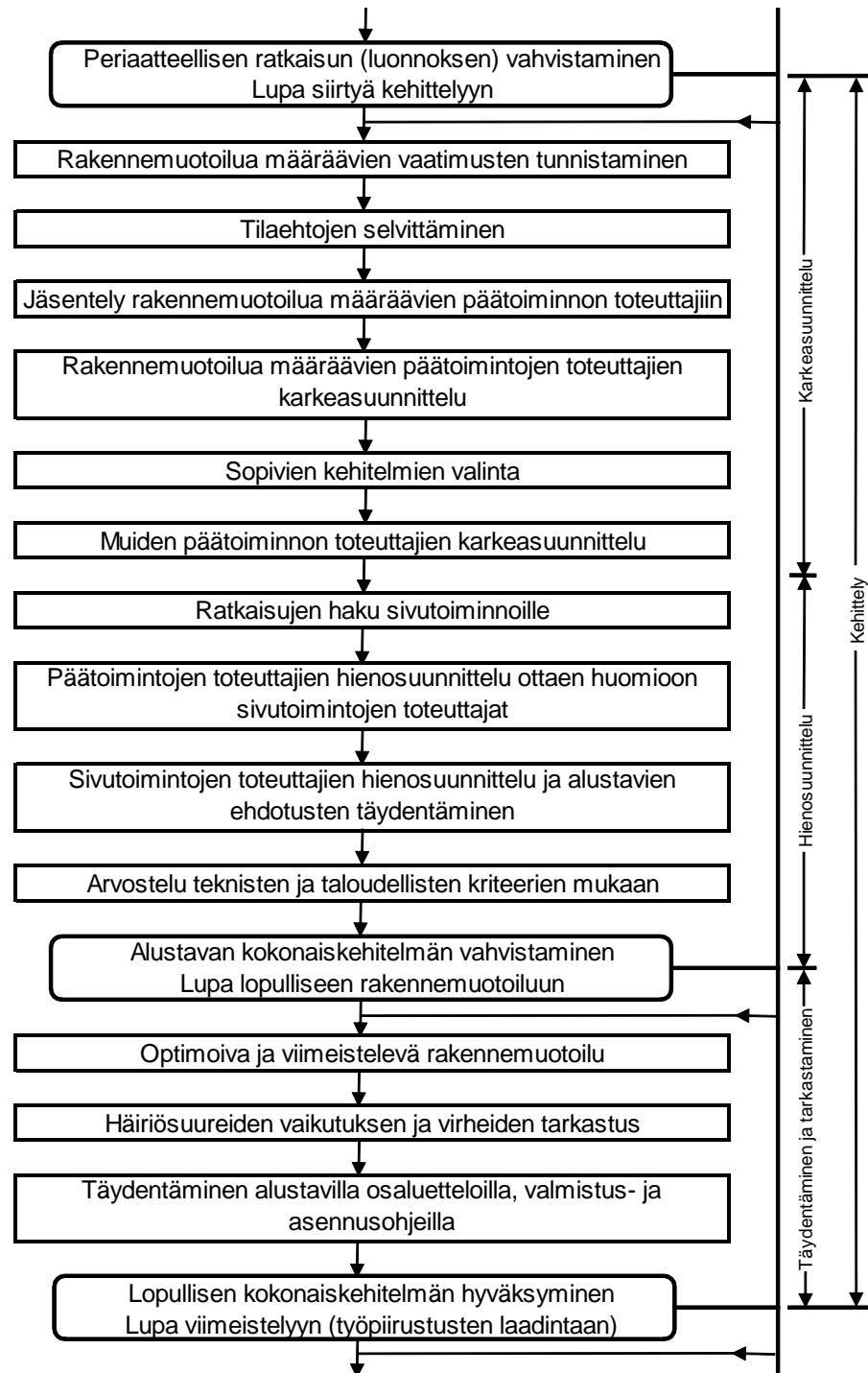
Koneensuunnittelussa kehitystyö on konstruoinnin vaihe, jossa tuotteen rakenne kehitetään periaatetasolta teknisten ja taloudellisten näkökohtien mukaan yksikäsitteiseksi ja täydelliseksi. Tällöin kehittelyn tulos tarkoittaa käytännössä rakennemuodon lukkoon lyömistä. (Pahl & Beitz 1992, 176.)

Pahlin ja Beitsin (1992, 167) mukaan pääpaino kehittämisessä on konkreettisesti rakennemuotoilussa. Tämä vaatii mm. materiaalien, valmistusmenetelmien, päämittojen vahvistamisen ja kolmiulotteisten yhteensopivuusehtojen selvittämistä.

Kehittelytoimessa on paljon enemmän korjaavia askeleita kuin luonnostelussa, joten tarvitaan vikojen tunnistamisen ja optimoinnin tapaisia menetelmiä ratkaisunhaun, valinnan ja arvioinnin rinnalle. Yksityiskohtainen tiedonhankinta materiaaleista, valmistusmenetelmistä, yksityiskohdista, toistuvista osista ja standardeista vaatii runsaasti työtä. Kehitystyön eri vaiheiden monimutkaisuuden vuoksi työkulkukaavion täsmällinen noudattaminen on mahdotonta mm. seuraavista syistä johtuen:

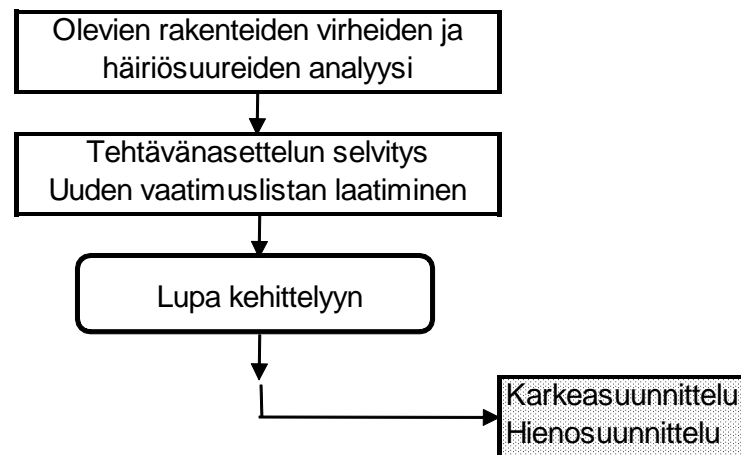
- useiden vaiheiden pitää tapahtua rinnakkain samaan aikaan
- useat työvaiheet toistuvat lisätiedon saamisen jälkeen
- lisäykset ja muutokset muokkaavat jo rakenteellisesti valmiita kokonaisuuksia. (Pahl & Beitz 1992, 177.)

Edellä mainituista asioista huolimatta työnkulku voidaan esittää periaatteellisella kaaviolla (kuvio 5), jossa siirrytään asteittain laadullisesta määrälliseen, abstraktista konkreettiseen tai karkeahahmottelusta täsmälliseen rakennemuotoiluun. (Pahl & Beitz 1992, 177.)



Kuvio 5. Työnkulkukaavio (Pahl & Beitz 1992, 178).

Useinkaan tuotetta ei kehitetä kokonaan alusta alkaen, vaan uusien vaatimusten ja käyttökokemusten perusteella sitä kehitetään edelleen tai parannetaan. Tämän-  
tyyppisestä toiminnasta on kyse kivikarhoittimenkin osalta. Tämänkaltaisissa tilan-  
teissa on kannattavaa lähteä tekemään olemassa olevan ratkaisun virhe- ja häiriö-  
suureanalyysi, jonka pohjalta voidaan laatia uusi vaatimuslista. Edellä mainitun  
tehtäväketjun tuloksista riippuen päätetään onko tarve uudelle periaatteelliselle  
ratkaisulle, vai riittääkö olemassa olevaan kokoonpanoon puuttuminen. Tämän  
takia työkulkukaavion soveltaminen vaihtelee tilanteen mukaan paljonkin. Kehi-  
tystyö voidaan tehdä esim. vain parantamalla hienosuunnittelua. Kuviossa 6 on  
kaavio olemassa olevien konstruoiden edelleen kehittelystä, jossa työkulkukaavi-  
oon siirrytään virheiden ja häiriösuureiden analyysin jälkeen.



Kuvio 6. Olemassa olevien konstruktioiden edelleen kehittäminen (Pahl & Beitz 1992, 181).

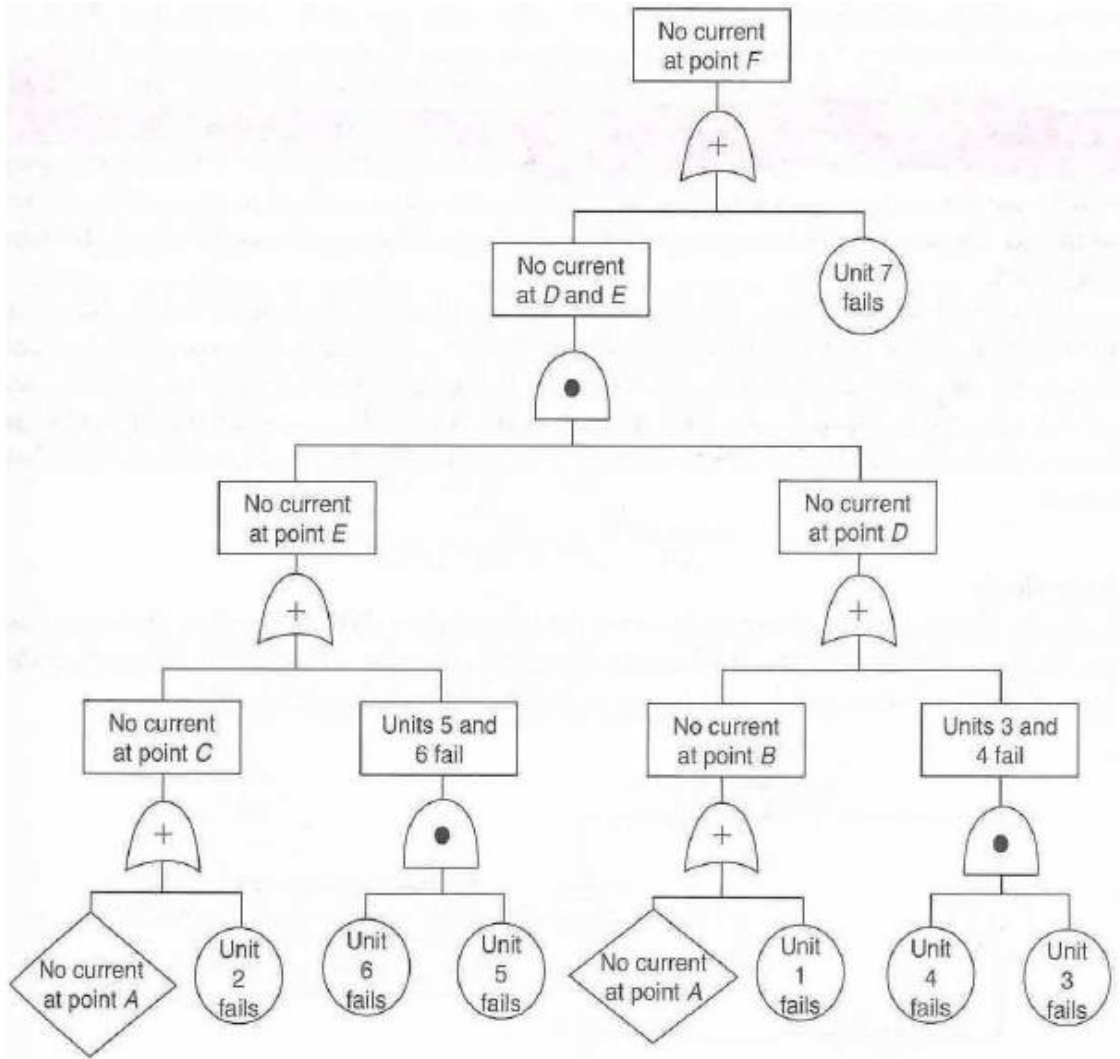
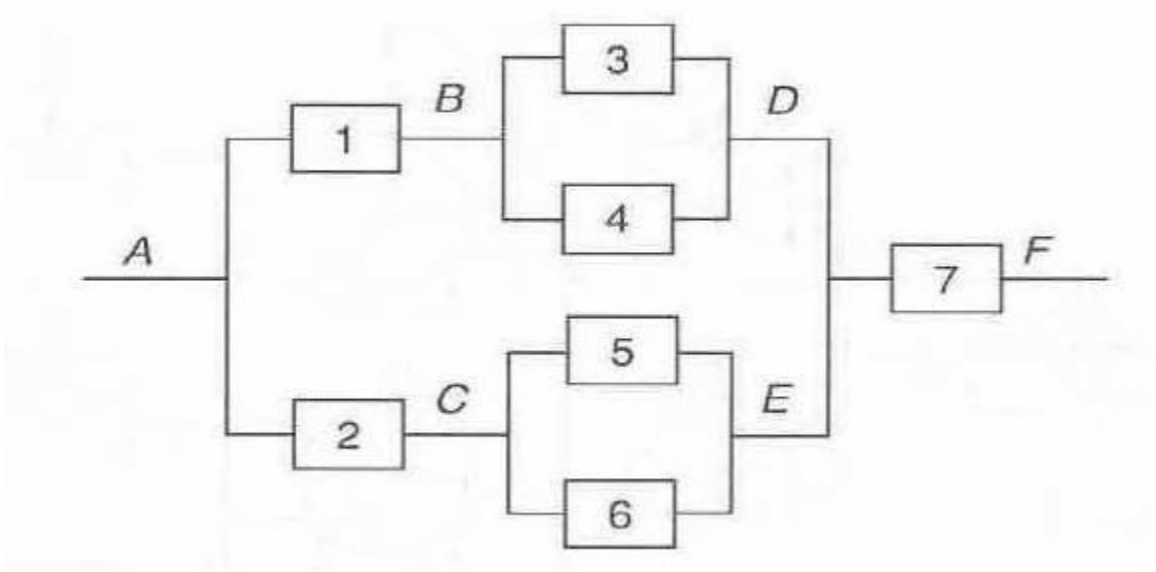
### 3.3.1 Virheiden ja häiriösuureiden tunnistaminen

Luovat ja korjaavat työaskeleet ovat tunnusomaisia tuotekehitysprosessille. Kon-  
struktorin asema edellyttää omien ratkaisujen kriittistä arviointia, johon auttavat  
valinta- ja arviointimenetelmät. Vaikka edellä mainitut menetelmät tukevat järjes-  
telmällistä heikkojen kohtien löytämistä, voi tekijälle silti tulla virheitä. Vikojen ja  
häiriösuureiden tunnistamiseen auttaa näkökulman vaihtaminen optimistisesta ja  
luovasta kriittiseksi ja korjaavaksi. (Pahl & Beitz 1992, 349.)

Vikapuuanalyysillä on useita käyttötarkoituksia, mutta eniten sitä käytetään järjestelmän kriittisten kohtien tunnistamiseen. Kyseisellä analyysillä voidaan ymmärtää järjestelmävikojen toiminnallisia suhteita, hahmottaa järjestelmän toiminnan kokonaiskuvaa sekä ymmärtää järjestelmän kykyä kestää tiettyjä vikoja. Vikapuuanalyysin tekijällä pitää olla vankka tuntemus järjestelmästä. Järjestelmälle tai komponentille täytyy määritellä selkeät fyysiset reunaehdot ja rajapinnat muihin järjestelmiin. (Rusanen & Rinkinen 2006, 64.)

Vikapuuanalyysi rakennetaan käyttäen erilaisia graafisia symboleja (kuvio 7), joista yleisimmät viisi on lueteltu alla.

- *”Suorakaide kuvaa vikatapahtumaa, joka on saatu vikatapahtumien loogisena kombinaationa tietyn loogisen portin läpi”* (Rusanen & Rinkinen 2006, 64).
- *”Ympyrä kuvaa perusvikatapahtumaa. Perusvikatapahtuman esiintymistodennäköisyys sekä vikaantumis- ja korjausvälit saadaan tyypillisesti kokemuseräisestä datasta.”* (Rusanen & Rinkinen 2006, 64.)
- *”Salmiakki kuvaa vikatapahtumaa, jota ei puussa ole kehitetty syvemmälle. Syynä voi olla että ko. tapahtuma ei ole oleellinen kyseisessä yhteydessä, tai sitten ko. tapahtumasta ei ole tietoa saatavilla.”* (Rusanen & Rinkinen 2006, 64-65.)
- *”TAI-portin ulostulon vikatapahtuma ilmenee, jos yksi tai useampi portin sisäänmenotapahtuma ilmenee”* (Rusanen & Rinkinen 2006, 65).
- *”JA-portin ulostulon vikatapahtuma ilmenee, jos kaikki portin sisäänmenotapahtumat ilmenevät”* (Rusanen & Rinkinen 2006, 65).



Kuvio 7. Vikapuuanalyysin graafiset symbolit (Salo [viitattu 3.2.2013], 5).

Vikapuuanalyysin ylämpänä kohtana on huipputapahtuma, jolle on annettava yksikäsitteinen ja selkeä määrittely. Tämän määrittelyn tulee antaa vastaus kysymyksiin mitä, missä ja milloin, esim. ”tulipalo polttoainesäiliössä vuosihuoltoseisokin aikana”. Reunaehdoja voivat olla mm.

- järjestelmän fyysiset rajat (mitkä osat sisällytetään analyysiin)
- alkutilanteet (missä tilassa komponentit ovat, esim. venttiilin asento)
- ulkoisten tekijöiden vaikutus (sääolot, sabotaasi)
- yksityiskohtaisuuden taso (vikaantumistapojen mallintamisen tarkkuus). (Salo [viitattu 3.2.2013], 4.)

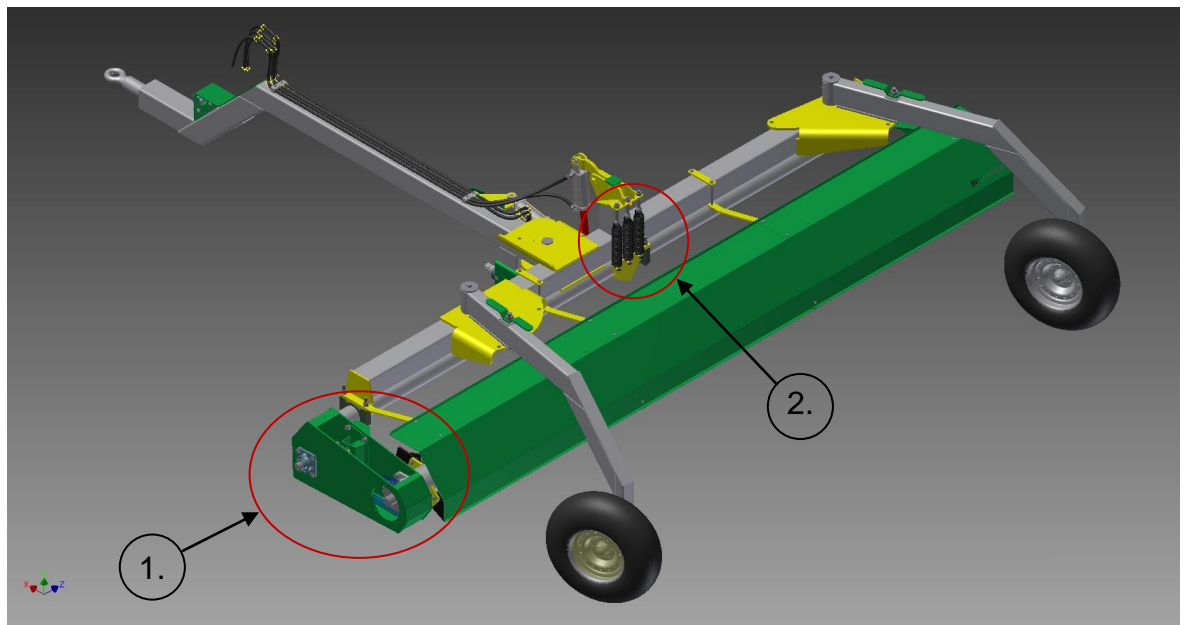
Vikapuun rakentaminen aloitetaan yleensä huipputapahtuman analyysistä. Aluksi selvitetään huipputapahtuman välittömät, välttämättömät ja riittävät syyt, jotka siten liitetään siihen vikapuun portilla. Tästä edetään hierarkkisesti perustapahtumiin, kuten komponenttivikoihin. Rakentamisessa kukin vikatapahtuma kuvataan ja esitetään porttina, joiden sisäänmenot määritellään täydellisesti. Vikapuun rakentamisessa edetään tasoittain siten, että kukin taso kuvataan ennen siirtymistä seuraavalle tasolle. (Salo [viitattu 3.2.2013], 4-6.)

Edellä käsitellyn menetelmän käyttöä voidaan käyttää virhetoimintojen lisäksi häiriösuureiden vaikutusten tutkimiseen. Monesti häiriösuureet ovat virhetoimintojen aiheuttajia.

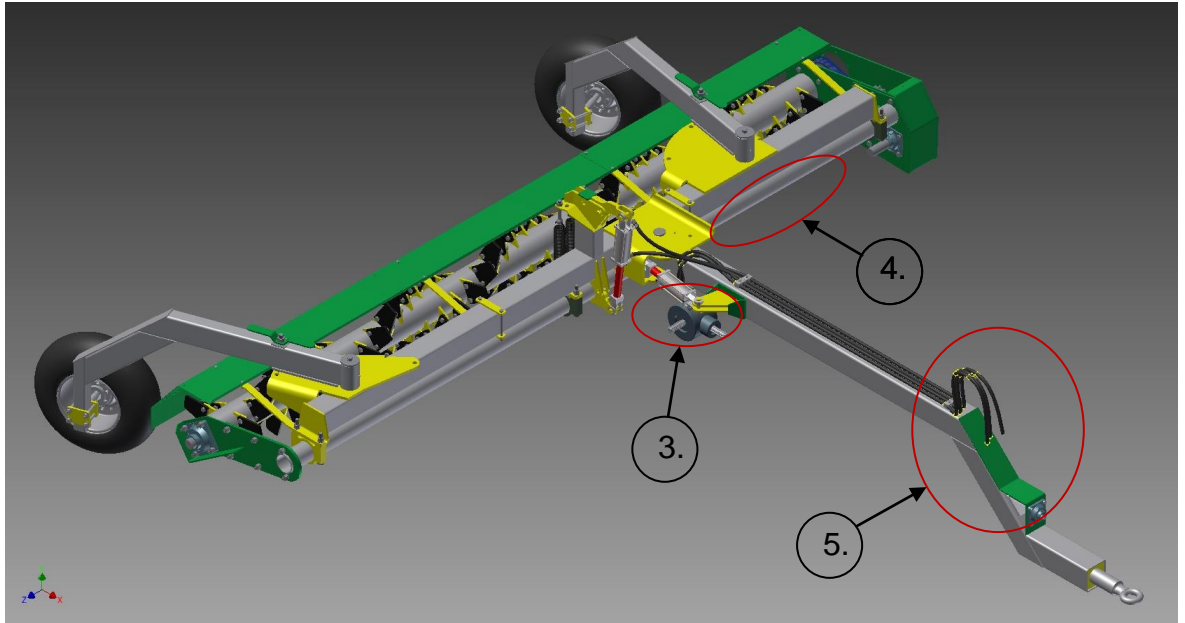
## 4 KEHITETTÄVÄT KOHTEET

Kivikarhoittimen kehittelyä vaativat kohteet pohjautuvat valmistuksen aikana syntyneistä havainnoista sekä yhden kevään käyttökokemuksista. Kehittelyn kohteiksi tulivat em. perusteella kuvioissa 8 ja 9 esitetyt, yhdestä viiteen numeroidut kokonaisuudet:

1. Ketjukotelon kokoonpantavuuden parantaminen
  - liittyy teoriaosan tuotekehitys (3) kappaleen DFA-suunnitteluun
2. Rummun kevytyksen tehostaminen
  - käytetty apuna vikapuuanalyysiä (kuvio 18)
3. Kulmavaihteen kiinnityksen tukeminen
  - sijoittuu työnkulkukaaviossa (kuvio 5) kohtaan ”hienosuunnittelu”
4. Kivien sinkoilemisen estäminen
  - alkaa työnkulkukaavion (kuvio 5) ”karkeasuunnittelu”-kohdasta
5. Hydraulikkaletkujen linjauksen parantaminen
  - sijoittuu työnkulkukaaviossa (kuvio 5) kohtaan ”hienosuunnittelu”



Kuvio 8. Kehityskohteet takaviistosta katsottuna.



Kuvio 9. Kehityskohteet etuviistosta katsottuna.

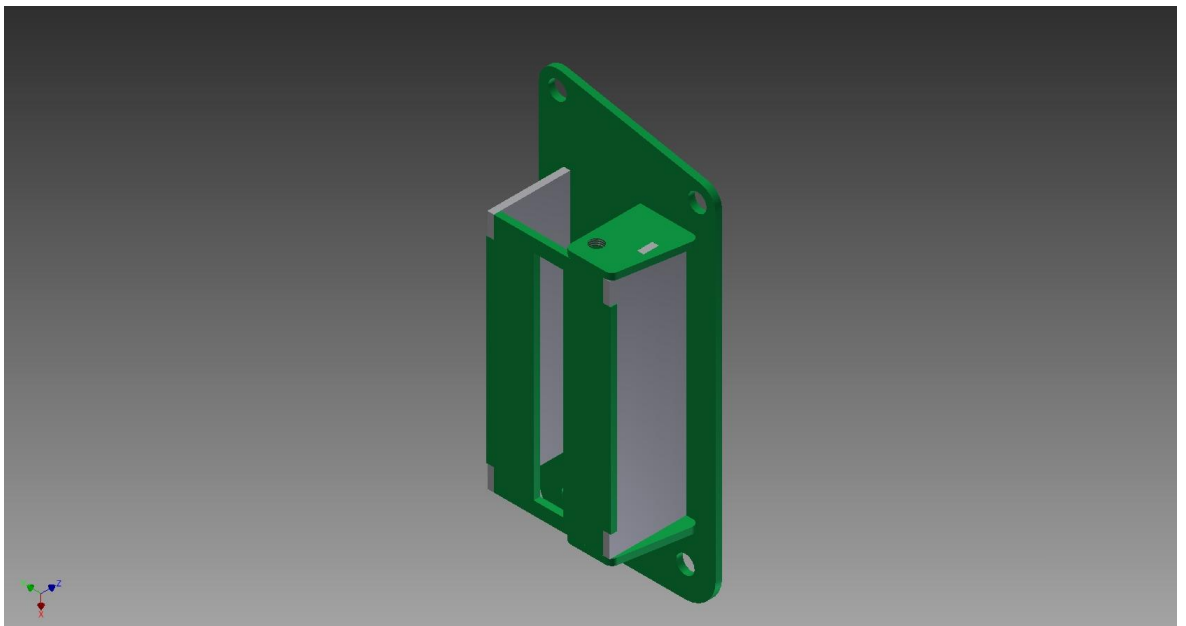
#### 4.1 Ketjukotelon kokoonpantavuuden parantaminen

Kehityksen kohteeksi valittiin kivikarhoittimen ketjukotelon hitsauskokoontamisen helpottaminen ja nopeuttaminen käsin hitsauksessa. Kotelo koostuu kolmesta osasta: välilevystä sekä kahdesta päätylevystä. Päätylevyt kohdistetaan ja hitsataan välilevyyn kiinni. Nykyisessä muodossaan osat kohdistetaan paikalleen silmäääräisesti, joka on hidasta ja epätarkkaa. Myös välilevyn muoto saattaa vaihdella useista särmäyspuristimella tehtävistä taitoksista johtuen ja aiheuttaa siten omat haasteensa osien kohdistukselle (kuvio 12). Kohdistus vaatii tarkkuutta päätylevyissä olevien laakeriryksiköiden vuoksi (kuvio 11), joiden väliin tulee rumpua pyörittävä vetoakseli.

Kohdistuksen parantamiseen on olemassa yksinkertainen keino, joka ei tuo käytännössä minkäänlaisia lisäkustannuksia, eikä vaadi edes lisääaikaa. Tämä hyvä



kokoonpantavuutta helpottava keino oli jo käytössä yhdessä kivikoneen osassa eli ketjunkturistimessä. Kyse on paikoittamista helpottavista kohdistusnastoista, jotka ovat laserlevyleikkauksessa vaivaton toteuttaa, eivätkä vaadi koneistusta jälkikäteen. Osien toisiinsa sovituksessa tarvitaan enintään käsiviilaa, useimmiten ei sitäkään jos mitoitus on kunnossa. Alla olevassa kuviossa 10 näkyy nastojen idea ketjunkturistimessä toteutettuna. Nastat ovat osasta riippuen n. 5-10 mm:n pituiset ja ainevahvuuden levyiset. Osat asetetaan toisiaan vasten, puristetaan yhteen ruuvipuristimia ja magneetteja apuna käyttäen. Tämän jälkeen osat ”hepataan” hitsillä yhteen, jonka jälkeen kokoonpano on enää vailla lopullista yhteen hitsausta.



Kuvio 10. Ketjunkturistin

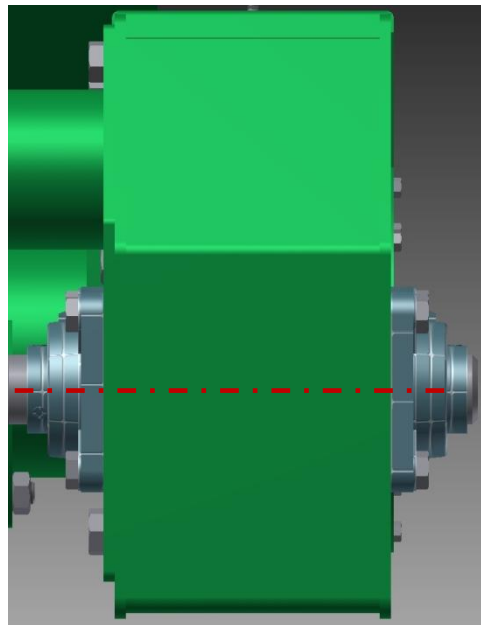
Tämä idea oli helppo viedä sellaisenaan ketjukotelon valmistukseen siten, että välilevyyn tuli neljä kohdistusnastaa puolelleen. Pitkässä välilevyn alaosassa on kaksi nastaa (kuvio 15), joiden lisäksi kaksi nastaa on sijoitettuna siten että ne ovat kohtisuorassa edellisiä vasten. Päätylevyissä on vastaavissa kohdissa pienet aukot, jotka kannattaa suunnitella hieman suuremmiksi niin leveyden kuin pituuden suhteen verrattuna kohdistusnastoihin, (n. yhden millin kumpaankin suuntaan). Näin toimien osien sovitus sallii pienet mittaheitot, jolloin välilevy ja päätylevyt saadaan sovitettua toisiinsa (kuviot 16 ja 17).

6 – 8 mm:n levyvahvuus alkaa olla maksimi, johon nastoja kannattaa vielä tehdä, koska vahvemmissa ainevahvuuksissa muodot eivät ole niin puhtaita jäysteistä ja

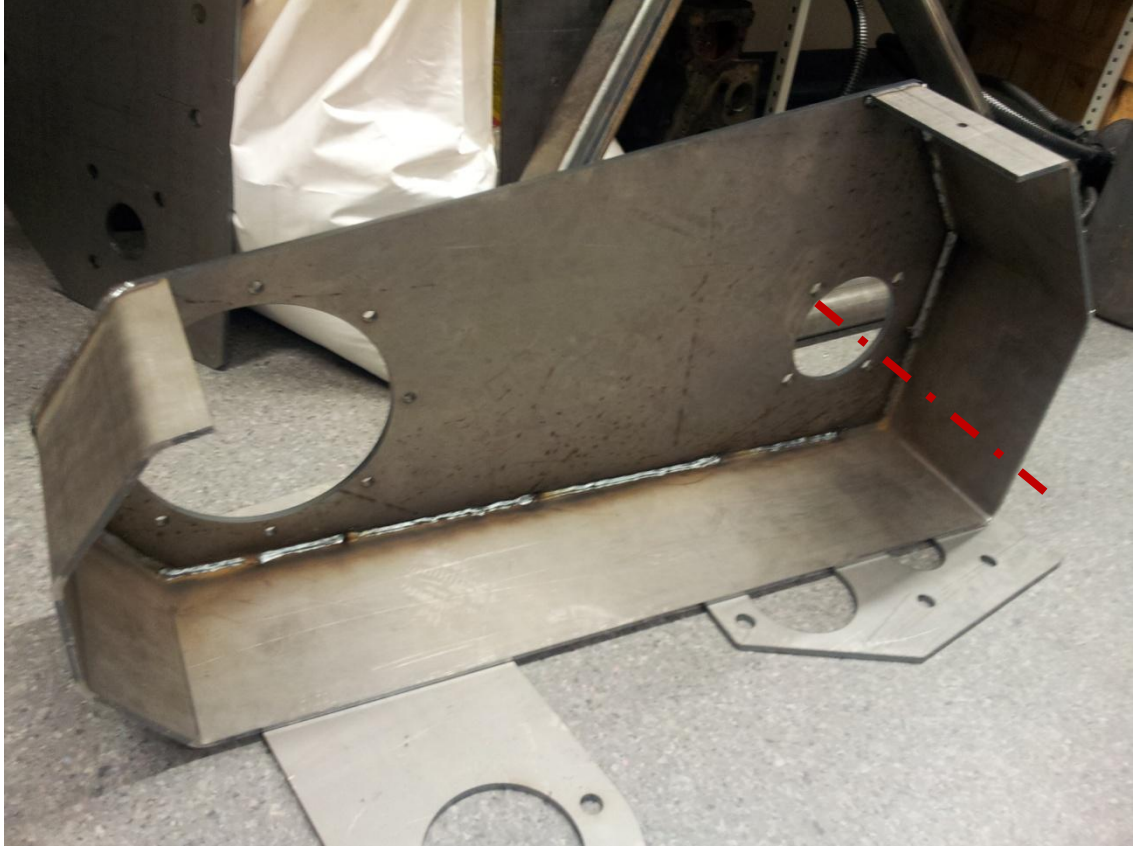
vaativat siten koneistusta jälkikäteen. Mitä ohuempi levy, sitä helpompi osat on pakottaa toisiinsa.

Ketjuketelon paino:

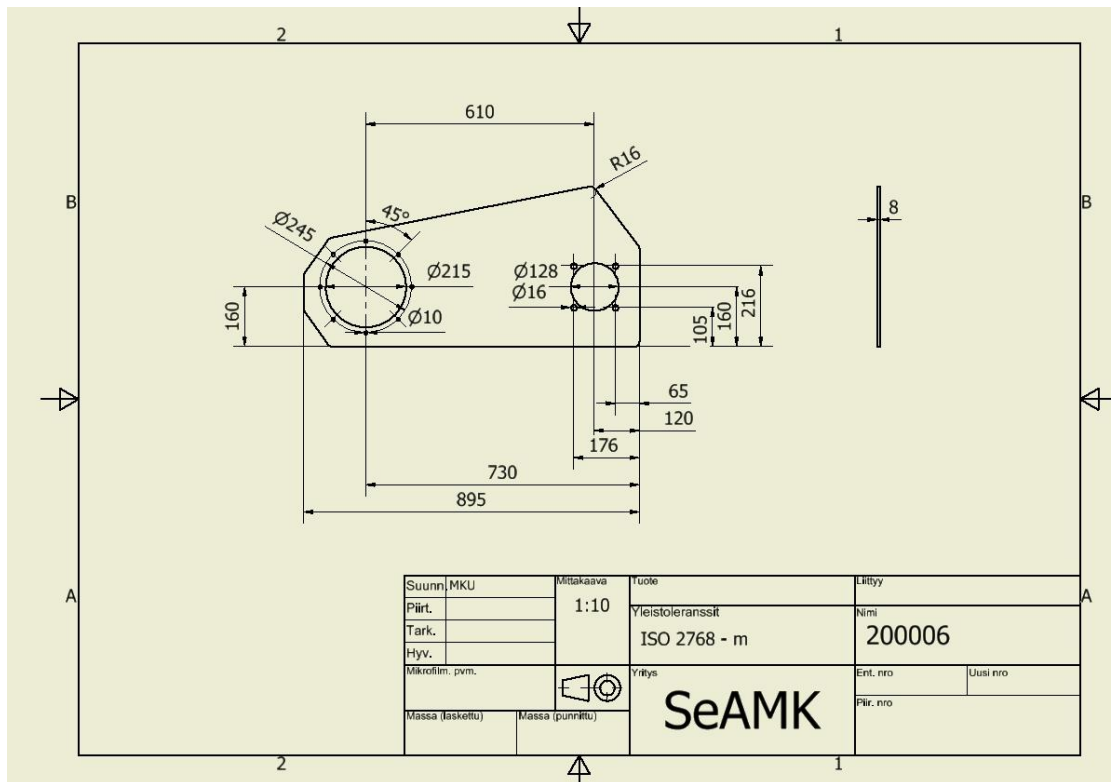
- vasen päätylevy 16,2 kg (8 mm:n ainevahvuus), kuvio 13.
- oikea päätylevy 18,8 kg (8 mm:n ainevahvuus)
- välilevy 14,2 kg (6 mm:n ainevahvuus), kuvio 14.  
→ yht. 49,2 kg



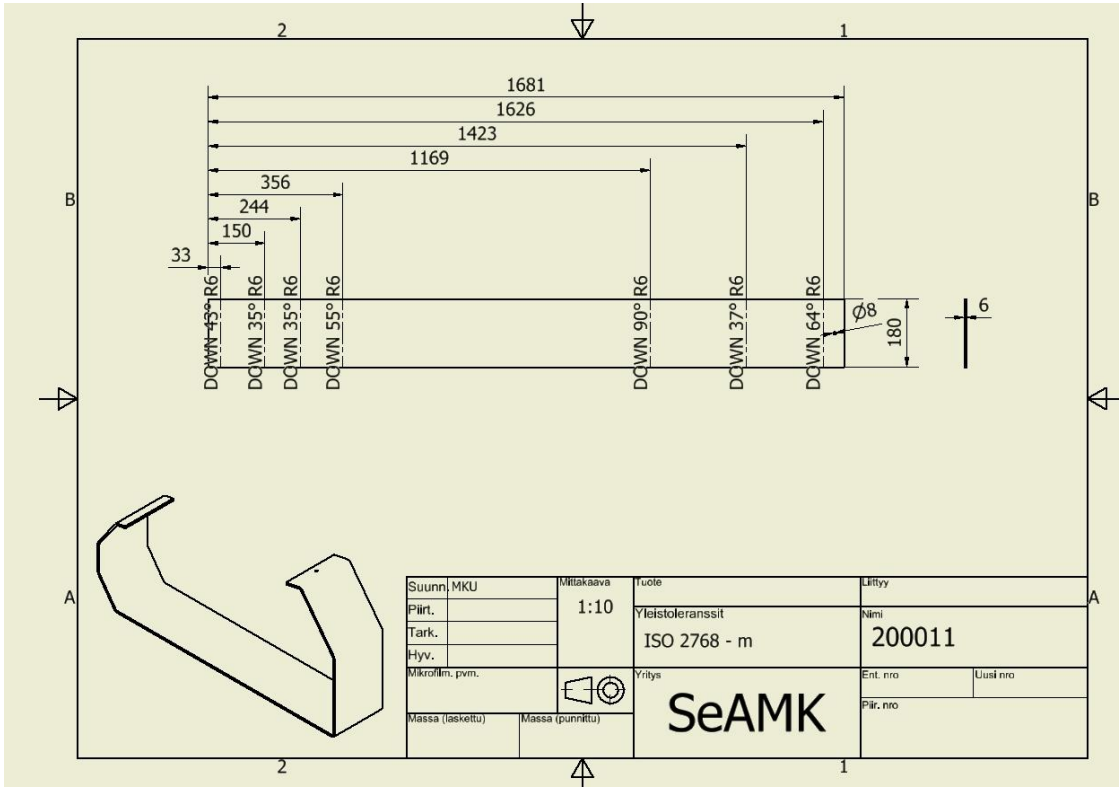
Kuvio 11. Ketjuketelo edestäpäin ja kohdistusta vaativa linja



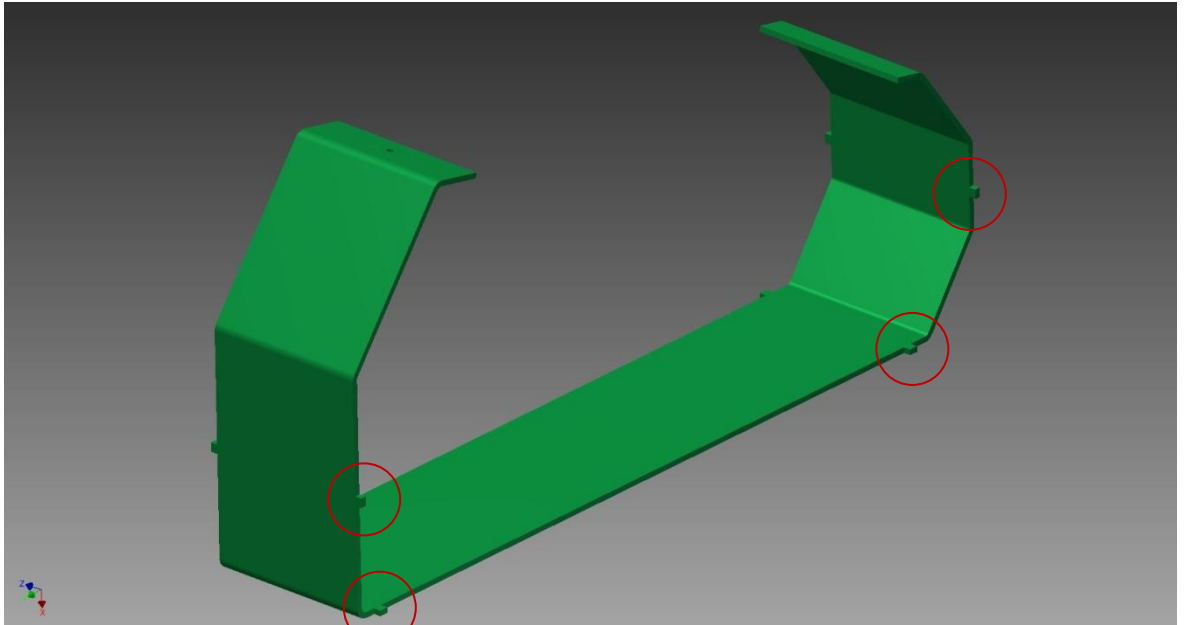
Kuvio 12. Ketjukotelo ilman kohdistusnastoja, kohdistuslinja punaisella.



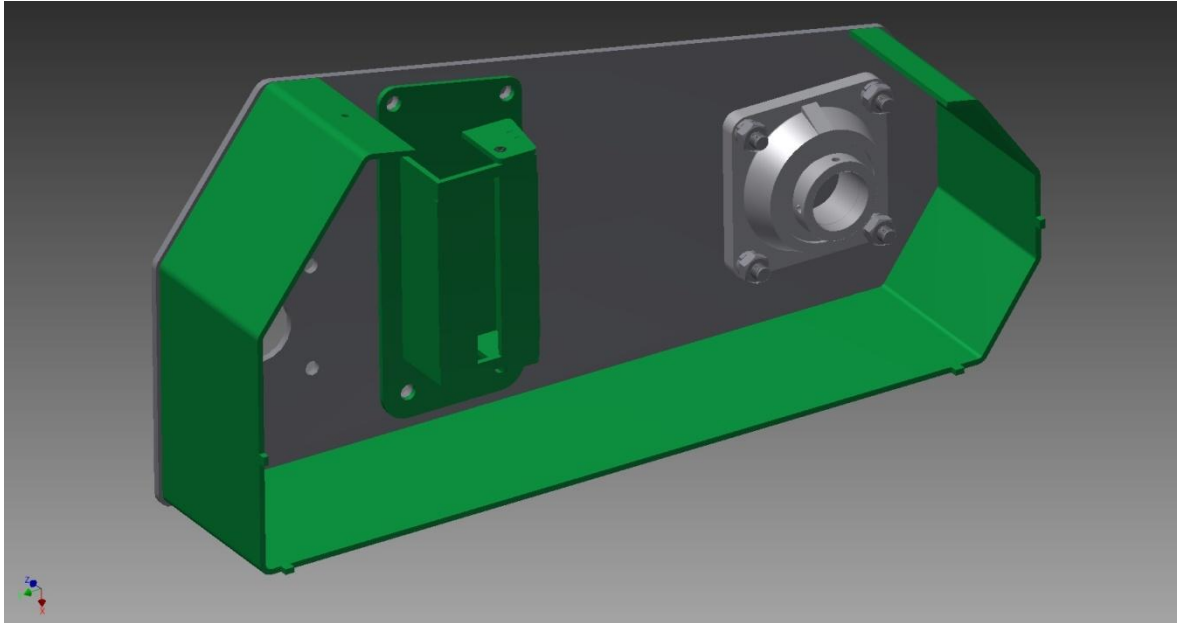
Kuvio 13. Vasemman päätylevyn osakuva.



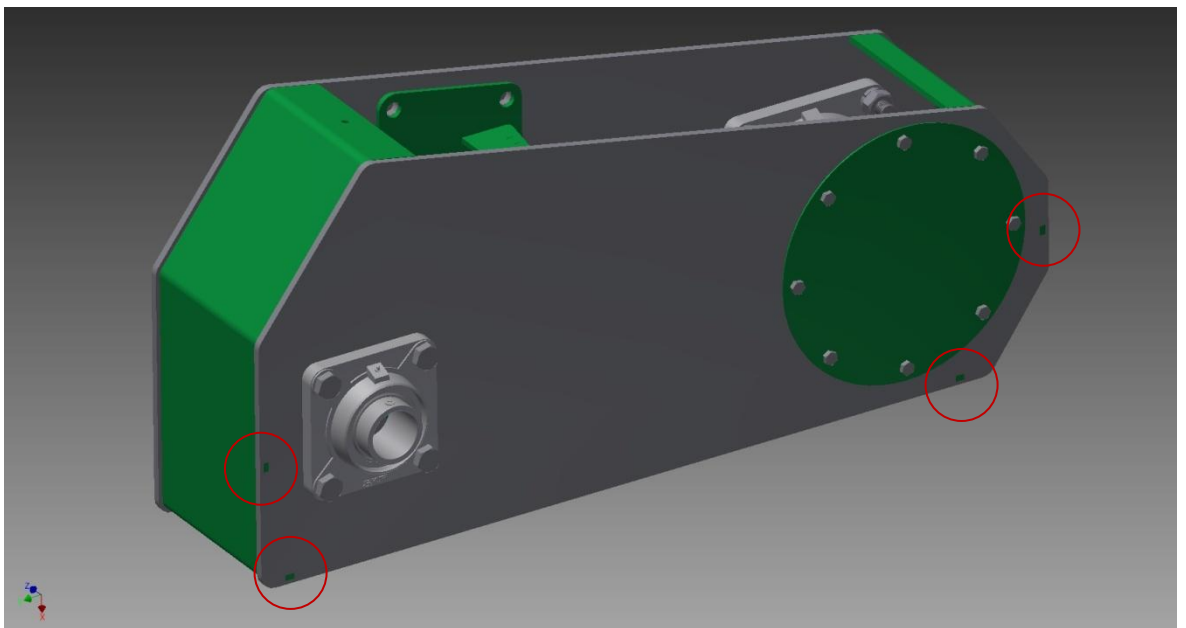
Kuvio 14. Alkuperäisen välilevyn osakuva särmäyslinjoiineen.



Kuvio 15. Välilevyn kehitysversio kohdistusnastoiineen.



Kuvio 16. Kokoonpanoa kohdistusnastojen avulla.



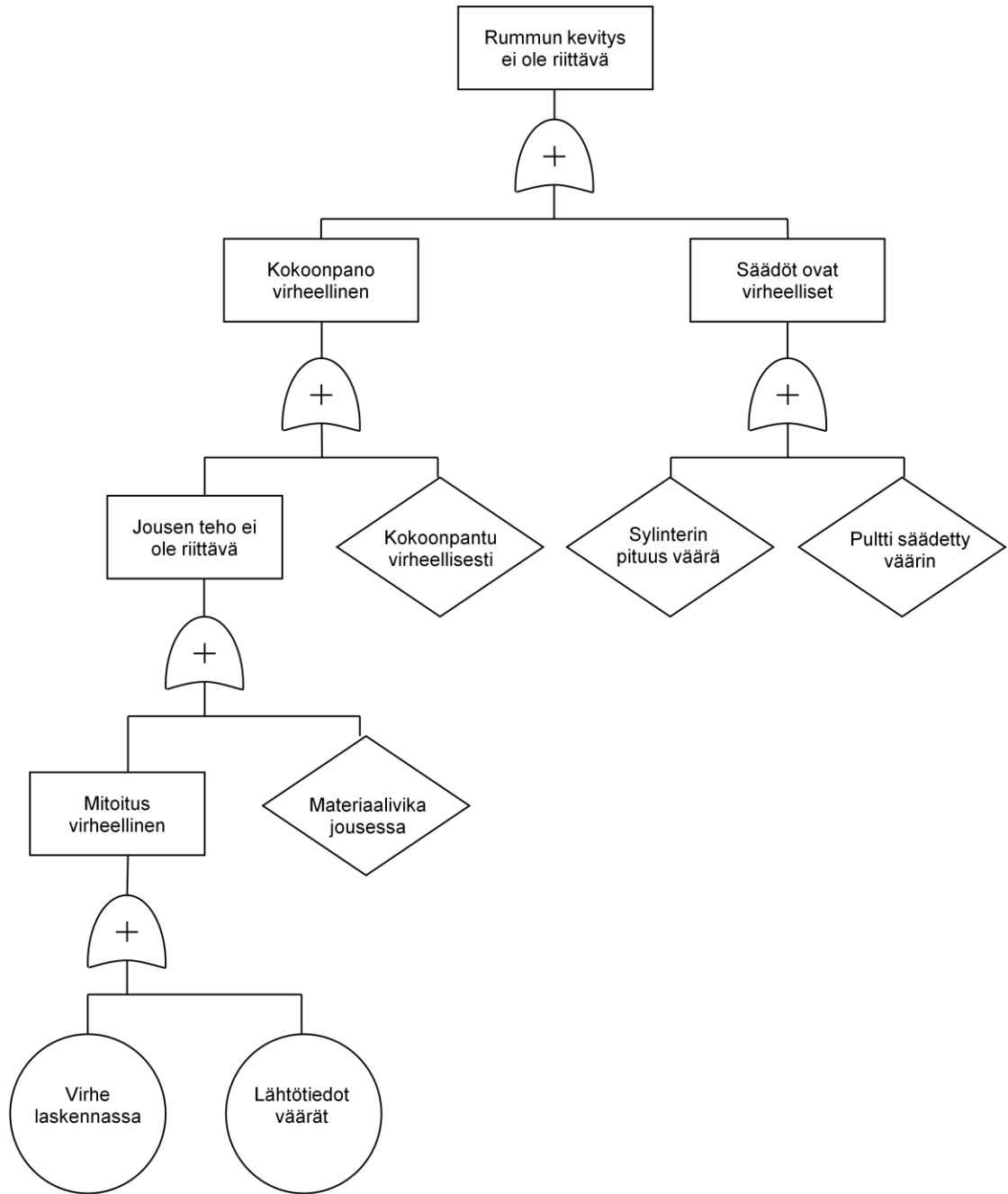
Kuvio 17. Ketjukotelon kehitysversio kokoonpantuna.

## 4.2 Rummun keivityksen tehostaminen

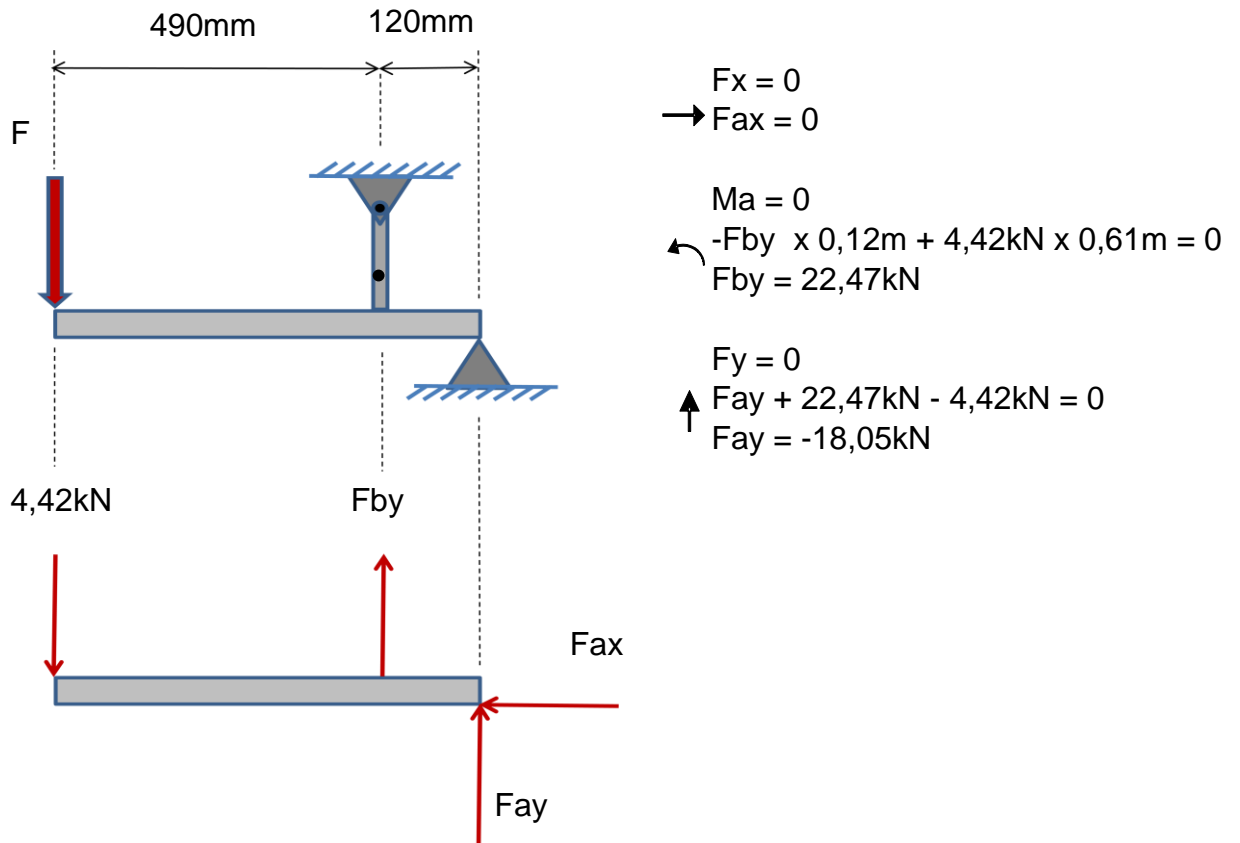
Koneessa olevien jousien tehtävänä on kevirtää rummun kosketusta maahan. Keivityksen voimaa voidaan säätää hydraulisylinlerin pituutta muuttamalla ja lisäksi

karkeana säätönä voidaan ottaa esimerkiksi yksi jousi kokonaan pois tai ruuvamalla kiinnityspultteja lyhyemmiksi tai pidemmiksi.

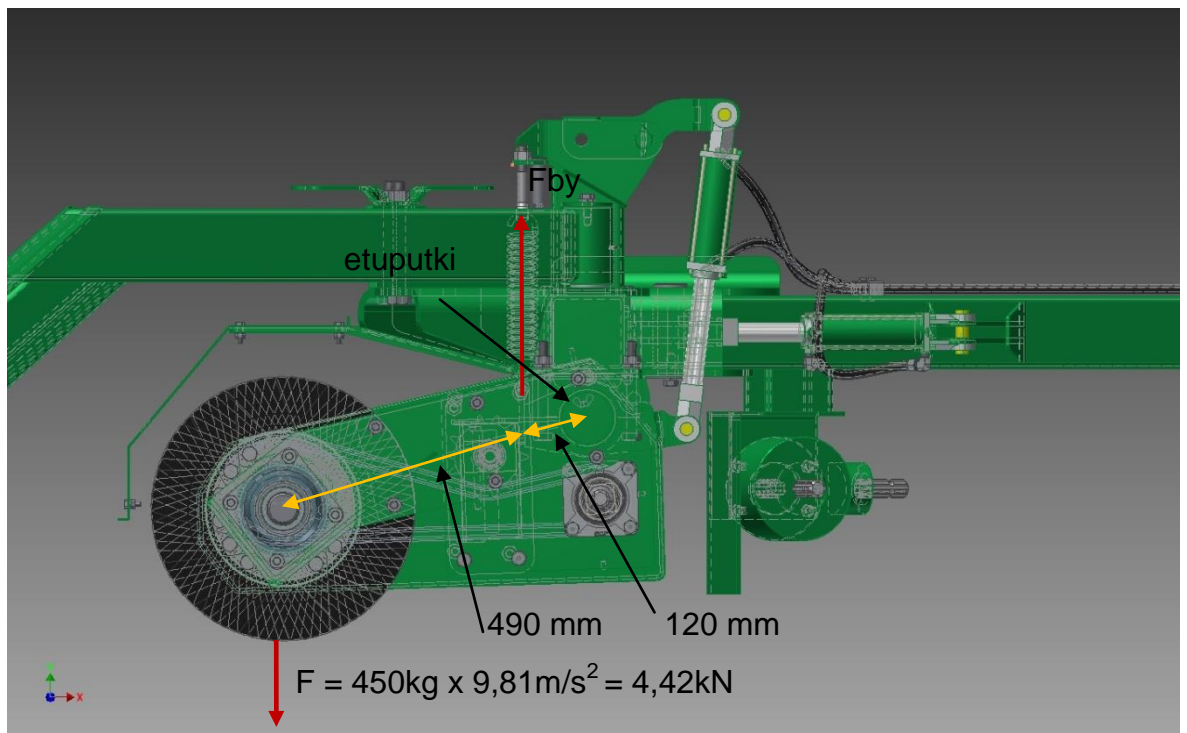
Alkuperäisessä suunnittelussa jousien mitoitukseen sisältyi virhe, joka näkyi myös koneen käyttäytymisessä. Ison ”maakiven” osuessa ajoreitille, vaikutti siltä kuin rumpu ei olisi juurikaan myötänyt / noussut ylöspäin, vaan hakkasi kiveä vasten saaden koneen jopa lievästi pomppimaan. Syy tähän oli jousien aikaansaama liian pieni jousivoima (Lesjöfors, 2008, 71), jonka laskemiseen tarvittavat tiedot eivät olleet riittävät. Rummun kevyysvoimasta tehdyssä vikapuuanalyysissä tämä paikantuu kohtaan ”lähtötiedot väärät”, kuvio 18. Alkuperäisessä laskennassa oli huomioitu ainoastaan voima  $F$ , mutta ei varsinaista jousien todellista asemaa ja niihin kohdistuvaa voimaa  $F_{by}$  (kuvio 19). Näin ollen alun perin valitut jouset olivat alimitoitettut. Edellä mainittu kuvio yhdessä laskennan kanssa selventää jousiin kohdistuvaa todellista kuormitusta, kuviossa 20 näkyvät kyseiset mitat koneessa.



Kuvio 18. Vikapuuanalyysi

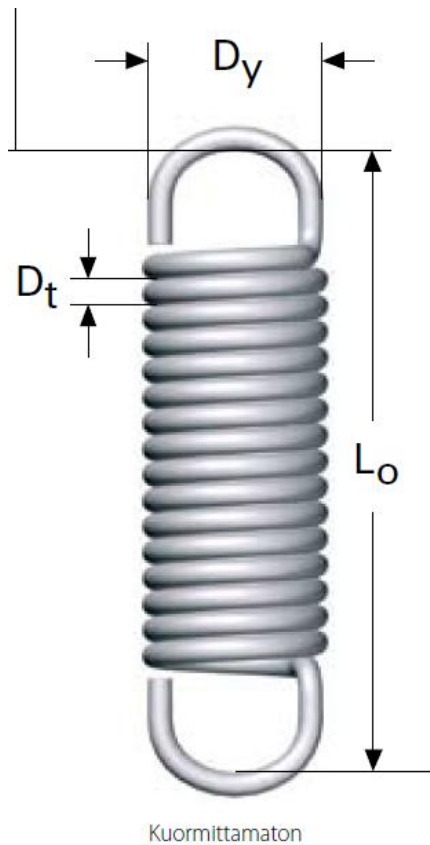


Kuvio 19. Kuormitusmalli ja sen vapaakappalekuva.



Kuvio 20. Mitat kivikoneessa.





Kuvio 21. Jousen mitat

Kuviossa 21 näkyy jousen mitat ja kuviosta 22 voidaan katsoa alun perin valitun jousen tarkat tiedot. Kuvion loput selitteet alla

$n_v$  = vaikuttavien kierrosten lukumäärä,

$c$  = jousivakio,

$F_o$  = esijännitysvoima (voima, joka tarvitaan ennen kuin jousi alkaa venyä)

$L_1$  = suurin sallittu pituus dynaamisella kuormalla.

Jousen kantama kuormitus saadaan seuraavalla kaavalla (Lesjöfors, 2008, 71):

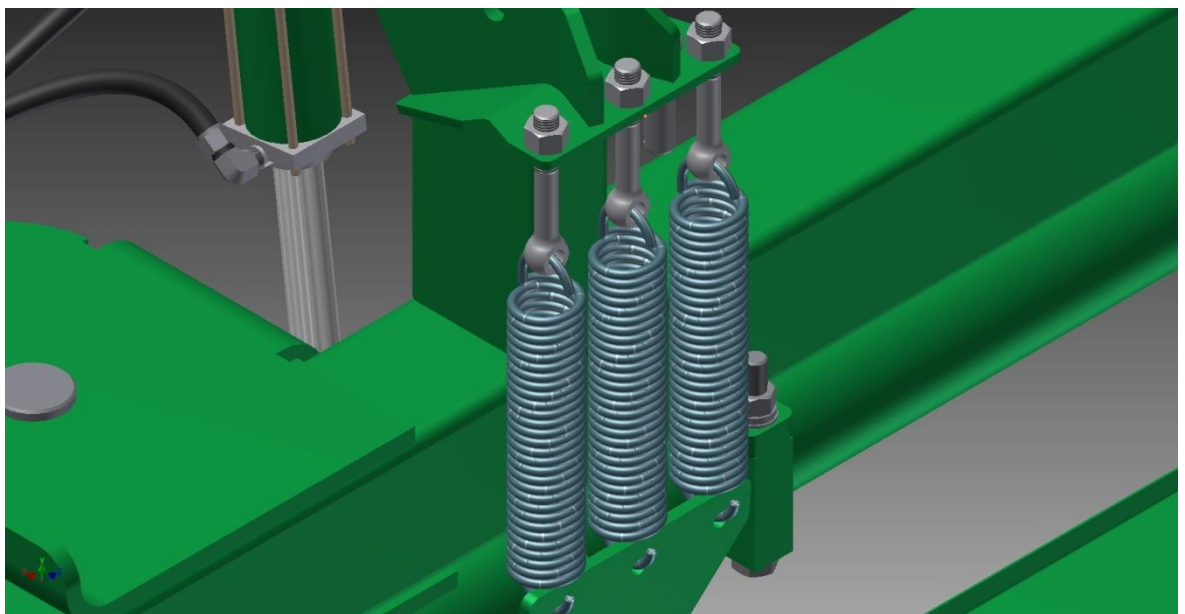
$$\mathbf{F} = \mathbf{s} \cdot \mathbf{c} + \mathbf{F}_o \quad [\mathbf{N} = \text{mm} \cdot \mathbf{N}/\text{mm} + \mathbf{N}_o] \quad (1)$$

Alkuperäisessä suunnittelussa suoritettu laskenta:

$124 \text{ mm} \cdot 9,8 \text{ N/mm} + 250 \text{ N} = 1465 \text{ N}$ . Kun tämä saatu arvo jaetaan  $9,81 \text{ m/s}^2$ :lla, saadaan tulokseksi  $149,4 \text{ kg}$  (jousen maksimi venymällä). Kerrotaan lukema jousien lukumäärällä (3kpl), jolloin saadaan n.  $450 \text{ kg}$  eli rumpukokoonpanon massa.

$D_t$	$D_y$	$L_0$	$n_v$	$c$	$F_0$	$L_1$
8	60	180	14	20,4	250	240
8	60	220	19	15	250	301
8	60	260	24	11,9	250	362
8	60	300	29	9,8	250	424
8	60	400	41	7	250	575

Kuvio 22. Alkuperäinen jousi kehystettyä



Kuvio 23. Alkuperäiset jouset kivikoneessa

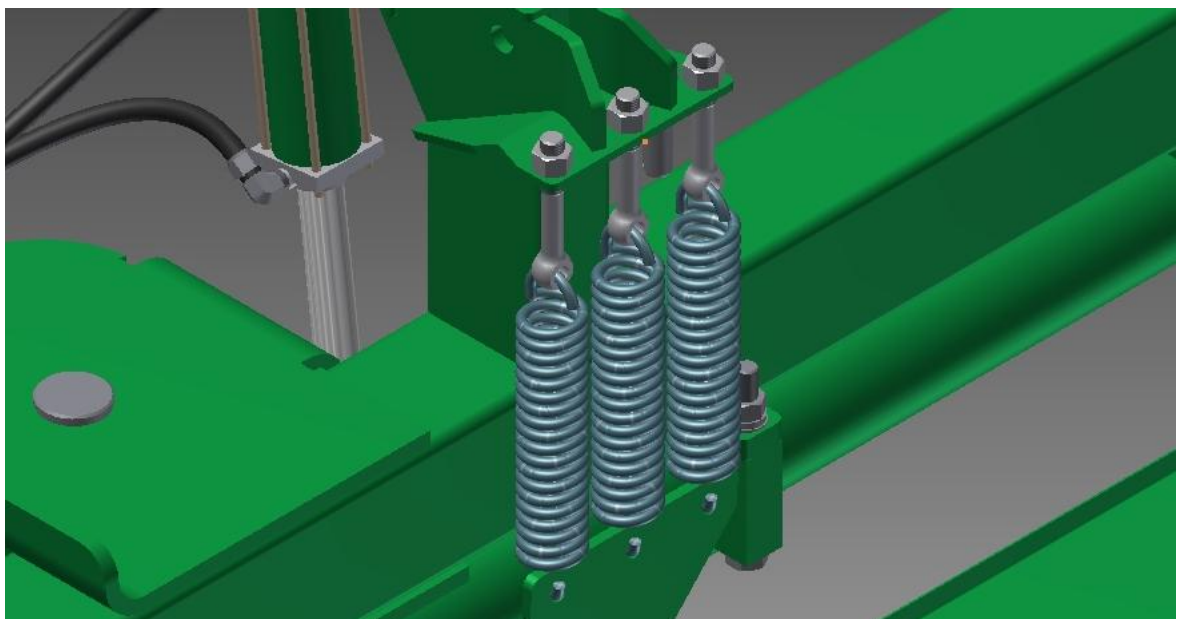
Kuvion 19 mukaisella laskennalla saadaan kuitenkin jousiin kohdistuvaksi voimaksi 22470 N, joka vastaa n. 2290 kg:n kuormaa. Näin ollen alkuperäisten jousien (kuviossa 22) kevytysteho on ollut noin viidennes (2290 kg/450 kg) todellisesta kuormituksesta. Näilläkin jousilla on ollut rumpua kevyttävä vaikutus, mutta se ei ole ollut riittävä. Valittaessa uutta joustia rajoittavin tekijä on jousen maksimivenymä eli mitä suurempi on jousivoima, sen pienempi on jousessa erotus  $L_1 - L_0$ . Ottaen huomioon kivikoneessa olevien kiinnityspulttien säätövara (80 mm), päädytään kuvion 24 mukaiseen jouseen. Tämän jousen "liikealue" on 50 mm ( $L_1 - L_0$ ). Laskenta uuden jousen tiedoilla:

$50 \text{ mm} * 46,1 \text{ N/mm} + 450 \text{ N} = 2755 \text{ N}$ . Kun tämä arvo jaetaan  $9,81 \text{ m/s}^2$ :lla, saadaan tulokseksi 280,8 kg (jousen maksimi venymällä). Kerrotaan lukema jousien lukumäärällä (3), jolloin saadaan n. 843 kg.

Uuden jousen (kuviossa 25) kevytysvaikutus on reilu kolmasosa todellisesta kuormasta ja lähes kaksinkertainen vanhaan jouseen verrattuna. Sen kevytysteho selviää kuitenkin vasta käytännön työssä.

							EN 10270-1-SM	
$D_t$	$D_y$	$L_o$	$n_v$	$c$	$F_o$	$L_1$	Art.nro	
10	60	200	12	65,3	450	235	3634	
10	60	250	17	46,1	450	300	3635	
10	60	300	22	35,7	450	365	3636	
10	60	400	32	24,5	450	495	3637	
10	60	500	42	18,6	450	625	3638	

Kuvio 24. Uuden jousen tiedot



Kuvio 25. Uudet jouset kivikoneessa

### 4.3 Kulmavaihteen kiinnityksen tukeminen

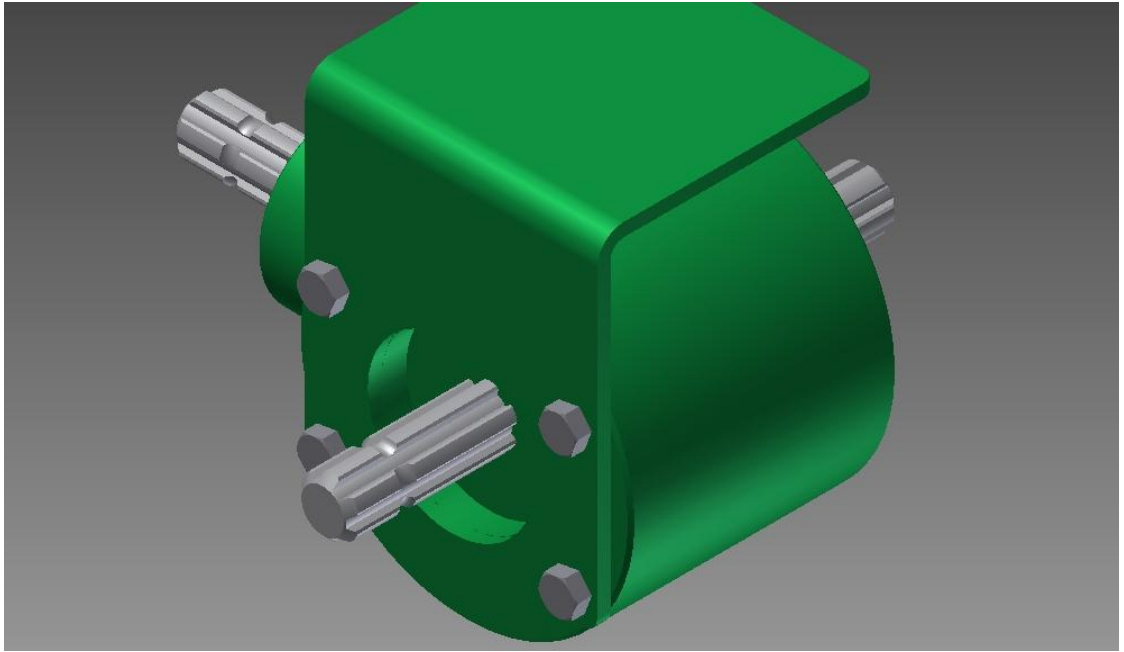
Koneen ensimmäisessä ”käynnistyksessä” oli heti havaittavissa nivelakselien ja kulmavaihteen kohtuullisen voimakas ravistaminen. Kulmavaihteen silminnähtävä heiluminen aiheutti myös sivuäänen voimansiirtoon koneen pyöriessä.

Koska ravistaminen/heiluminen oli niin selvää, myös tarve rakenteen parantamiseen jäykistämällä kulmavaihteen kiinnitystä oli helppo todeta. Yksinkertaisin ratkaisu olisi ollut tehdä pelkkä vinotuki  $45^\circ$  kulmaan kulmavaihteen L-kiinnitysosaan (kuvio 26), joka olisi todennäköisesti jäykistänyt rakennetta riittävästi. Ajatusta hieman jalostamalla saatiin kuitenkin jäykisteen lisäksi fyysinen suoja kulmavaihteelle kivisateelta tekemällä kiinteä ”takaseinä” (kuvio 28) kulmavaihteen taakse. Tähän ko. ”takaseinään” piti ensin hitsata 40 mm:n levyiset jatkokappaleet kulmavaihteen öljynpinnantason tarkistustulppaa varten. Sekä jatkokappaleeseen että takalevyyn tehtiin hitsausrillot ( $60^\circ$ ,  $h=4$  mm) päittäishitsausta varten paremman hitsin (perusaineen sulamisen) aikaansaamiseksi.

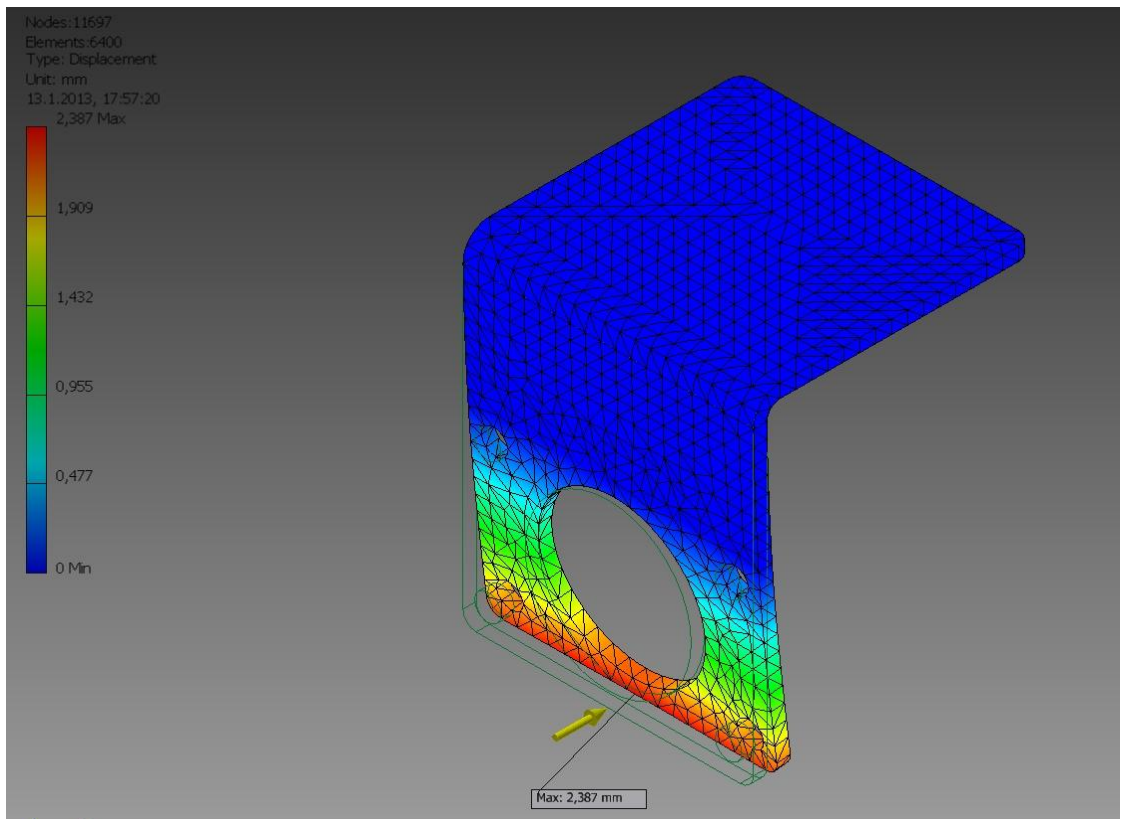
Koska oltiin ”kenttäolosuhteissa” eli oman verstaan työkalujen varassa, oli kulmahiomakone ainut apuväline MIG-hitsin lisäksi. Tämän johdosta jäykiste ei ole esteettisesti kovin ”myyvän” näköinen, mutta aikaansai vaaditun jäykistämisen rakenteeseen hyvin. Rakenteen parantamisen jälkeen tehdyssä koneen testauksessa ravistus/sivuääni olivat poistuneet. Kiinnityksen jäykistymistä on todennettu Inventorin FEM-laskentaominaisuudella laittamalla kiinnityksen alareunaan 1000 N suuruinen voima. Kyseisellä voimalla rakenteeseen aiheutuu n. 2,4 mm:n suuruinen siirtymä (kuvio 27) ilman jäykistettä. Tekemällä sama simulointi jäykistettyyn rakenteeseen saadaan siirtymän arvoksi n.1,2 mm (kuvio 29). Näin ollen siirtymä pieneni puoleen ja kohdistui enää kiinnikkeen vapaaseen reunaan.

Tämä 1000 N:n suuruinen voima ei vastaa todellista tilannetta kulmavaihteen kiinnityksessä, vaan on ainoastaan vertailupohjan antava arvo kuvaamaan L-kiinnitysosan jäykistymistä. Todenmukaisessa mallintamisessa olisi pitänyt ottaa huomioon rakenteen ominaistaajuus ja dynaaminen kuorma, jotka aiheutuvat kahdesta pyörivästä nivelakselista. Niiden seurauksena laskenta olisi ollut huomattavasti monimutkaisempi ja mallinnus olisi pitänyt tehdä useammalla pyörintänopeu-

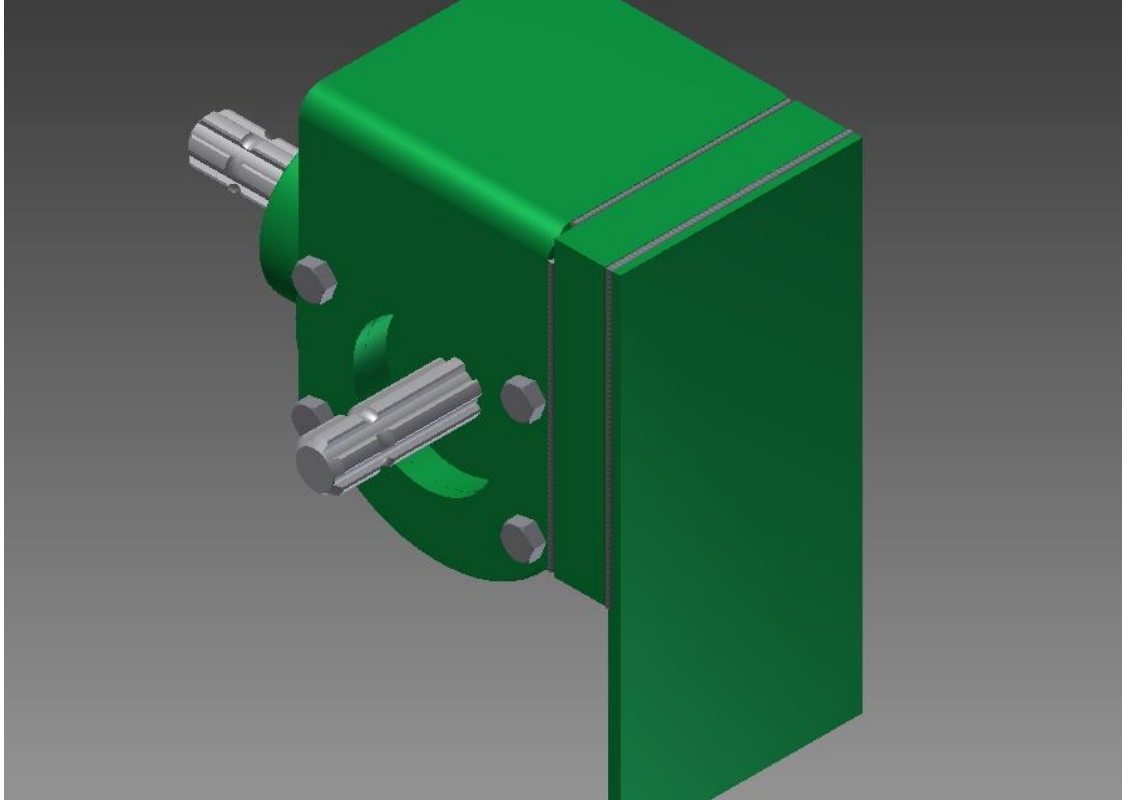
della. Tämä todenmukainen mallinnus ei kuitenkaan ollut tarpeen kuvaamaan kappaleen jäykistämistä.



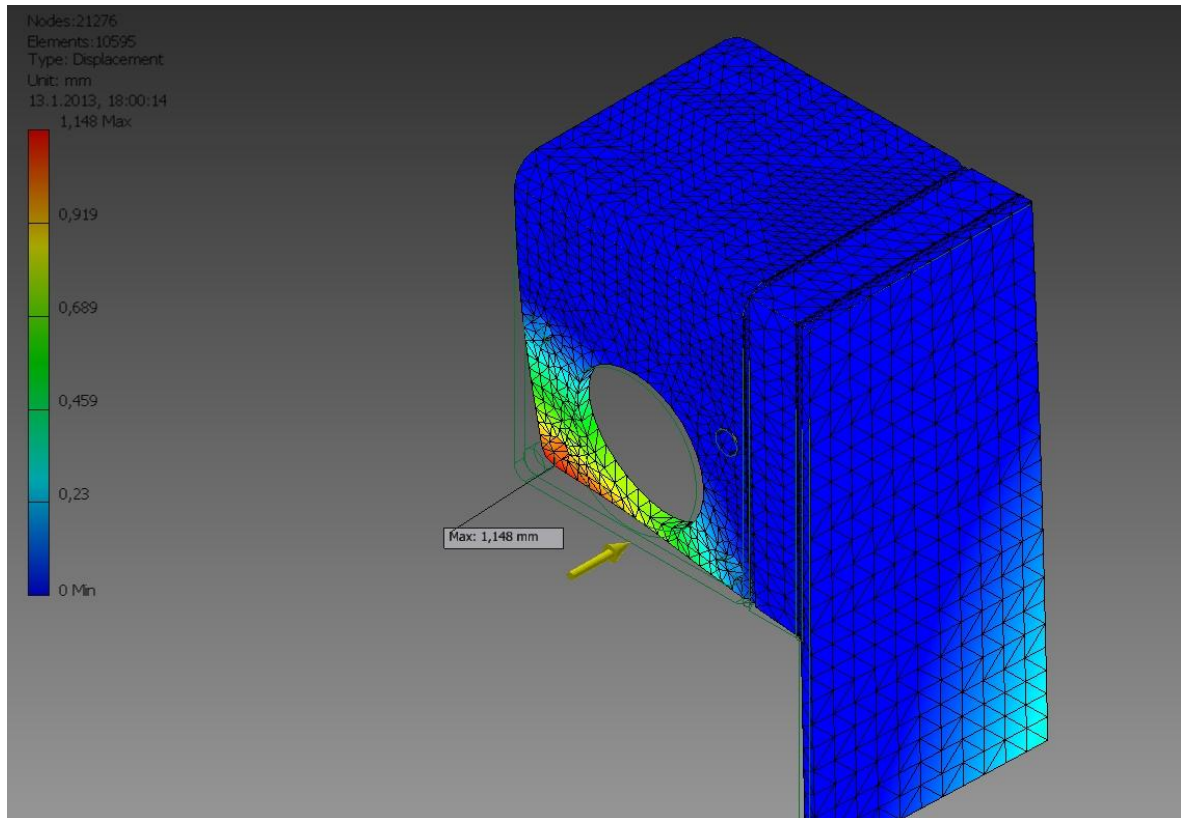
Kuvio 26. Kulmavaihteen alkuperäinen L-kiinnitystuki.



Kuvio 27. Siirtymä ilman tukea.

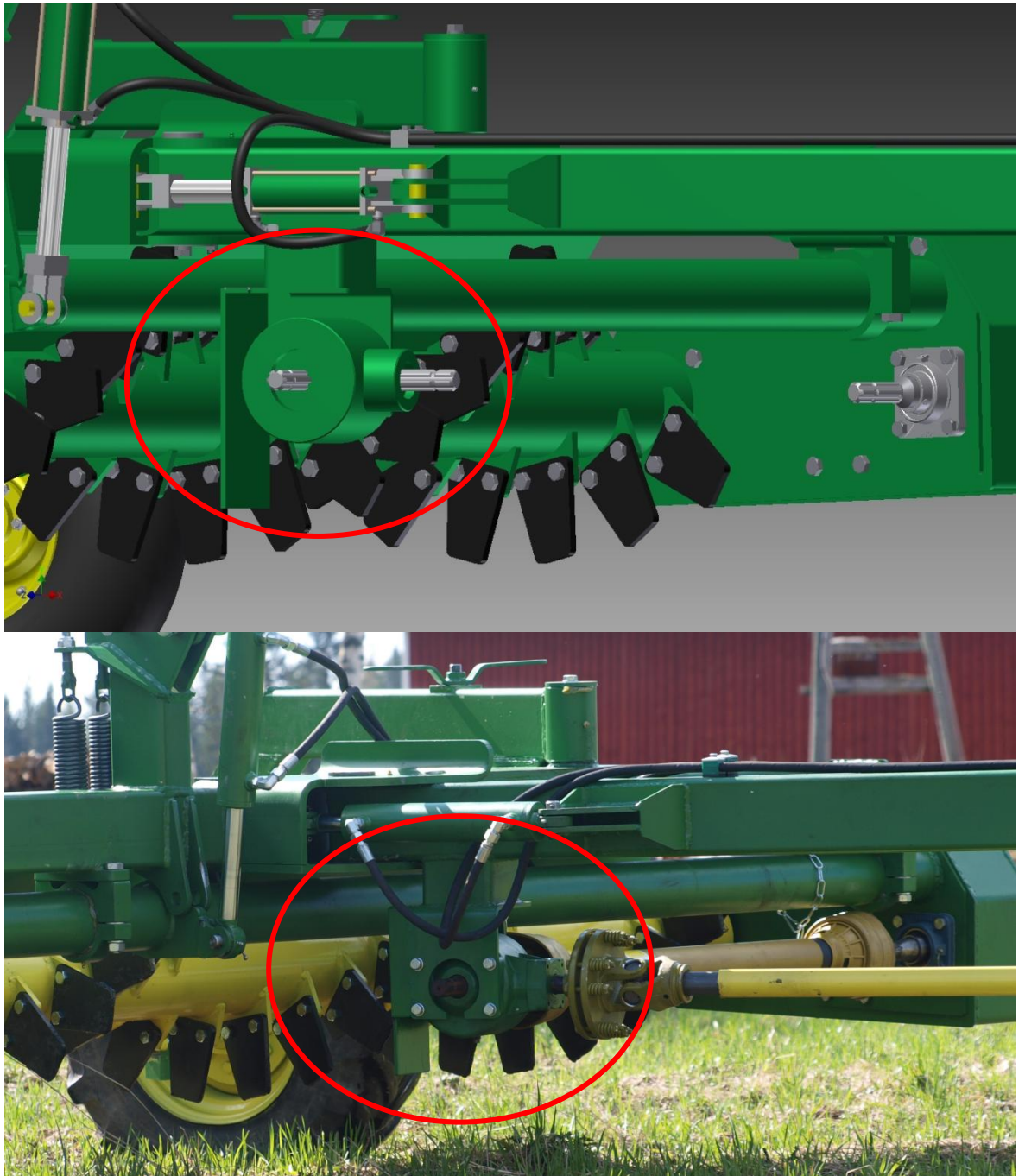


Kuvio 28. Kehitysversio kulmavaihteen kiinnityksestä.



Kuvio 29. Kehitysversion siirtymä.



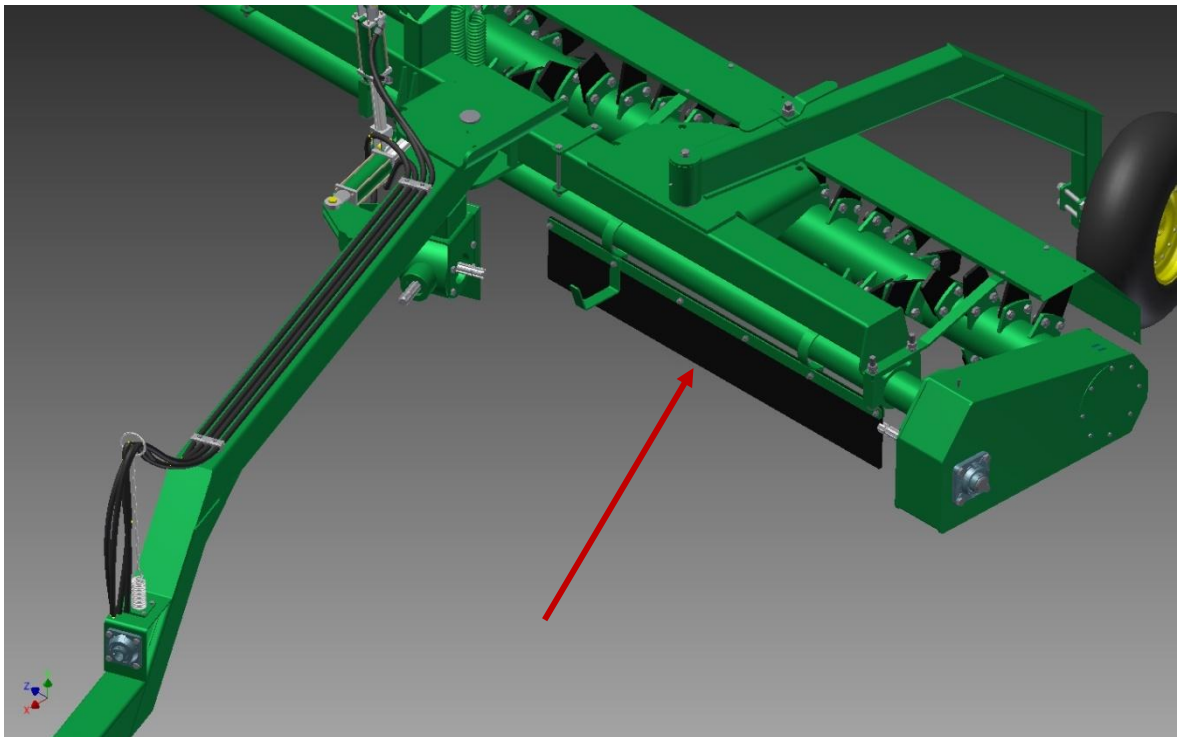


Kuvio 30. Kulmavaihteen sijainti kivikoneessa.

#### 4.4 Kivien sinkoilemisen estäminen

Ajettaessa kivikoneella ensimmäisiä ajoja sinkoilevat kivet pääsivät muutaman kerran yllättämään nopeudellaan. Silloin tällöin sopivan kokoiset kivet lentelivät

aina traktorin takapyörään asti, välillä myös takalasin lähetyville. Näitä kiviä singahti lähinnä koneen vasemmalta puolelta, koska niillä oli siellä puolella vapaata tilaa. Kivikoneen oikealla puolella kivikarho oli jo muodostunut ikään kuin muuriksi estämään näiden irtokivien pitempiä kaaria. Rakentamalla kuvion 31 mukaisen roiskeläpän koneen vasempaan etukulmaan voidaan estää paitsi sinkoilevat kivet niin myös suojata nivelakselia jatkuvalta kivipesulta. Tämän läpän rakenne on yksinkertaisesti kaksi listaa (6 mm:n ainevahvuus), joiden väliin on puristettu ruuveilla kumimatto, 6x230x1440 mm. Läppä on kiinnitetty kahdella pannalla (R70, s=6 mm) etuputkeen. Sisemmän pannan vastakkaisella puolella on tukirauta nivelakselille koneen kuljetusasentoa varten.



Kuvio 31. Kivisuojus.

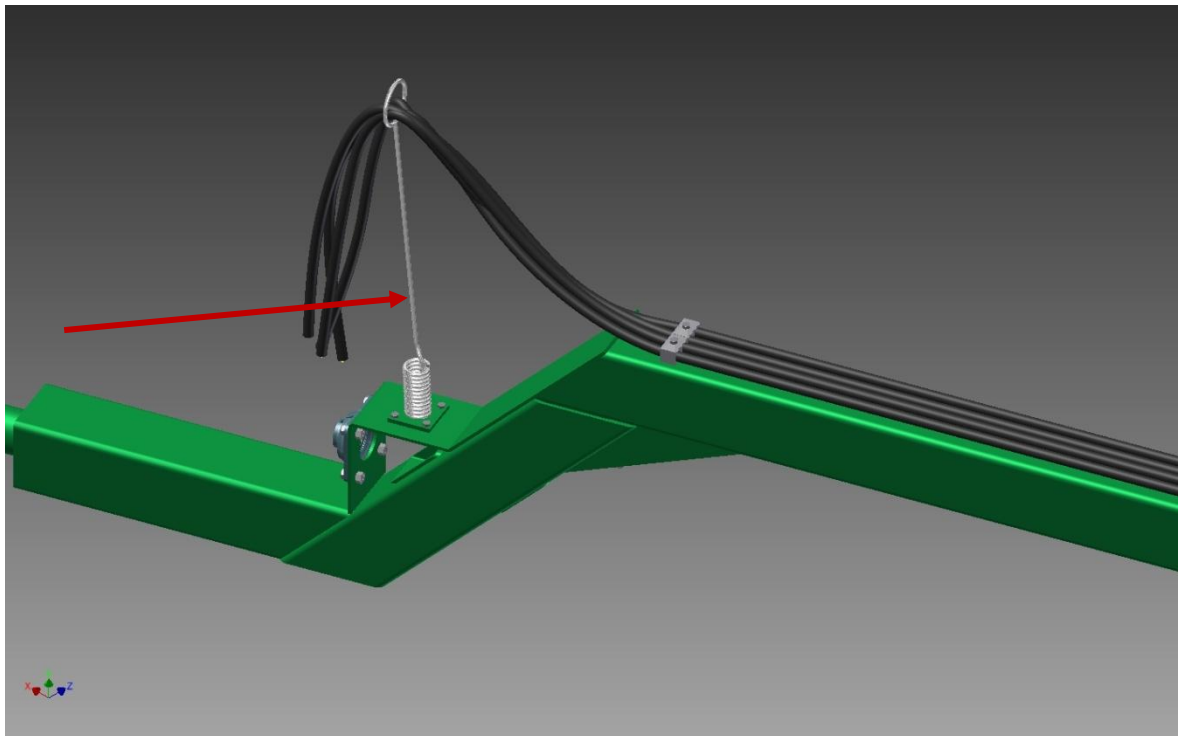
#### 4.5 Hydraulikkaletkujen linjauksen parantaminen

Kytettäessä kivikone ensimmäisiä kertoja traktoriin ilmeni suunnittelun kesken-eräisyys hydraulikkaletkujen "reitityksessä". Vetoaisassa olevan, letkujen etumaisen kiinnikkeen jälkeen letkut pääsivät roikkumaan vapaasti traktorin vetovarsien ja aisan välissä. Kyseinen "haitta" ei estänyt koneen käyttöä, mutta vaati pään



kääntämistä taakse jokaisessa tiukemmassa käänöksessä varmistamaan etteivät letkut puristu rakenteiden väliin.

Ratkaisu tilanteeseen oli oma kannake letkuille, jollaisia on ostettavissa valmiina erään maataloustuotteita valmistavan Härmäläisen tehtaan varaosapalvelusta. Kyseinen kannake on valmistettu jousiteräksestä muodostaen sopivalle korkeudelle lenkin letkujen läpivientiä varten. Kannakkeen alaosa muodostuu jousispiraalisista, joka on asennettu kiinnitystapin ympärille vapaasti. Kyseinen tappi voidaan hitsata suoraan rakenteeseen, mutta tässä tapauksessa tappi hitsataan ensin 8 mm:n vahvuiseen levyyn. Näin toimien voidaan käyttää pulttiliitosta kokoonpanon kiinnittämisessä kivikoneeseen ja välttyään ylimääräiseltä maalaustyöltä. Kannakekokoonpano kiinnitetään kuvion 32 mukaisesti nivelakselin kannatinlaakerin kiinnitystukeen.



Kuvio 32. Hydraulikkaletkujen kannatin vetoaisassa.

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön alussa taustoitettiin tarvetta kivikarhoittimen suunnittelulle ja valmistamiselle sekä edelleen kivikarhoittimen kehittämiseksi. Tämän työn sisältö on siis suoraa jatkumoa koneen valmistukselle ja ensimmäisille käyttökokemuksille. Kehityskohteita ei tarvinnut ”keksimällä keksiä”, vaan ennemminkin ne olivat sekoi- tus olemassa olevia kokemuksia koneen valmistuksen ja käytön myötä ilmenneistä tarpeista.

Kehittämiskohteista osa oli yksinkertaisia, kuten esimerkiksi hydraulikkaletkujen linjauksen parantaminen, mutta sitäkin tärkeämpiä koneella tehtävää käytännön työtä ajatellen. Osa taas oli monimutkaisempia monien muuttujien vuoksi, kuten rummun keivityksen tehostaminen. Keivityksen toimivuus ei ole selvillä edes tämän opinnäytetyön jäljiltä, vaan vaatii ensin jousien vaihtamisen ja säätämisen sekä sen jälkeen testaamisen käytännön työssä.

Työn teoriaosuudet on koottu kehittämiskohteiden ympärille, joissa on mukana mm. DFX-suunnittelua ja kehittelyä vikapuuanalyysiin. Teoriakappaleiden sisältöön tuottamisessa oli haastetta ensinnäkin laajan aineiston (kehittelystä useita satoja sivuja pelkästään yhdessä kirjassa) ja osittain aineiston seikkaperäisyyden ja käytettyjen termien (mm. työnkulkukaavio, kuvio 5) lukumäärän runsauden vuoksi.

Opinnäytetyön tuloksena on saatu tarvittavat piirustukset tehtyjen 3D-mallien pohjalta, näiden avulla kehityskohteet voidaan toteuttaa käytännössä. Ketjukotelon uudelleen valmistamiselle kohdistusnastoinen tuskin tulee kuitenkaan tarvetta. Sen osalta kyse oli tuoda esille pienten ja helposti toteutettavien yksityiskohtien suuresta vaikutuksesta tuotteen kokoonpantavuuden helpottamiseksi. Muut koh- teet eli rummun keivityksen tehostaminen, kivien sinkoilemisen estäminen ja hyd- raulikkaletkujen linjauksen parantaminen tulevat toteutumaan tulevilla käyttökau- della. Kulmavaihteen kiinnityksen parantaminen on jo toteutettu käytännössä (ku- vio 30) ja toimivaksi todettu.

Kivikoneen kehittämisprojektia voidaan pitää onnistuneena tähänastisten käyttö- kokemusten perusteella syntyneiden parantamistarpeiden täyttäjänä. Vasta pi-

dempiaikainen käyttökokemus koneesta tulevaisuudessa antaa varmemmat vastaukset mahdollisten lisäkehittämistarpeiden suhteen.



Kuvio 33. Tuore kivikarhoitin 05/2012.

## LÄHTEET

- Airila, M., Ekman, K., Hautala, P., Kivioja, S., Kleimola, M., Martikka, H., Miettinen, J., Niemi, E., Ranta, A., Rinkinen, J., Salonen, P., Verho, A., Vilenius, M. & Välimää, V. 2010. Koneenosien suunnittelu. 4. -5. painos. Helsinki: WSOYpro Oy.
- Degelman. Rock Rake RR1500. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Regina, Saskatchewan S4P 3B1: Degelman Industries Ltd. [Viitattu 7.4.2012]. Saatavana: [http://www.degelman.com/products/agricultural\\_equipment/rock\\_pickers\\_rakes/rock\\_rake/index.php](http://www.degelman.com/products/agricultural_equipment/rock_pickers_rakes/rock_rake/index.php)
- GTK. 2005. Maaperäkartan käyttöopas. [Verkkojulkaisu]. Espoo: Geologian tutkimuskeskus. [Viitattu 7.1.2013]. Saatavana: <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/index.htm>
- Lempiäinen, J. & Savolainen, J. 2003. Hyvin suunniteltu – puoliksi valmistettu. 1. painos. Helsinki: Suomen Robotiikkayhdistys Ry.
- Lesjöfors. 2008. Jousi on nerokas keksintö. [Jousiluettelo]. Kaarina: Lesjöfors. [Viitattu 7.4.2012]. Saatavana: [http://www.lesjoforsab.com/teknisk-information/standard\\_stock\\_springs\\_catalogue\\_13\\_-\\_finnish\\_id1106.pdf](http://www.lesjoforsab.com/teknisk-information/standard_stock_springs_catalogue_13_-_finnish_id1106.pdf)
- Pahl, G. & Beitz, W. 1992. Koneensuunnitteluoppi. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Rusanen, H., Rinkinen, J. 2006. Vikapuuanalyysillä vian alkulähteille. [Verkkoleh-tiartikkeli]. Kunnossapito (2). [Viitattu 3.2.2013]. Saatavana: [https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:RpOzpqINRSsJ:www.promaint.net/downloader.asp%3Fid%3D1949%26type%3D1+%&hl=fi&gl=fi&pid=bl&srcid=ADGEESgnR\\_07iS2zHuFOEQ0L\\_MRgBXUTNZ1Rf1MyqaLxfwYSSGX\\_U2GP9J5jX6TFGckAfd75c\\_H4izUAmD89cGVURkNKpwbRXjJxPOvynHZ7Du\\_QqZLN\\_-PyS40b3yZ\\_oE6CqAwp2TJuF&sig=AHIEtbR7NgzivXQBdlq3UNEp8oA2DYpChQ](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:RpOzpqINRSsJ:www.promaint.net/downloader.asp%3Fid%3D1949%26type%3D1+%&hl=fi&gl=fi&pid=bl&srcid=ADGEESgnR_07iS2zHuFOEQ0L_MRgBXUTNZ1Rf1MyqaLxfwYSSGX_U2GP9J5jX6TFGckAfd75c_H4izUAmD89cGVURkNKpwbRXjJxPOvynHZ7Du_QqZLN_-PyS40b3yZ_oE6CqAwp2TJuF&sig=AHIEtbR7NgzivXQBdlq3UNEp8oA2DYpChQ)
- Salo, A. Ei päiväystä. Luento 4, vikapuuanalyysit. [Verkkosivu]. Systeemianalyysin laboratorio, Teknillinen korkeakoulu. [Viitattu 3.2.2013]. Saatavana: [http://www.sal.tkk.fi/vanhat\\_sivut/Opinnot/Mat-2.117/luennot/luento04.pdf](http://www.sal.tkk.fi/vanhat_sivut/Opinnot/Mat-2.117/luennot/luento04.pdf)
- Tieteen Kuvalehti. 2008. Routa nostaa kiviä maan sisästä pelloille. [Verkkosivu]. Helsinki: Bonnier Publications Oy. [Viitattu 20.1.2013]. Saatavana: <http://tieku.fi/kysy-meilta/routa-nostaa-kivia-maan-sisasta-pelloille>
- Ulrich, K. & Eppinger, S. 2008. Product design and development. 4. Edition. USA: McGraw-Hill Companies.

## LIITTEET



## LIITE 1, Kivikarhot sekä kivikarhoittimen työ- ja kuljetusasennot

