

Niko Lehtola

Laikkahakkurin suunnittelu

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Tekniikka

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Auto- ja työkonetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Niko Lehtola

Työn nimi: Laikkahakkurin suunnittelu

Ohjaaja: Kimmo Kitinoja

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 70

Liitteiden lukumäärä: 1

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Junkkari Oy. Yksi yrityksen päätuotteista ovat laikkahakkurit. Tarkoituksena oli suunnitella Junkkari Oy:lle uusi laikkahakkuri. Suunnittelussa tavoitteina olivat edullisemmat valmistuskustannukset, kahden uuden suorasyöttöisen syöttölaitteiston suunnittelu sekä tuotteen muotoilu nykyaikaisemmaksi sekä yhtenäisemmäksi muun malliston sekä Junkkari Oy:n imagon kanssa.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa kerrotaan, minkälainen kone on kyseessä sekä miten se toimii ja mitä sillä tehdään. Tämän jälkeen käsitellään ja vertaillaan erilaisia tuotekehitysmalleja. Työssä käytetyn VDI 2221 -tuotekehitysmallin eri vaiheet käydään tarkasti läpi kohta kohdalta. Teoriaosuudessa käsitellään myös valmistettavuuteen liittyvät tärkeimmät asiat, kuten rinnakkaissuunnittelu sekä DFM- ja DFMA-suunnittelu. Rinnakkaissuunnittelu tapahtuu työryhmässä, johon kuuluu jäseniä yrityksen monelta eri taholta. DFM- ja DFMA-suunnittelulla pyritään mahdollisimman edulliseen konstruktion tuotteen muita ominaisuuksia unohtamatta. Tuotekehityksen teorian jälkeen selvitetään uuden tuotteen suunnitteluteoriaa, jossa kerrotaan 3D-mallinnuksesta ja työssä käytetystä suunnitteluohjelmasta.

Uusi laikkahakkurimalli suunniteltiin teoriassa esitetyn sekä yrityksen oman tuotekehitysmallin pohjalta. Koneen suunnittelu tapahtui rinnakkaissuunnitteluna. Koko suunnitteluprosessin ajan sovellettiin DFMA:n tärkeimpiä periaatteita. Kaikki suunnitellut osat ja kokoonpanot toteutettiin hakkureiden turvallisuusstandardin SFS-EN 13525+A1 vaatimusten mukaisesti. Työn tuloksena saatiin suunniteltua ja mallinnettua uusi laikkahakkuri. Hakkurista tehtiin kaksi eri mallia, jotka ovat M-malli ja G-malli. Kaikki uudelle tuotteelle asetetut tavoitteet täyttyivät, joten projektia voidaan pitää onnistuneena. Suunnitellusta 3D-mallista tehtiin valmistus- ja kokoonpanokuvat, joiden avulla yritys valmistaa tuotteesta prototyypin.

Avainsanat: hakkurit, haketus, tuotekehitys, tekninen suunnittelu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Niko Lehtola

Title of thesis: Planning of a disc chipper

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2017

Number of pages: 70

Number of appendices: 1

The commissioner of the thesis was Junkkari Oy. One of the company's main products is disc chippers. The aim was to design a new disc chipper for Junkkari Oy. The new chipper should be cheaper than the old one, and another object was to improve the chipper's feeding device. The design of the product should also be more modern and uniform with the rest of the collection and the company's image.

The beginning of the theory part is about chippers and product development. After that, the theory part deals with product development models and processability. Development model VDI 2221 was used in the work so its stages are presented systematically. The most important points in processability are parallel planning, DFM- and DFMA planning. After the theory of the product development, theory on new product design is explained, containing information about 3D-CAD modelling and about the 3D-CAD program, which was used in the thesis.

During the whole planning process, the most important principles of DFMA were applied. All the planned parts and assemblies were carried out according to the demands of the safety standard of chippers. The outcome was a new disc chipper and its two different models, which are M-model and G-model. Theoretically, the machine responds to all customer needs and the project can be considered a successful. With the drawings of the machine, a prototype could be made.

Keywords: chippers, chipping, product development, engineering

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO.....	10
1.1 Työn tausta.....	10
1.2 Työn tavoitteet.....	12
1.3 Työn rakenne.....	13
1.4 Yritysesittely.....	13
1.5 Hakkurityypit.....	14
2 TUOTEKEHITYS.....	17
2.1 Tuotekehityksen työvaiheet.....	18
2.1.1 Tuotekehitysprojektin käynnistäminen.....	21
2.1.2 Luonnostelu.....	22
2.1.3 Kehittely.....	25
2.1.4 Viimeistely.....	27
2.2 Teollinen muotoilu.....	29
2.2.1 Tuotteen ulkonäkö.....	30
2.2.2 Tuotteen käyttäjäliityntä.....	30
2.3 DFM.....	31
2.4 DFA.....	32
2.5 DFMA.....	32
2.6 Rinnakkaissuunnittelu.....	35
2.7 Kustannusten arviointi.....	35
2.7.1 Tuotteen kustannusten arviointi tuotesuunnitteluprosessin aikana.....	36
2.7.2 Tuotteen valmistuskustannukset.....	38
3 HAKKURIN SUUNNITTELU.....	40
3.1 CAD-mallinnus.....	42
3.2 Runko.....	43

3.3 Kammio.....	45
3.4 Syöttölaitteisto.....	51
3.4.1 M-Malli	52
3.4.2 G-Malli.....	54
3.4.3 Syöttösuppilo	58
3.5 Puhallustorvi	62
3.6 Kokoonpanorakenne	63
3.7 Koneen huollettavuus.....	65
4 YHTEENVETO.....	66
LÄHTEET	68
LIITTEET	70

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. M-malli	11
Kuva 2. G-malli	12
Kuvio 1. Laikkahakkurin toimintaperiaate.....	15
Kuvio 2. Rumpuhakkurin toimintaperiaate	16
Kuvio 3. Ruuvihakkurin toiminta.....	16
Kuvio 4. Tuotekehitysprojektin toimintavaiheet	19
Kuvio 5. Tuotekehitysprojektin käynnistyminen	21
Kuvio 6. Luonnostelun vaiheet.....	23
Kuvio 7. Kehittelyn vaiheet.....	26
Kuvio 8. Viimeistelyn työvaiheet.....	28
Kuvio 9. DFMA-prosessi	33
Kuvio 10. Tuotetiedon määrän kehitys ja kokonais kustannusten arvioinnin tarkkuus tuotesuunnittelun aikana.....	37
Kuvio 11. Tuotteen valmistuskustannusten tekijät	39
Kuvio 12. Rungon kokoonpano.	44
Kuvio 13. Jäykistelevy/kammion kiinnitin.	45
Kuvio 14. Uusi kammio.	46
Kuvio 15. Kammion takaosa.	48
Kuvio 16. Terälaikka.	49

Kuvio 17. Kammio kiinnitettynä runkoon.	50
Kuvio 18. Kammion etuosa avoinna.....	51
Kuvio 19. Syöttölaitteen kiinnityslevy.	52
Kuvio 20. M-mallin suppilon kiinnitys.	53
Kuvio 21. Vastaterän kiinnitys.	54
Kuvio 22. Syöttölaitteen alaosa.....	55
Kuvio 23. Syöttölaitteen yläosa.	56
Kuvio 24. G-mallin syöttölaite ja suppilon kiinnitys.....	57
Kuvio 25. Syöttölaitteen laakerointi.	58
Kuvio 26. Ryhmän A syöttösuppilon mitat.....	60
Kuvio 27. Ryhmän B syöttösuppilon mitat.....	60
Kuvio 28. Syöttösuppilo.	61
Kuvio 29. Puhallustorvi.	62
Kuvio 30. Torven kiinnityspanta.	63
Kuvio 31. M-malli.	64
Kuvio 32. G-malli.....	65
Taulukko 1. Koteloinnin seinämän kokonaispaksuus.....	47
Taulukko 2. Turvaetäisyydet vaara-alueesta	59

Käytetyt termit ja lyhenteet

DFM	DFM tulee sanoista Design for Manufacturing eli valmistusystävällinen suunnittelu. Siinä pyritään ottamaan huomioon tuotteen osien valmistettavuuteen vaikuttavat asiat.
DFMA	DFMA tulee sanoista Design for Manufacturing and Assembly eli valmistus- ja kokoonpanoystävällinen suunnittelu. DFMA-suunnittelu pyrkii mahdollisimman edulliseen konstruktion tuotteen muitakaan ominaisuuksia unohtamatta.
Iteratiivinen	Samana asian toistamista halutun lopputuloksen saamiseksi.
Kolmipistenostolaite	Kolmipistenostolaite on yleinen liitännäsmalli traktorin ja työkonen välillä. Nostolaitteisiin kuuluu kaksi vetovartta ja yksi työntövarsi.
Modulaarinen	Tuote on jaettu moduuleihin tuotannossa valmistettaviin ja kokoonpantavien kokonaisuuksien perusteella. Nämä moduulit yhdistämällä saadaan modulaarinen rakenne.
Nollasarja	Ensimmäinen tuotantosarja, jolla testataan tuotannon toimivuutta.
Prototyyppi	Prototyyppi ei ole vielä lopullinen tuote, mutta sen avulla voidaan tutkia lopullisen, oikean tuotteen teknisiä ominaisuuksia, muotoja, materiaalia tai värejä.
SFS-EN 1325+A1	Tässä standardissa esitetään siirrettävien puuhakkureiden turvallisuusvaatimukset ja niiden todentaminen. Standardi on tarkoitettu puuhakkureiden suunnittelua ja rakentamista varten.

Top-down-suunnittelu Top-down-suunnittelussa lähdetään liikkeelle isoista kokonaisuuksista, joita sitten vähitellen pilkotaan pienempiin osiin.

VDI 2221 VDI 2221 on nelivaiheinen tuotekehitysmalli. Mallin vaiheet ovat: projektin käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely.

1 JOHDANTO

Hake on koneellisesti hakettua puuta, joka on otettu suoraan metsästä energia-käyttöön. Sitä käytetään kiinteistöjen puulämmityslaitteissa, maataloilla sekä lämpö- ja voimalaitoksissa. Haketta voidaan tehdä esimerkiksi nuorten metsien hoidossa kaadetuista pieniläpimittaisista puista, oksa- ja latvusmassasta, kannoista sekä runkopuusta, joka ei huonon laadun takia kelpaa puunjalostusteollisuuden raaka-aineeksi. (Motiva 2014.)

Karsitusta rankapuusta tehty hake on ominaisuuksiltaan paras vaihtoehto pienlämmityskohteiden käyttöön, koska laitteistojen toimivuuteen vaikuttaa merkittävästi hakkeen tasainen laatu. Pienkohteiden raaka-aineeksi soveltuu rankapuun lisäksi myös sahatuotteet sekä rumpuhakettu kokopuuhake. Suurissa lämpövoimaloissa voidaan edellä mainittujen raaka-aineiden lisäksi polttaa myös latvusmassasta ja kannoista tehtyä haketta. Suuremmissa laitoksissa syöttölaitteet eivät ole niin vaativia laadun suhteen. Laitoksille on kuitenkin parempi mitä tasalaatuisempaa hake ja sen palakoko ovat. (Bioenergianeuvoja 2017.) Edellä mainittujen asioiden vuoksi tarvitaan erilaisia hakkureita erilaatuisten raaka-aineiden haketukseen.

Tilastokeskuksen tietojen mukaan vuonna 2015 Suomen merkittävin energianlähde oli puupolttoaineet noin reilun neljänneksen osuudella kokonaiskulutuksesta. Tästä määrästä merkittävin puupolttoaine oli hake. Sen määrä kaikista polttoaineista oli noin 40 % eli 7,3 miljoonaa kuutiometriä. Kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukainen käyttötavoite vuonna 2020 on noin 13,5 miljoonaa kuutiometriä. (Luke 2016.)

1.1 Työn tausta

Yrityksen nykyinen pienen kokoluokan laikkahakkuri, mallimerkinnältään HJ-4 on suunniteltu vuosikymmeniä sitten, ja tämän koko ajan se on pysynyt lähes muuttumattomana. Tämän vuoksi se ei ole muotoilultaan ja ulkonäöltään yrityksen muun nykyisen malliston mukainen. Nykyisen hakkurin valmistuskustannukset ovat liian korkeat ja näin ollen myyntihinta ei ole kilpailukykyinen muiden valmistajien tuotteisiin nähden. Valmistettavuudessa on havaittu paljon epäkohtia, jotka ovat osasyynä

tuotteen korkeisiin valmistuskustannuksiin. Myös kokoonpantavuus on hankalaa ja aikaa vievää suuren osamäärän sekä hankalien paikoituskohteiden vuoksi. Uuden hakkurin suunnittelun taustalla on myös yrityksen tietoon tulleet asiakastarpeet erilaisen syöttölaitteiston toteutuksesta pieneen laikkahakkuriin. Nykyisestä hakkurista on kaksi mallia, jotka ovat M-malli (kuva 1) sekä G-malli (kuva 2). Mallien tekniset tiedot käyvät ilmi liitteestä 1.



Kuva 1. M-malli
(Katajamäki 2017).



Kuva 2. G-malli
(Katajamäki 2017).

1.2 Työn tavoitteet

Tämän työn tarkoituksena on suunnitella Junkkari Oy:lle uusi pienen kokoluokan laikkahakkuri. Uuden laikkahakkurin suunnittelussa tavoitteina ovat edullisemmat valmistuskustannukset ja näin ollen kilpailukykyisempi hinta. Nykyinen vinosyöttöinen syöttölaitteisto pitää muuttaa suorasyöttöiseksi siten, että syöttöaukkoon mahtuu läpimitaltaan 10 senttimetriä oleva puu. Tämän kokoinen syöttöaukko on ihan teellinen pienen kokoluokan hakkuriin. Syöttölaitteiston suunnittelussa tavoitteena on tehdä kaksi erilaista mallia, täysin käsisyöttöinen sekä syöttörullalla varustettu. Käsisyöttöinenmalli on hinnaltaan edullisempi ja soveltuu hyvin peruskäyttöön. Syöttörullallinen taas on hieman kalliimpi, mutta soveltuu myös hieman vaativampaankin käyttöön. Uusi malli muotoillaan samalla nykyaikaisemmaksi sekä yhtenäisemmäksi muun malliston sekä Junkkari Oy:n imagon kanssa.

1.3 Työn rakenne

Ensimmäisessä luvussa kerrotaan tämän työn tausta, tarkoitus ja tavoitteet. Näiden jälkeen esitellään yritys ja kerrotaan hieman sen tuotteista. Alussa kerrotaan myös eri hakkurityypeistä sekä niiden toiminnasta ja käyttötarkoituksista. Toisessa luvussa keskitytään kertomaan tuotekehityksestä ja siihen vaikuttavista asioista. Aluksi kerrotaan eri tuotekehitysmalleista sekä vertaillaan niitä hieman. Näistä malleista yksi käsitellään tarkemmin vaihe kerrallaan. Seuraavaksi kerrotaan myös teollisesta muotoilusta, valmistusystävällisestä suunnittelusta, rinnakkaissuunnittelusta ja kustannusten muodostumisesta sekä niiden arvioimisesta tuotekehitysprojektin aikana.

Luvussa kolme kerrotaan itse suunnittelutyön toteutuksesta, työhön käytetystä suunnitteluohjelmistosta ja sen kehittäneestä yrityksestä. Suunnitteluteorian lisäksi kerrotaan myös tuotteen piirustusten tekemisestä sekä valmistuksesta. Jokaisesta uuden koneen osa-alueesta selostetaan kohta kohdalta mitä on tehty, kuinka ja miksi. Suunnittelutyöstä kerrottaessa peilataan tehtyjä ratkaisuja asetettuihin tavoitteisiin sekä tuotekehityksen teoriaan. Osa-alueista kertomisen jälkeen esitellään lopullinen tuote. Luvun lopussa selostetaan myös koneen huollettavuudesta sekä siitä, miten se on huomioitu konetta suunniteltaessa. Neljäntenä ja työn viimeisenä lukuna on yhteenveto, jossa kerrataan työn tarkoitus ja tavoitteet sekä mitä työssä tehtiin. Lopussa myös esitellään mitä saatiin aikaan sekä pohditaan tehtyä työtä sekä prosessin aikana tehtyjä ratkaisuja.

1.4 Yritysesittely

Junkkari Oy on kotimainen maa- ja metsäkoneita valmistava yritys, joka suunnittelee, markkinoi ja valmistaa kylvämiseen, kuljetukseen sekä metsänhoitoon tarkoitettuja koneita (Junkkari, [viitattu 17.11.2016]). Yritys on toiminut Etelä-Pohjanmaalla, Kauhavan Ylihärmässä jo vuodesta 1950. Junkkari Oy on osa MSK Group Oy:tä, johon kuuluvat myös MSK Cabins Oy, MSK Plast Oy sekä Juncar Oy. (Junkkari, [viitattu 18.11.2016].)

Junkkari Oy:n toimintajärjestelmä perustuu laatu- ja ympäristöjärjestelmiin. Laatu-järjestelmä on tehty ISO 9001:2008-standardin vaatimusten mukaisesti sekä ympäristöjärjestelmä ISO 14001:2004-standardin mukaisesti. Toiminnan laadulla varmistetaan asiakaslähtöisten tuotteiden ja palveluiden korkea laatu, sekä taloudellisesti kannattava ja luontoa säästävä toiminta. Ympäristötavoitteena on toiminnasta aiheutuvien ympäristövaikutusten minimointi. (Junkkari, [viitattu 30.11.2016].)

Päätuotteita ovat kylvölannoittimet, kippivaunut, metsäkuormaimet, metsäperävau-
nut, hapottimet sekä laikkahakkurit (Junkkari, [viitattu 19.11.2016]). Pienemmän ko-
koluokan laikkahakkureita valmistetaan noin 250 kappaletta vuodessa. Näistä 90 %
menee vientiin ja 10 % kotimaahan. Suurimmat vientialueet ovat Norja, Etelä-Afrikka
ja Puola. (Kukkola 2016.)

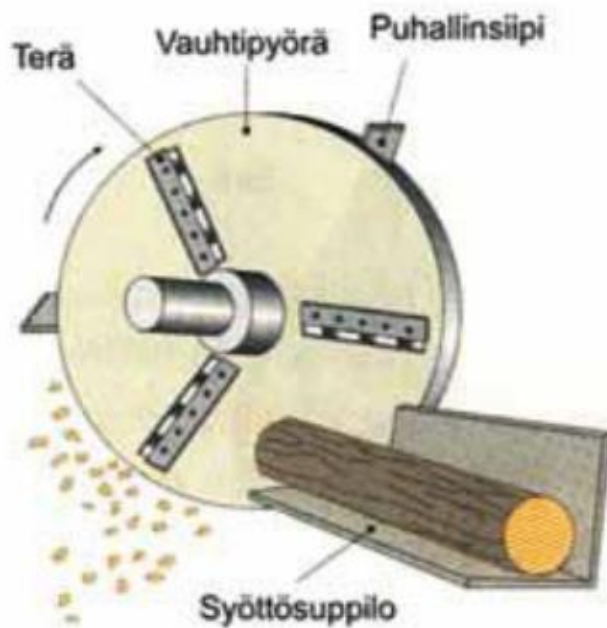
1.5 Hakkurityypit

Hakkurit ryhmitellään toimintaperiaatteidensa mukaan laikka-, rumpu-, ja ruuvihak-
kureihin. Laikka-, ja ruuvihakkurit soveltuvat käytettäväksi parhaiten käsiteltäessä
tasalaatuista raaka-ainetta, esimerkiksi kokopuu ja karsittu ranka. Rumpuhakkurit
eivät ole niin tarkkoja hakettavan raaka-aineen laadusta, joten ne soveltuvat lähes
kaikkien puuperäisten raaka-aineiden hakettamiseen. (Knuuttila 2003, 70.)

Hakkurit saavat käyttövoimansa joko hakkurissa olevalta itsenäiseltä moottorilta tai
hakkuria kuljettavan kuorma-auton tai traktorin moottorilta. Yleensä hakkureissa on
syöttölaitteisto, joka pysähtyy automaattisesti hakkurin kierrosluvun lasiessa. Tä-
män toiminnon ansiosta hakkuri ei tukehdu. Hakkuri on myös voitava pysäyttää tar-
vittaessa, sekä puut on voitava syöttää taaksepäin pois syöttörullilta. (Knuuttila
2003, 70.)

Laikkahakkuri on yleisin pienhakkurityyppi, koska se on hinnaltaan edullisin. Pie-
nissä laikkahakkureissa erillinen syöttölaite ei ole välttämätön, sillä hakkurin terät
vetävät leikatessaan puuta hakkurin sisään. Tämä on mahdollista syöttösuppilon
ansiosta, sillä se ohjaa puun sopivassa asennossa terälle. Laikkahakkureissa on
painava vauhtipyörä, johon on kiinnitetty säteen suuntaisesti 2–6 terää (kuvio 1).

Terärakenteensa takia se on todella herkkä kiville ja maa-aineksille. (Knuuttila 2003, 71.)

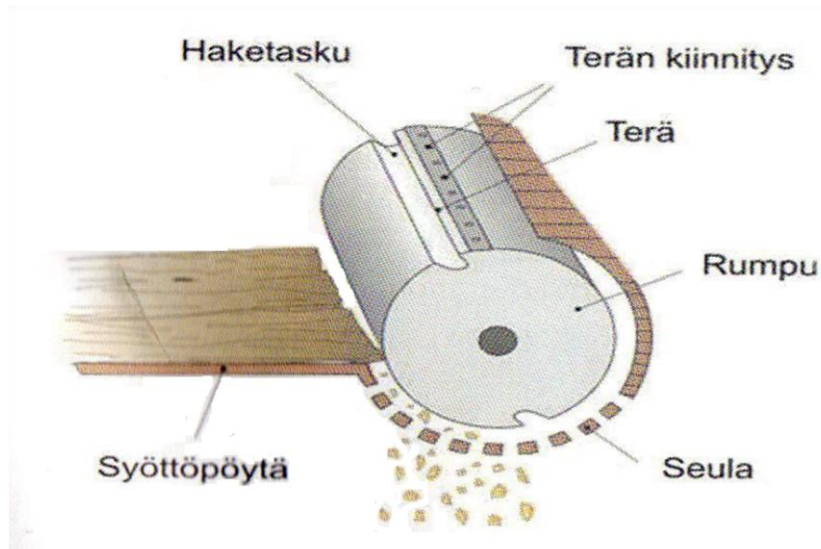


Kuvio 1. Laikkahakkurin toimintaperiaate (Knuuttila 2003, 71).

Suurissa laikkahakkureissa käytetään useasti syöttörullia haketuksen tehostukseen. Syöttörullien avulla pystytään myös tasaamaan moottorin kuormitusta, sekä parantamaan hakkeen laatua. Syöttörullien ansiosta syötettävä raaka-aine ei pääse karkaamaan terien ohi väärässä asennossa. Hakkeen palakokoa pystytään muuttamaan säätämällä terien etäisyyttä vastateristä. Hakkeen tasalaatuisuutta pystytään parantamaan lisäämällä hakkuriin erillinen risuterä. Haketuksen tuottavuus riippuu hakkurin ominaisuuksista, käytetystä raaka-aineesta, halutusta palakoosta sekä työskentelyolosuhteista. Haketuksen tuotto pienillä laikkahakkureilla on noin 2–8 kuutiota/tunnissa. (Knuuttila 2003, 71.)

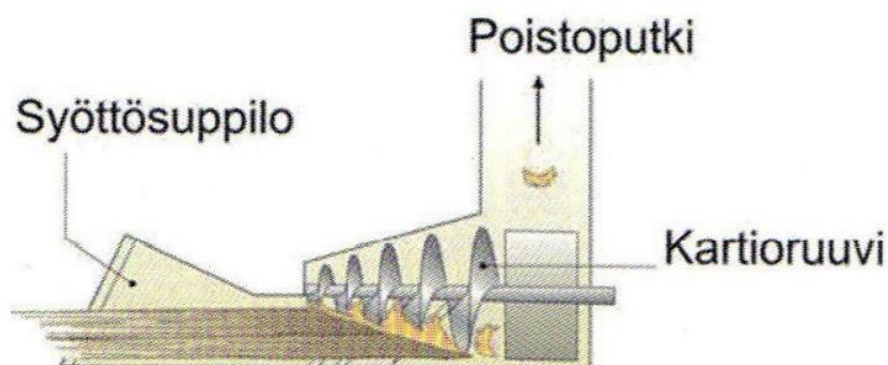
Rumpuhakkurit ovat laikkahakkureita kalliimpia, mutta niillä saadaan haketettua palakooltaan tasalaatuisempaa haketta kuin laikkahakkureilla. Rumpuhakkureita käytetään erityisesti, jos halutaan tuottaa suuria määriä haketta. Toimintaperiaateensa vuoksi ne soveltuvat kaikkien puhtaiden puuperäisten raaka-aineiden haketuksen. Rumpuhakkureiden lieriömäisen terärummun ulkokehällä on kiinnitettyä

2–20 terää (kuvio 2). Syöttöjärjestelmänä on joko yläosassa oleva piikkirulla ja alaosassa oleva ketjukuljetin tai vaihtoehtoisesti kaksi piikkirullaa tai kaksi telamattoa. Suurilla rumpuhakkureilla päästään noin 60 kuution tuntituotoksiin. (Knuuttila 2003, 71.)



Kuvio 2. Rumpuhakkurin toimintaperiaate (Knuuttila 2003, 71).

Ruuvihakkurissa on vaakatasossa pyörivä kartioruuviterä, joka vetää puun hakkuuriin, joten erillistä syöttölaitteistoa ei välttämättä tarvita (kuvio 3). Erilliset syöttölaitteet parantavat kuitenkin hakkurin tuottavuutta. Hakkurissa olevan suuren ja painavan vauhtipyörän tehtävä on tasata moottorin rasiutusta. Ruuvihakkurissa on vähän kuluvia osia, joten huoltotarve on vähäinen ja hakkuri on toimintavarma. Se soveltuu parhaiten karsitun rangan ja sahauspintojen haketukseen. Suurilla ruuvihakkureilla tuntituotokset ovat noin 40–80 kuutiota. (Knuuttila 2003, 72.)



Kuvio 3. Ruuvihakkurin toiminta (Knuuttila 2003, 72).

2 TUOTEKEHITYS

Tuotekehitys on teollisen toiminnan keskeinen ja vaativa osio. Uuden tuotteen kehittämiseen osallistuvalla ryhmällä vaaditaan yhteistyökykyä, tuotekehitysprojektin hallintaa, omien erityisalueidensa osaamista sekä tiedon jalostamista tuotteeksi, joka täyttää markkinoiden tarpeet. (Välimaa ym. 1994, 7.)

Onnistunut tuotekehitystoiminta on yksi keskeisimmistä asioista yrityksen menestymisen kannalta. Tuotekehityksestä on huolehdittava jatkuvasti. Muuten ennen pitkään tuotteet ovat vanhentuneita, jolloin myynti vähenee ja viimein loppuu kokonaan. Tuotteen elinikä eli aika, jolloin tuotetta valmistetaan ja myydään, vaihtelee usein paljonkin. Tämä aika on yleensä muotitavaroilla lyhyt, kun taas teollisuuden investointitavaroilla se on huomattavasti pidempi. (Jokinen 2001, 9.)

Tuotekehityksen tavoitteena voi olla täysin uuden tuotteen suunnitteleminen tai nykyisen tuotteen kehittäminen niin, että tuotteesta tulee teknisesti nykyistä parempi ja valmistuskustannuksiltaan halvempi. Tuotekehitys on monivaiheinen prosessi, johon kuuluu (Jokinen 2001, 9)

- tuoteidean etsiminen
- tuotekehityshankkeen käynnistämiseen tarvittavien tietojen selvittäminen
- varsinaisen tuotteen luonnostelu
- yksityiskohtainen suunnittelu
- optimointi
- työpiirustusten tekeminen
- käyttöohjeiden tekeminen.

Tuotekehityksessä on alettu kiinnittää entistä enemmän huomiota myös tuotteen ulkoasuun, käyttäjäliikeyntään sekä valmistettavuuteen. Pelkästään tuotteen tekniset ominaisuudet eivät enää riitä, vaan valmistus, käytettävyys, ergonomia ja ulkonäkö ovat merkittäviä kilpailutekijöitä. (Välimaa ym. 1994, 7.)

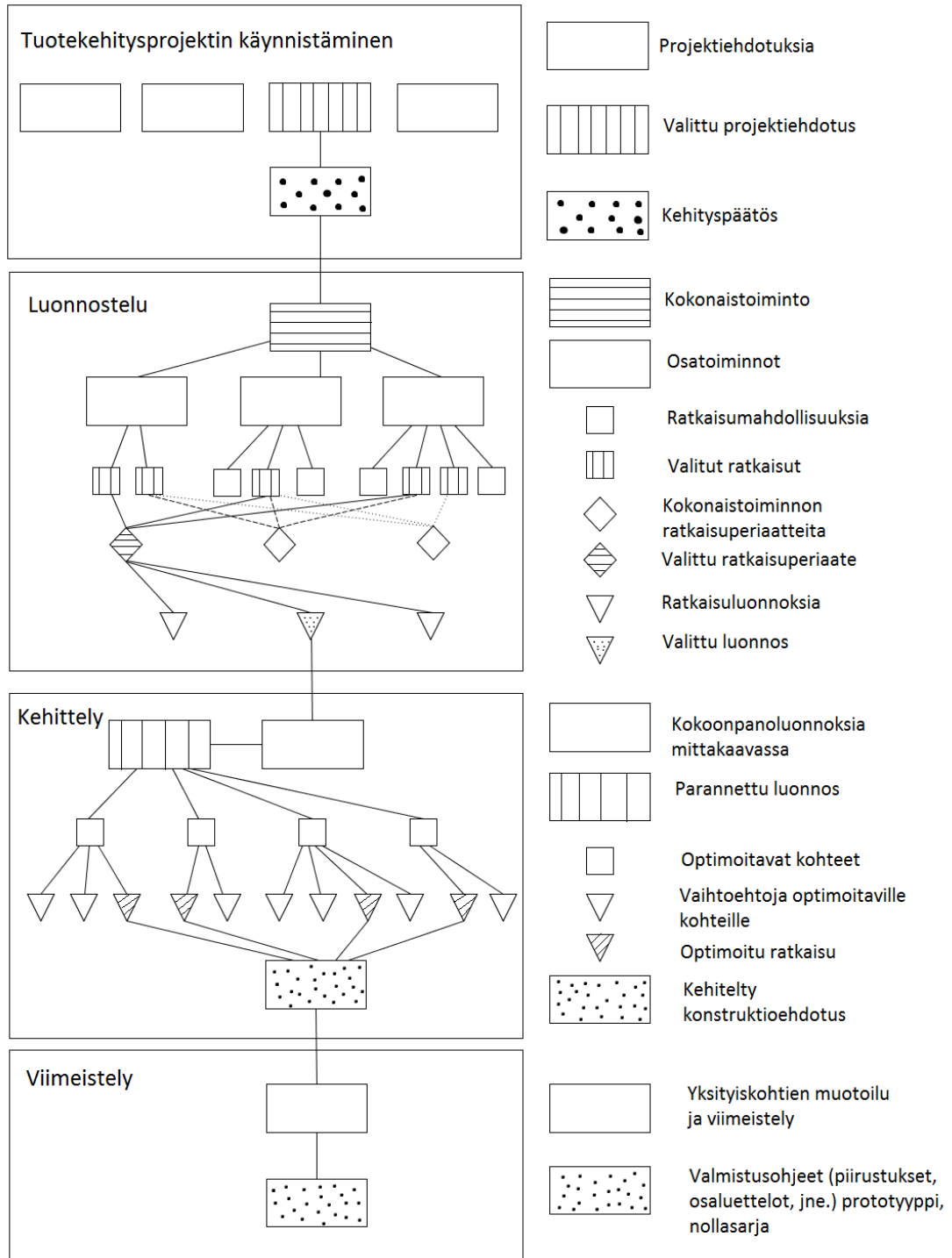
Tuotekehitystoiminnan onnistumisen edellytyksenä on, että toiminnassa on käytävissä tarvittava osaaminen sekä rahaa kaikkia osa-alueita ajatellen. Mitä kokonaisvaltaisemmin tuotekehitysprojektiin osallistuvat henkilöt hallitsevat asian, sitä

parempiin lopputuloksiin päästään. Tuotekehityksen lisäksi on tunnettava markkinointia, valmistusteknologiaa, ymmärrettävä teollisen muotoilun merkitys ja omattava kokonaisvaltainen liiketaloudellinen ajattelu. Vaikka käytännön kehitystyö sisältää paljon yksilötyöskentelyä, on tuotekehitystyö aina ryhmätyötä. (Välimaa ym. 1994, 8.)

2.1 Tuotekehityksen työvaiheet

Tuotekehityksen työvaiheista on olemassa useita eri tuotekehitysmalleja. Näistä tunnetuimpia ja käytetyimpiä ovat Ulrichin ja Eppingerin tuotekehitysprosessi, Pahlin ja Beitzin koneen suunnitteluoppi, suunnitteluohje VDI 2221, Cooperin Gate-malli sekä Andreasenin ja Heinin integroitu tuotekehitysmalli. (Sirkka 2015.)

Ulrichin ja Eppingerin malli on kuusivaiheinen. Nämä vaiheet ovat suunnittelu, konseptin kehitys, järjestelmätason suunnittelu, yksityiskohtien suunnittelu, testaaminen ja viimeistely. Tämä malli huomioi tuotteen suunnittelun tarkasti, mutta mallissa ei määritellä tuotekehitysvaiheille mitään tarkasteluja. Pahlin ja Beitzin mallissa prosessi jakaantuu neljään vaiheeseen, joita ovat tehtävän rajausta ja tarkennus, ideointivaihe ja tuotekonseptin laadinta, luonnostelu- sekä viimeistelyvaihe. Suunnitteluohjeessa VDI 2221 prosessi on jaettu myöskin neljään vaiheeseen, jotka ovat tehtävänasettelu, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Tässä mallissa määritellään suunnitteluprosessi, mutta ei niinkään oteta kantaa esimerkiksi asiakasrajapintaan ja liiketoimintaan. Cooperin malli on jaoteltu viiteen vaiheeseen. Vaiheet ovat idean arviointi ja kartoitus, liiketoiminnan suunnittelu ja tarkennus, tuotteen suunnittelu ja kehittäminen, testaaminen ja varmennus sekä lanseeraus. Andreasenin ja Heinin malli jakaantuu kuuteen vaiheeseen, joita ovat tarpeen tunnistus, tarpeen tutkinta, tarpeen määrittely, tuotteen suunnittelu, tuotannon valmisteleminen sekä toteutus. Vaikka tuotekehitysmalleja on useita ja niissä on eroja, voidaan tuotekehitysprojekti jakaa neljään toimintavaiheeseen: käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. (Sirkka 2015.) Jokisen (2001, 14) mukaan nämä toimintavaiheet etenevät kuvion 4 mukaisesti.



Kuvio 4. Tuotekehitysprojektin toimintavaiheet (Jokinen 2001, 16).

Yrityksen menestyksen kannalta on hyvin oleellista käynnistää oikeita tuotekehitysprojekteja. Ennen tuotekehitysprojektin lopullista toteuttamispäätöstä on huolellisesti selvitettävä uuden tuotteen kehittämiskustannukset, markkinointinäkyvät,

saatavat tuotot ja työterveydelliset sekä ympäristönsuojelulliset kysymykset. Myönteisessä tapauksessa päädytään kehityspäätökseen. (Jokinen 2001, 14.)

Varsinaiseen tuotekehitystyöhön osallistuu vain osa kehityspäätöstä valmistelleista henkilöistä. Tämän vuoksi luonnosteluvaihe aloitetaan tehtävän analysoinnilla. Kehityspäätöksestä lähtien uudelle tuotteelle laaditaan asetettavat vaatimukset ja tavoitteet. Vaatimusten listaamisen jälkeen luonnostelussa siirrytään ratkaisumahdollisuuksien etsintään. Työ on hyvä aloittaa tehtävän yleistämällä, että päästäisiin irti mahdollisista ennakkokäsityksistä. Myös tehtävän olennaiset ongelmat sekä kokonaistoiminto pyritään selvittämään yleistämisvaiheessa. Tämän jälkeen kokonaistoiminto jaetaan osatoimintoihin joille etsitään ratkaisumahdollisuuksia käyttäen hyväksi ideointimenetelmiä. (Jokinen 2001, 15.)

Teknisten ja taloudellisten näkökohtien avulla osatoimintojen ratkaisuista valitaan parhaimmat ja niitä yhdistelemällä etsitään kokonaistoiminnon ratkaisuperiaatteita. Ratkaisuperiaatteiden vaihtoehdot arvostellaan vaatimuslistan perusteella. Näistä yksi tai useampi kehitetään konkreettiseksi luonnokseksi niin, että on suoritettavissa riittävän luotettava tekninen ja taloudellinen arvostelu. Tästä saadaan tulokseksi yksi tai useampi ratkaisuluonnos. Aika- ja kustannussyistä ratkaisuluonnokset on arvosteltava huolella parhaimman löytämiseksi, joka toteutetaan lopulliseksi tuotteeksi. (Jokinen 2001, 15.)

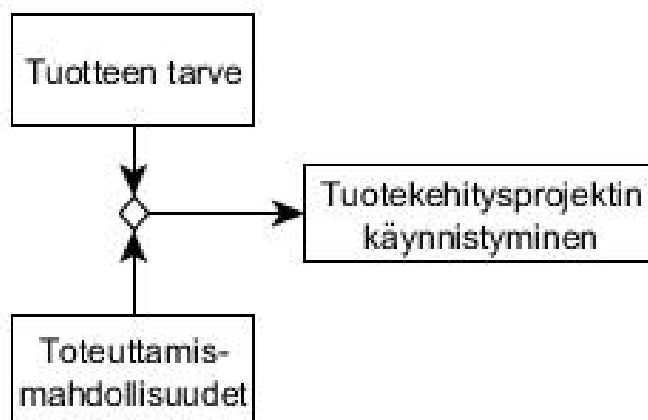
Kokoonpanoluonnoksen laatiminen valitusta ratkaisusta aloittaa kehittelyvaiheen. Tässä vaiheessa yleensä huomataan tekniset ja taloudelliset heikot kohdat, jotka pyritään poistamaan ideoinnilla. Näin saadaan tulokseksi parannettu mittakaavainen suunnitelma. Jos kehitettävänä oleva tuote on yrityksen toiminnan kannalta merkittävä, etsitään tuotteesta osat, jotka vaikuttavat oleellisimmin valmistuskustannuksiin ja teknisiin ominaisuuksiin ja nämä osat optimoidaan. Optimointitapahtumassa selvitetään vaihtoehtoiset raaka-aineet, edullisin rakenne ja niin edelleen. Kun on saatu suunnitelluksi kaikki asetetut vaatimukset täyttävä konstruktio, on tuloksena kehitetty konstruktioehdotus ja kehitysvaihe on päättynyt. (Jokinen 2001, 15.)

Konstruktio viimeistely suoritetaan tuotekehitystapahtuman viimeisenä vaiheena. Tässä vaiheessa piirretään työpiirustukset, laaditaan osaluettelot, käyttö- ja huolto-

ohjeet ja niin edelleen. Konstruktion yksityiskohdat saavat tässä vaiheessa lopullisen muotonsa. Tuotteista, jotka tulevat sarjavalmistukseen, valmistetaan yleensä prototyyppi. Prototyypin avulla tutkitaan ja tarkastetaan, että konstruktion ominaisuudet vastaavat asetettuja vaatimuksia. Prototyypin valmistuksen jälkeen voidaan valmistaa vielä nollasarja. Nollasarjan valmistuksella testataan suunniteltuja valmistusmenetelmiä ja voidaan saada lisää tietoa uuden tuotteen ominaisuuksista. (Jokinen 2001, 17.)

2.1.1 Tuotekehitysprojektin käynnistäminen

Perusedellytyksenä uuden tuotekehitysprojektin käynnistämiseksi on, että on olemassa tarve ja mielikuva sen toteuttamismahdollisuudesta (kuvio 5). Vakavasti otettavia tuotekehitysprojekteja ei voida käynnistää pelkästä tarpeesta ilman toteuttamismahdollisuuksia. (Jokinen 2001, 17.)



Kuvio 5. Tuotekehitysprojektin käynnistyminen (Jokinen 2001, 18).

Tuotekehitysprojektin tarpeen sekä toteuttamismahdollisuuden huomaaminen voi tapahtua joko sattumalta tai systemaattisen hakutoiminnan tuloksena. Vaikka sattumat saattaisivatkin johtaa kannattaviin tuoteideoihin, ei tuotekehitystä voida jättää pelkästään sattumien varaan, vaan uusien tuoteideoiden etsintä pitää olla organisoitua ja systemaattista. Ideoiden syntymiseksi tarvitaan tietoja sekä itse yrityksestä, että sen ulkopuolelta. Yrityksen sisältä tarvittavia tietoja ovat esimerkiksi käy-

tettävissä olevat henkilöt, valmistusmahdollisuudet, taloudelliset asiat sekä patenttiasiat. Ulkopuolelta tarvittavia tietoja ovat puolestaan markkina-analyysit, asiakaskyselyt, kilpailijoiden tuotteiden analyysit sekä yleiset tekniikan kehityssuunnitteet. (Jokinen 2001, 20.)

Tuoteideoiden etsimisessä keskitytään niihin tuotealueisiin, joilla yrityksen mahdollisuudet menestyä ovat parhaimmat. Aiemmin mainittujen yrityksen sisäisten ja ulkoisten tietojen sekä yritysperiaatteiden analysoinnin avulla voidaan selvittää kannattavimmat tuotealueet. Löydetyistä tuoteideista tehdään kehitysehdotus, joka pitää sisällään kehitettävän tuotteen kuvauksen, tekniset vaatimukset, taloudelliset vaatimukset, käytettävissä olevat resurssit sekä aikataulun. Kaikkien edellä mainittujen tietojen pohjalta tehdään kehityspäätös ja aloitetaan idean luonnostelu. (Jokinen 2001, 21.)

2.1.2 Luonnostelu

Tuotekehitysprosessin luonnosteluvaiheessa tehdään erilaisia ratkaisuluonnoksia kehitettävästä tuotteesta. Tässä vaiheessa ei vielä piirretä yksityiskohtaisia mitta-kaavassa olevia kuvia, vaan kuvat ovat ratkaisuperiaatteita selventäviä. Erilaiset luovaan insinööriyön tekemiseen soveltuvat ideointimenetelmät ovat luonnosteluvaiheen tärkeimmät työmenetelmät. (Jokinen 2001, 21.)

Luonnostelussa käytetään samoja työvaiheita kuin mitä päätöksenteossa tai ongelman ratkaisemisessa. Näitä varten on laadittu useita menetelmiä, jotka eroavat toisistaan lähinnä yksityiskohdissa sekä eri työvaiheiden keskinäisessä painotuksessa. Kuviossa 6 on esitetty luonnostelun työvaiheet. (Jokinen 2001, 22.)



Kuvio 6. Luonnostelun vaiheet
(Jokinen 2001, 22).

Yleensä kehityspäätöksessä ei ole saatu kerättyä kaikkia niitä tietoja, joita luonnostelussa tarvitaan. Tämän vuoksi luonnostelu alkaa tehtävän analysoinnilla. Tässä vaiheessa kehityspäätös käydään uudestaan läpi ja pyritään löytämään ongelman ydin, kirjoittamattomat toiveet ja odotukset sekä tehtävän rajoitukset. Analysoinnin aikana on myös syytä selvittää asiakasvaatimukset, vastaavien tuotteiden heikot kohdat sekä tuotealueen standardit. (Jokinen 2001, 23.)

Seuraavana vaiheena on tavoitteiden ja vaatimusten asettaminen. Hyviä tuloksia tavoitellessa on myös tavoitteet asetettava korkealle. Tavoitteita voi olla hyvinkin paljon. Eri ihmiset painottavat eri asioita, jotka ovat heidän kokemuksensa mukaan

tärkeitä. Esimerkiksi suunnittelijat painottavat useasti teknisiä ominaisuuksia, valistuspuolen henkilöt valmistuksen helppoutta, myyntihenkilöt hintaa ja niin edelleen. Jokisen (2001, 29) mukaan arvioitaessa tavoitteiden tasapainoisuutta tulee esiin

- suorituskkyky
- hinta
- huolto
- turvallisuus
- ulkonäkö
- kehityskustannukset
- riskit.

Kun kehitettävä tuote on analysoitu ja sille on asetettu vaatimukset ja tavoitteet, aloitetaan ratkaisujen etsiminen. Kehitystyön valmistelu on voinut muodostaa kehitystyöhön osallistujille ennakkokäsityksiä, jotka vaikeuttavat vapaata ideointia. Tämän vuoksi ratkaisujen etsiminen on hyvä aloittaa tehtävän yleistämällä. Esimerkki yleistämisestä: Tavoitteena on kehittää kuljetinta käyttävä 50 kW, 380 V oikosulkumoottori. Yleistämällä tehtävä voidaan se muotoilla näin: Suunnittele kuljetin käyttömoottori. Yleistämistä ei kannata kuitenkaan viedä liian pitkälle, ettei ongelma laajene liikaa. (Jokinen 2001, 30.)

Tuotteiden pitää täyttää jokin määritelty toiminto asetettujen reunaehtojen mukaisesti. Toiminto voidaan määritellä toimintokuvauksella, joka ilmoitetaan kahdella tai kolmella sanalla, esimerkiksi himmentää valot, pestä astiat tai nostaa kuorma. On huomattu, että tällainen toimintoajattelu helpottaa uusien ratkaisujen löytämistä. Kokonaistoiminnon ollessa monimutkainen, voidaan se jakaa osatoiminnoiksi ja etsiä ensin ratkaisu näille. (Jokinen 2001, 31.)

Osatoiminnoille löydetyt ratkaisumahdollisuudet arvostellaan käyttäen kriteereinä asetettuja tavoitteita sekä vaatimuksia. Arvostelussa huonot vaihtoehdot karsiintuvat pois ja vain parhaat jäävät jäljelle. Karsinnan jälkeen osatoimintoja yhdistelemällä etsitään ratkaisuja kokonaistoimintoon. (Jokinen 2001, 73.)

Kokonaistoimintojen ratkaisuperiaatteet kehitetään ratkaisuluonnokseksi. Löydettyjen ratkaisuperiaatteiden kehittämisessä suunnittelutyö muuttuu laskennallisemmaksi

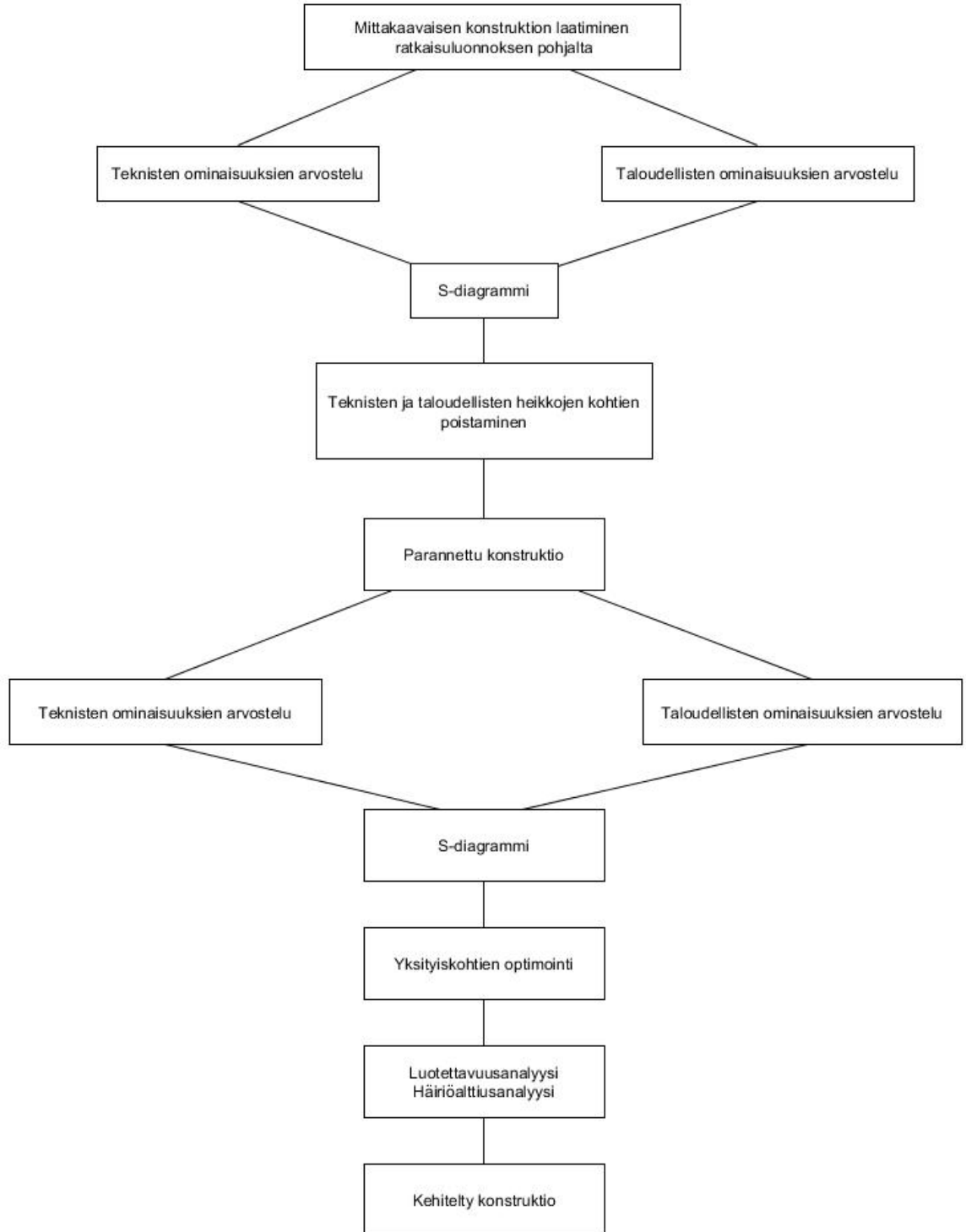
sekä se sisältää enemmän kokeita. Jokisen (2001, 75) mukaan käydään läpi seuraavia työvaiheita ja tehtäviä:

- Ratkaisulle etsitään matemaattiset lainalaisuudet, joiden avulla voidaan selvittää ratkaisujen staattiset sekä dynaamiset ominaisuudet.
- Tehdään karkeassa mittakaavassa olevia luonnoksia ja määritellään karkeasti esimerkiksi tilantarve, paino ja mahdolliset muodot.
- Tehdään kokeita ominaisuuksien määrittämiseksi.
- Selvitetään raaka-ainevaihtoehtoja, valmistustekniikkaa sekä alihankintamahdollisuuksia.

Ratkaisuluonnoksia tehdään käytännössä niin pitkälle, että niiden hyvät sekä huonot puolet ovat arvioitavissa ja laskettavissa niin teknisesti kuin taloudellisestikin. Ratkaisuluonnosten arvostelu ja testaaminen sekä lopulta parhaimman luonnoksen valinta päättävät luonnosteluvaiheen. Luonnosteluvaiheessa valittu luonnos on vielä periaatteellinen, eikä siitä ole tehty mittakaavassa olevia kokoonpano- ja osapiirustuksia. (Jokinen 2001, 89.)

2.1.3 Kehittely

Kehittelyvaiheessa tuotteen yksityiskohdat suunnitellaan teknisten ja taloudellisten näkökantojen mukaisesti niin, että työpiirustukset sekä osaluettelot ovat helposti tehtävissä viimeistelyvaiheen aikana. Kehittelyn lähtökohtana on aiemmin valittu ratkaisuluonnos, josta tehdään mittakaavainen konstruktio. Aluksi on myös hyvä kerrata tuotteelle asetetut vaatimukset sekä tavoitteet. Kehittelyvaiheen eteneminen on esitetty kuviossa 7. (Jokinen 2001, 90.)



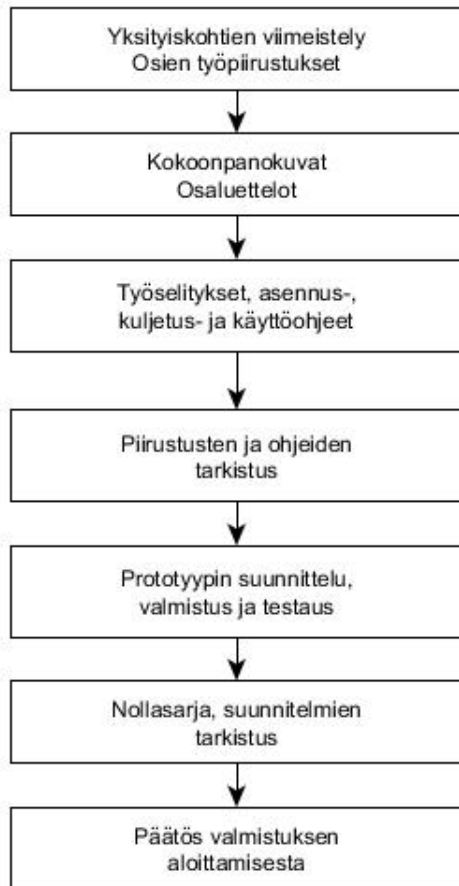
Kuvio 7. Kehittelyn vaiheet
(Jokinen 2001, 92).

Suunniteltu luonnos arvostellaan teknisten ja taloudellisten kriteereiden mukaisesti, jos vastaava tuote on jo olemassa, vertaillaan näitä kriteereitä keskenään. Tämä vertailu onnistuu parhaiten s-diagrammin avulla. Arvostelun ja vertailun avulla löydetään mahdolliset tekniset sekä taloudelliset heikot kohdat, jotka pyritään poistamaan seuraavassa vaiheessa. (Jokinen 2001, 90.)

Heikkoja kohtia voidaan yrittää poistaa kehittämällä uusia ratkaisumahdollisuuksia tai suunnittelemalla ongelmalliset kohdat uudelleen. Tämän vaiheen suorituksen seurauksena on saatu parannettu konstruktio, joka arvostellaan uudestaan teknisten ja taloudellisten seikkojen mukaisesti. Tästä saatuja tuloksia verrataan aiempiin konstruktioihin s-diagrammin avulla. Jos tulos ei ole vielä riittävän hyvä, uusien ratkaisumahdollisuuksien kehittelyä jatketaan kunnes tulokseen ollaan tyytyväisiä. Heikkojen kohtien poistamisen jälkeen työtä jatketaan yksityiskohtien suunnittelulla. Tässä vaiheessa etsitään kohteita, joiden optimoinnilla saatetaan saada vielä parannettua konstruktion arvoa. Tässä vaiheessa toteutetaan myös luotettavuus- sekä häiriöalttiusanalyysi, joiden avulla todetaan tuotteen toimintavarmuus. Kehittelyvaihe päättyy vahvistuspäätökseen. (Jokinen 2001, 91.)

2.1.4 Viimeistely

Viimeistely on työvaihe, jossa kehitellystä konstruktiosta tehdään kaikki tuotteen valmistamiseen ja käyttöön tarvittavat dokumentit, esimerkiksi työpiirustukset, työselitykset sekä asennus- ja käyttöohjeet. Viimeistelyvaiheessa päätetään lopullisesti käytettävistä raaka-aineista, valmistustavoista, toleransseista, pintakäsittelystä ja niin edelleen. Halvoista sekä sarjavalmistukseen tulevista tuotteista tehdään prototyyppi ja nollasarja. Kalliista tuotteista ei välttämättä ole mahdollista valmistaa prototyyppiä, mutta tehtyjen ratkaisujen oikeellisuus voidaan todentaa tekemällä pienoismalleja. Viimeistely etenee kuvion 8 mukaisesti. (Jokinen 2001, 96.)



Kuvio 8. Viimeistelyn työvaiheet
(Jokinen 2001, 97).

Ensimmäinen vaihe on yksityiskohtien viimeistely. Tässä vaiheessa ratkaistaan miten osat valmistetaan, ottaen huomioon saatavissa olevat standardiosat, käytettävissä olevat raaka-aineet ja koneet, tarvittavat ja mahdolliset toleranssit sekä sovitteet. Tässä vaiheessa tehdään myös osien työpiirustukset. (Jokinen 2001, 96.)

Valmistettavista osista muodostetaan rakenneryhmät, joita varten laaditaan kokoonpanokuvat sekä osaluettelot. Rakenneryhmien kokoaminen on riippuvainen tuotteesta, halutusta osien valmistusjärjestyksestä ja -aikataulusta sekä asennus- ja kuljetuskysymyksistä. Näitä osa- ja kokoonpanopiirustuksia täydentävät työselitykset. On hyvin tärkeää, että ennen valmistuksen aloittamista piirustusten, osaluetteloiden ja ohjeiden tarkistetaan olevan standardien mukaisia, yksinkertaisia sekä valmistusystävällisiä. (Jokinen 2001, 97.)

Edellä mainittuja työvaiheita ei tehdä täydellisesti, mikäli tuotteesta valmistetaan prototyyppi, vaan ne tarkistetaan ja täydennetään sen testaamisen jälkeen. Prototyyppivaiheeseen sisältyy sen suunnittelu, valmistaminen, testaaminen, sekä tulosten analysointi ja suunnitelmien tarkastaminen. Kuviossa 8 prototyyppivaihe on viimeistelyn jälkeen, mutta näin ei välttämättä kuitenkaan ole käytännössä. Projektista riippuen se voidaan valmistaa ennen kuin varsinaisia työpiirustuksia on tehty. (Jokinen 2001, 98.)

Prototyyppivaiheen jälkeen voidaan vielä valmistaa nollasarja. Sen tarkoituksena on tutkia ja testata valmistusmenetelmiä, joita on tarkoitus käyttää tuotteen sarjavalmistuksessa. Lisäksi nollasarjasta saa tietoa valmistuskustannuksista sekä tuotteen teknisistä ominaisuuksista. Sarjan suuruudet riippuvat valmistettavan tuotteen yksikköhinnasta. Tuotekehitystyö ei pääty kokonaan tuotannon alkaessa, vaan tuotetta on kehitettävä jatkuvasti sen kilpailukyvyn ylläpitämiseksi mahdollisimman pitkään. (Jokinen 2001, 99.)

2.2 Teollinen muotoilu

Uuden tuotteen suunnittelussa on teknisten seikkojen lisäksi otettava huomioon myös sen ulkoasu ja käytettävyys. Jotkin tuotteet voivat olla teknisesti niin samankaltaisia, että kilpailijoista erottautuminen voidaan toteuttaa ainoastaan muotoilun avulla. Hietikko (2008, 142.) listaa viisi teollisen muotoilun keskeisintä periaatetta:

- Käyttöliittymän avulla toteutetaan käyttäjän ja tuotteen välistä vuorovaikutusta. Käyttöliittymän pitää olla turvallinen ja helppokäyttöinen, se voi olla esimerkiksi käyttöpaneeli, käyttökahva tai näppäimistö.
- Tuotteen geometrinen muoto, osien suhteet ja värit on yhdistetty sopivaksi kokonaisuudeksi.
- Tuotteesta on helposti nähtävillä huolto- ja korjauskohteet.
- Tuotantomenetelmät määräytyvät muotojen ja piirteiden perusteella, tämän vuoksi niiden kustannuksiin täytyy kiinnittää paljon huomioita.
- Teollinen muotoilu on oltava osana kehitysprosessia.

Teollisen muotoilun ollessa tärkeä osa tuotteen kilpailukykyä, tulisi se myös ottaa vakavasti sekä tehtävä ammattimaisesti. Joillain yrityksillä voi olla omia muotoilijoita, mutta monesti muotoilija tilataan alihankkijalta. (Välimaa ym. 1994, 69.)

2.2.1 Tuotteen ulkonäkö

Kaikkien yritysten on jatkuvasti kehitettävä kilpailuvalmiuksiaan saavuttaakseen vaakaan aseman markkinoilla. Yrityksen on pystyttävä kehittämään ja lujittamaan julkista kuvaansa luodakseen itsestään ymmärrettävän yrityskuvan eli imagon. Imago tarkoittaa yrityksen sidosryhmien siitä muodostamaa mielikuvaa. Yrityksen tuote on sen toiminnan konkreettinen tulos, joka on tarkoitettu asiakkaalle. Tuote muodostaa rajapinnan yrityksen ja asiakkaan välille. Rajapinnassa asiakkaan tarpeet ja yrityksen ratkaisut kohtaavat. Tuote on fyysisten ominaisuuksien sekä mielikuvien muodostama kokonaisuus, josta asiakas muodostaa käsityksensä yrityksestä. Tämän vuoksi tuotteen tulisi olla yrityksen imagon mukainen. (Hietikko 2008, 141.)

Tuotteen ulkonäkö on asia, joka viestittää ihmisille useita asioita. Ulkonäkö voi saada tuotteen näyttämään halvalta tai kalliilta. Se voi kuvastaa tuotteen hyvää laatua, kestävyyttä tai jopa viestiä tuotteen helppokäyttöisyydestä tai monimutkaisuudesta. Tuotteen ulkonäöstä syntyvän viestin ollessa ristiriidassa tuotteen ominaisuuksien kanssa, voi ostajalle syntyä ristiriitaisia tunteita tuotetta kohtaan. Esimerkiksi jos tuotetta väitetään laadukkaaksi, tulisi sen myös näyttää laadukkaalta. (Välimaa ym. 1994, 70.)

2.2.2 Tuotteen käyttäjäliiityntä

Tuotteen käyttäjäliiitynnällä tarkoitetaan, että onko tuote helppo- ja selkeäkäyttöinen sekä miten hyvin tekniikka toimii käyttäjän ehdoin. Käyttäjäliiityntä on jokaisella tuotteella, jota käytetään jollain tavalla. Sen suunnittelun tulisikin lähteä käyttäjästä eikä tekniikasta, sillä jos käyttäjäliiityntä tehdään suurelta osin tekniikan ehdoilla, lopputulos voi olla hyvin epämiellyttävä käyttäjälle. (Välimaa ym. 1994, 71.) Työkoneissa on erityisen tärkeää olla käyttäjäliiityntä, joka on käyttäjää helpottava, turvallinen ja

ergonominen. Hyvän käyttäjäliittynän avulla koneen hallinta ja työtehtävän suorittaminen on tehokasta. (Tekes 2008, 18.)

2.3 DFM

DFM tulee sanoista Design for Manufacturing eli valmistusystävällinen suunnittelu. Siinä pyritään ottamaan huomioon tuotteen osien valmistettavuuteen vaikuttavat asiat. (Laakko ym. 1998, 186.) Kun suunnittelija suunnittelee tuotteen DFM-periaatteiden mukaisesti, kiinnittyy suunnittelijan huomio myös valmistuksen vaatimuksiin. Tämä liittyy markkinoinnin, suunnittelun ja tuotannon tekemään yhteistyöhön koko tuotteen elinkaaren ajan. Pohjana uuden tuotteen suunnittelulle voi olla esimerkiksi vanha tuote, jonka analysoinnin avulla yritetään löytää optimaalinen DFM-konsepti, jonka perusteella uusi tuote voidaan suunnitella ja toteuttaa. Analyysin täytyy pohjautua tarkkaan määriteltyihin tavoitteisiin, joissa on huomioitu asiakkaiden vaatimukset sekä käytettävissä olevat tuotantoteknologiat. (Hietikko 2008, 154.)

Valmistusprosessin aikaiset kustannukset voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään: osien valmistuksesta aiheutuvat kustannukset, kokoonpanosta aiheutuvat kustannukset ja yrityksen toiminnasta aiheutuvat kustannukset. DFM-suunnittelun aikana pyritään vähentämään tuotteen osien määrää sekä kokoonpanosta ja tukiorganisaatiosta aiheutuvia kustannuksia. Prosessin jälkeen parannetun konstruktion valmistuskustannukset määritellään uudelleen ja prosessi toistetaan tarvittaessa. (Laakko ym. 1998, 186.)

Tuotteen osien valmistuksesta aiheutuvien kustannusten vähentäminen perustuu valmistusprosessin ymmärtämiseen sekä standardointiin. Vaikeita erikoistyövaiheita vaativat tarpeettomat yksityiskohdat sekä tuotteen toiminnan kannalta tarpeettoman tiukat toleranssit ovat tavanomaisia valmistusprosessin ymmärtämättömyydestä aiheutuvia kustannuksia. Esimerkiksi näkymättömiin jäävien osien ei tarvitse olla niin viimeisteltyjä kuin näkyvien osien. Standardointi on tehokas keino valmistuskustannusten vähentämiseksi. Sen avulla pystytään kasvattamaan sarjoja, käyttämään tehokkaampia valmistusmenetelmiä sekä karsimaan työkaluista aiheutuvia kustannuksia. Hyvä yleissääntö on, että tuotteen valmistukseen kannattaa käyttää mahdollisimman vähän työvaiheita. Tuotteen sarjakoko määrittelee pitkälti tuotteen

oikean valmistusmenetelmän valinnan. Pienissä sarjoissa korostuvat menetelmät, joissa työkalujen sekä työvälineiden kiinteät kustannukset ovat pieniä. Suurissa sarjoissa tulevat kannattavammiksi tehokkaammat menetelmät, jotka toki vaativat suurempia investointeja. (Laakko ym. 1998, 187.)

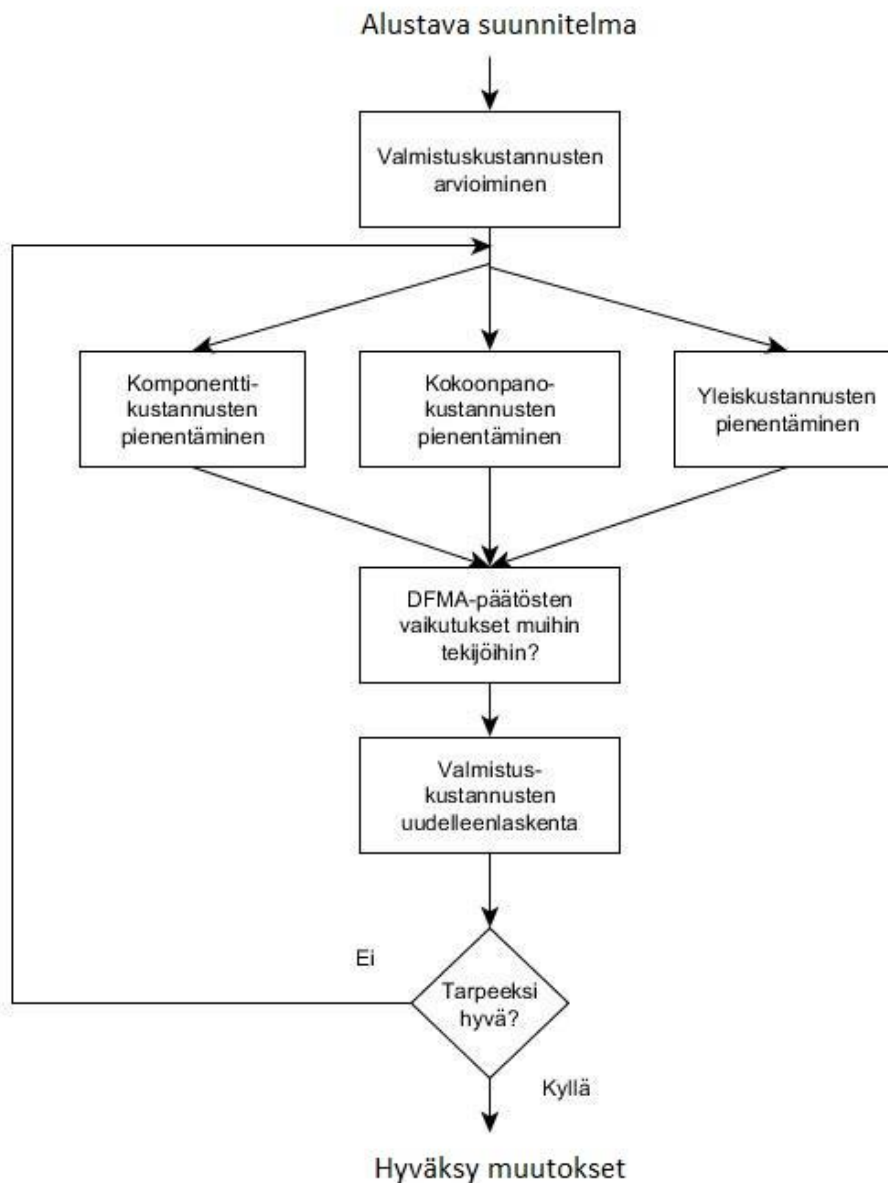
2.4 DFA

DFA tulee sanoista Design for Assembly eli kokoonpanoystävällinen suunnittelu. DFA-suunnittelulla pyritään vähentämään kustannuksia, jotka aiheutuvat osien kokoonpanosta. Kokoonpanokustannusten vähentäminen perustuu tuotteen osien määrän vähentämiseen sekä osien asennettavuuden helpottamiseen. Osien asennettavuutta pystytään parantamaan osien helpolla paikoituksella ja lisäämällä osien symmetrisyyttä. Näiden lisäksi voidaan vähentää toisiinsa nähden asemoitavien pintojen määrää. Osien tarpeellisuutta voidaan Laakon ym. (1998, 187) mukaan arvioida seuraavien kolmen kysymyksen pohjalta:

- Täytyykö osan liikkua muihin osiin nähden?
- Täytyykö osan olla eri materiaalia kuin muut osat?
- Täytyykö osa voida irrottaa jossakin vaiheessa asennuksen tai huollon aikana?

2.5 DFMA

DFMA tulee sanoista Design for Manufacturing and Assembly eli valmistus- ja kokoonpanoystävällinen suunnittelu. DFMA-suunnittelu pyrkii mahdollisimman edulliseen konstruktion tuotteen muitakaan ominaisuuksia unohtamatta. Tämä menetelmä on osa tuotteen yksityiskohtaista suunnittelua, kun konstruktiolle etsitään lopullista optimaalista ratkaisua. DFMA-prosessin eteneminen on esitelty kuviossa 9. (Laakko ym. 1998, 184.)



Kuvio 9. DFMA-prosessi
(Ulrich & Eppinger 2012, 257).

DFMA-prosessia voidaan soveltaa joko prototyypin kehityksessä tai tuotannossa jo olevaan tuotteeseen, jota yritetään parantaa ja jolle yritetään saada mahdollisimman edullinen kokonaisratkaisu. Menetelmä on luonteeltaan iteratiivinen, mikä tarkoittaa, että prosessi käydään läpi niin monta kertaa, että lopputulokseen ollaan tyytyväisiä. (Laakko ym. 1998, 185.)

Pääasiallisesti mekaanisten tuotteiden suunnittelu tapahtuu top-down-menetelmällä. Menetelmässä suunnittelija aloittaa luomalla tuotteesta ja sen pääkomponenteista karkeat yleisluonnokset. Pääkomponenteista suunnittelija siirtyy alikokoonpanoihin ja yksittäisiin kappaleisiin, kunnes riittävän yksityiskohtainen suunnittelu tarkkuus on saavutettu. (Laakko ym. 1998, 70.)

Modulaarisessa suunnittelussa pyritään tekemään tuote käyttämällä samankaltaisia rakenteita, joista voidaan yhdistellä tuotteen erilaisia muunnoksia. Moduulirakenteella saavutetaan kokoonpanossa se etu, että erilaiset variaatiot ovat helposti yhdisteltävissä moduuleista. Modulaaristen rakenteiden suosiminen helpottaa kokoonpanotuotannon hallintaa, sillä moduulien avulla tuote voidaan jakaa helposti osakokoonpanoiksi. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 294.)

DFMA-suunnittelu sisältää kaksi osittain päällekkäistä osa-aluetta: DFM-suunnittelun eli valmistusystävällinen suunnittelu ja DFA-suunnittelun eli kokoonpanoystävällinen suunnittelu. Mahdollisimman optimaaliseen lopputulokseen pääsemiseksi nämä molemmat osa-alueet kannattaa käsitellä rinnakkain, sillä tuotteen ja sen osien valmistettavuuteen sekä kokoonpantavuuteen vaikuttavat usein samat suunnittelupäätökset. Prosessin tavoitteet voidaan tiivistää kymmeneen pääkohtaan, joita ovat (Laakko ym. 1998, 188)

- osien määrän minimointi
- kokoonpanossa toisiinsa asemoitavien pintojen määrän minimointi
- top-down suunnittelun käyttö
- osien helppo paikalleen tuonti
- osien yhteensopivuuden maksimointi
- osien symmetrian maksimointi
- osien käsiteltävyyden optimointi
- erillisten lukituselementtien välttäminen
- itse lukkiutuvien osien käyttö
- modulaarisen suunnittelun käyttö.

2.6 Rinnakkaissuunnittelu

Rinnakkaissuunnittelun periaatteena on, että suunnittelu tapahtuu työryhmässä, johon kuuluu jäseniä yrityksen monelta eri taholta, esimerkiksi markkinointi, tuotannon edustaja ja niin edelleen. Tämän vuoksi rinnakkaissuunnittelu vaatii tehokasta kommunikointia työryhmän jäsenten välillä. Nykyaikana tätä viestintää onkin helpottamassa useat kommunikointiteknologiat, muun muassa sähköposti ja videoneuvottelu. (Hietikko 2008, 130.)

Rinnakkaissuunnittelun toinen tärkeä teknologinen näkökohta on tiedon varastoiminen sekä jakaminen. Työryhmän jokaisen jäsenen täytyy päästä käsiksi projektiin liittyvään tietoon ja materiaaleihin. Tämä on ollut aiemmin hankalaa, sillä ei ole ollut käytössä yhtenäisiä tiedonhallintajärjestelmiä. (Hietikko 2008, 130.) Yrityksessä, johon tämä projekti tehdään, on käytössä nykyaikainen tiedonhallintajärjestelmä, joka kommunikoi vaivatta suunnitteluohjelmiston kanssa. Tämä mahdollistaa jokaisen projektiin osallistuvan henkilön vaivattoman pääsyn ajankohtaisiin tietoihin.

2.7 Kustannusten arviointi

Monesti teollisuusyrityksissä suurin osa tuotteen kustannuksista päätetään jo tuotekehitysvaiheessa. Tämän takia kustannusten arviointi tuotekehitys- ja suunnittelutyön edetessä on tärkeää. Kustannuskäyttämistä on kyettävä mallintamaan suunnittelupäätösten taloudellisten vaikutusten arvioimiseksi. Periaatteessa tuotteen kustannusten hallinta ulottuu tuotteen koko elinkaaren ajan. Valmistajan näkökulmasta tuotteen elinkaari alkaa ideoinnista ja kestää siihen asti kunnes tuote poistuu markkinoilta tai ei aiheuta valmistajalle velvoitteita. (Laakko ym. 1998, 189.)

Suunnittelun eri vaiheissa kokoonpanon tuotemalli toimii lähtökohtana tuotteen kustannusten arvioimiselle. Tuotteen kustannusten arvioiminen on todella haasteellinen tehtävä. Arvio ja sen tarkkuus ovat riippuvaisia vastauksista esimerkiksi seuraaviin kysymyksiin (Laakko ym. 1998, 190):

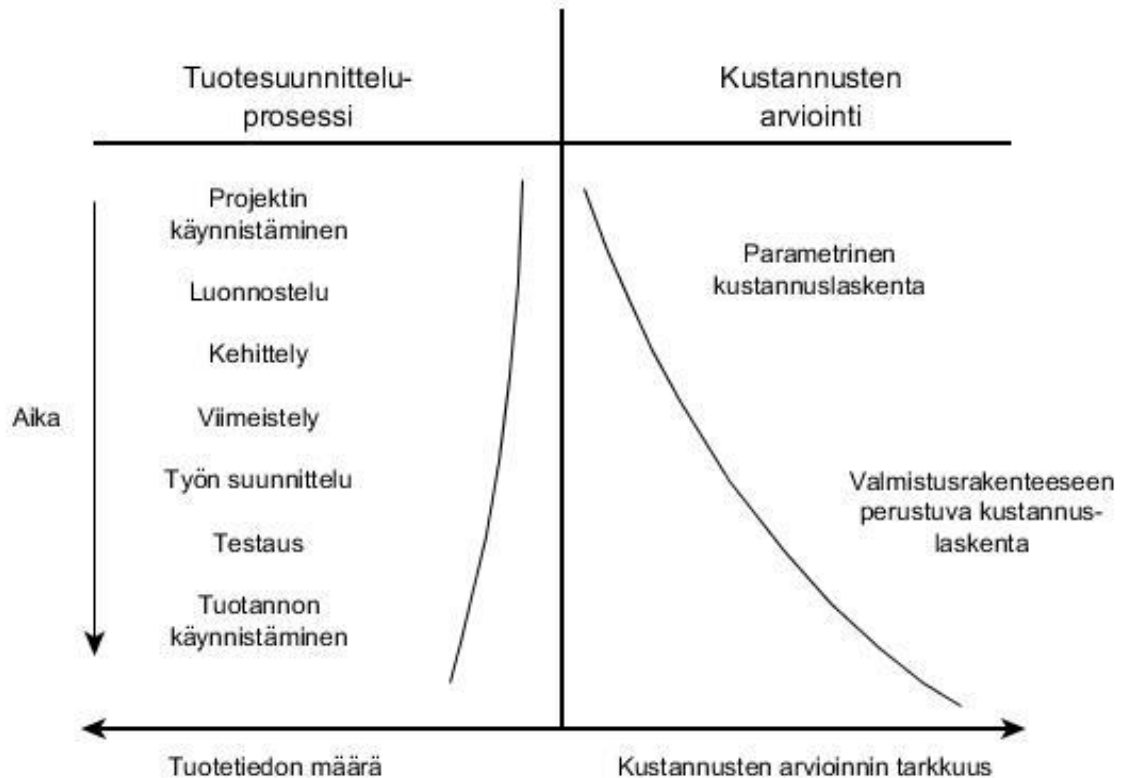
- Missä vaiheessa tuotteen suunnittelu on nykyisellään?

- Millainen valmistusprosessi tulee olemaan, ja miten tarkkaan se voidaan arvioida etukäteen?
- Millainen tuotantotilanne on suunniteltuna valmistushetkenä?
- Kuinka paljon aikaa on käytettävissä?
- Ovatko tuotteen osat standardiosia vai suunnittelua vaativia?
- Mitkä osat tehdään itse ja mitkä otetaan alihankinnasta?
- Millainen on tuotteen tuleva kokoonpanoprosessi?

Varsinkin suuremmissa yrityksissä olennainen ongelma on, että arvioinnissa tarvittavat kustannustiedot sijaitsevat erillään yrityksessä tai sen kumppaneilla ja alihankkijoilla. Tuotekehityksen alussa vaihtoehtojen iso määrä tekee kustannusten arvioinnin manuaalisesti vaivalloiseksi. Tuotetietojen lisäksi kustannusten arvioinnin varten tarvitaan muitakin kustannuksiin vaikuttavia tietoja, esimerkiksi tuotannon ja materiaalinohjauksen hallitsemia tietoja. (Laakko ym. 1998, 191.)

2.7.1 Tuotteen kustannusten arviointi tuotesuunnitteluprosessin aikana

Tuotesuunnitteluprosessin edetessä tuote tarkentuu sekä tuotetiedon määrä lisääntyy koko ajan. Tuotesuunnittelun ensimmäisten vaiheiden aikana kustannuksia voidaan arvioida vain hyvin karkeasti. Prosessin edetessä ja tuotteen lopullisten piirteiden täsmentyessä kustannusten arviointi helpottuu, joten kustannuksia pystytään arvioimaan tarkemmin (kuvio 10). (Laakko ym. 1998, 192.)



Kuvio 10. Tuotetiedon määrän kehitys ja kokonaiskustannusten arvioinnin tarkkuus tuotesuunnittelun aikana (Laakko ym. 1998, 193).

Tuotteen kustannusten arvioimisessa sekä mallintamisessa voidaan Laakon ym. (1998, 193) mukaan käyttää kahta päälähestymistapaa:

1. parametrinen kustannuslaskenta, joka perustuu tuotteen ominaisuuksiin
2. kustannuslaskenta, joka perustuu tuotteen valmistusrakenteeseen.

"Parametrisessa laskennassa kustannus on tuotteen ominaisuuksien funktio, esimerkiksi funktio tuotteen geometriaan tai toiminnallisuuteen perustuvista suureista." Kustannusfunktion määrittämiseen tarvitaan tietoja jo olemassa olevasta samankaltaisesta tai vastaavasta tuotteesta. Tämän jälkeen pitää määrittellä ominaisuudet, joiden suhteen kustannukset luultavasti muuttuvat. (Laakko ym. 1998, 193.) Esimerkiksi hakkurin terälaikan halkaisijan funktiona muuttuvat kustannukset.

Valmistusrakenteeseen perustuva kustannuslaskenta on yleensä mahdollista toteuttaa vasta suunnittelun loppuvaiheessa, kun tuotetiedot on määritetty riittävän

tarkasti sekä useimmat kustannuksiin vaikuttavat päätökset on tehty. Tuotteen valmistusrakenteeseen perustuvalla arvioinnilla on mahdollista saavuttaa parametrista kustannuslaskentaa tarkempia tuloksia. (Laakko ym. 1998, 194.)

2.7.2 Tuotteen valmistuskustannukset

Käytännössä useat eri tekijät vaikuttavat tuotteen valmistuskustannuksiin, näitä tekijöitä on havainnollistettu kuviossa 11. Laakon ym. (1998, 194) mukaan valmistuskustannukset jakaantuvat kolmeen eri luokkaan:

1. Osakustannukset

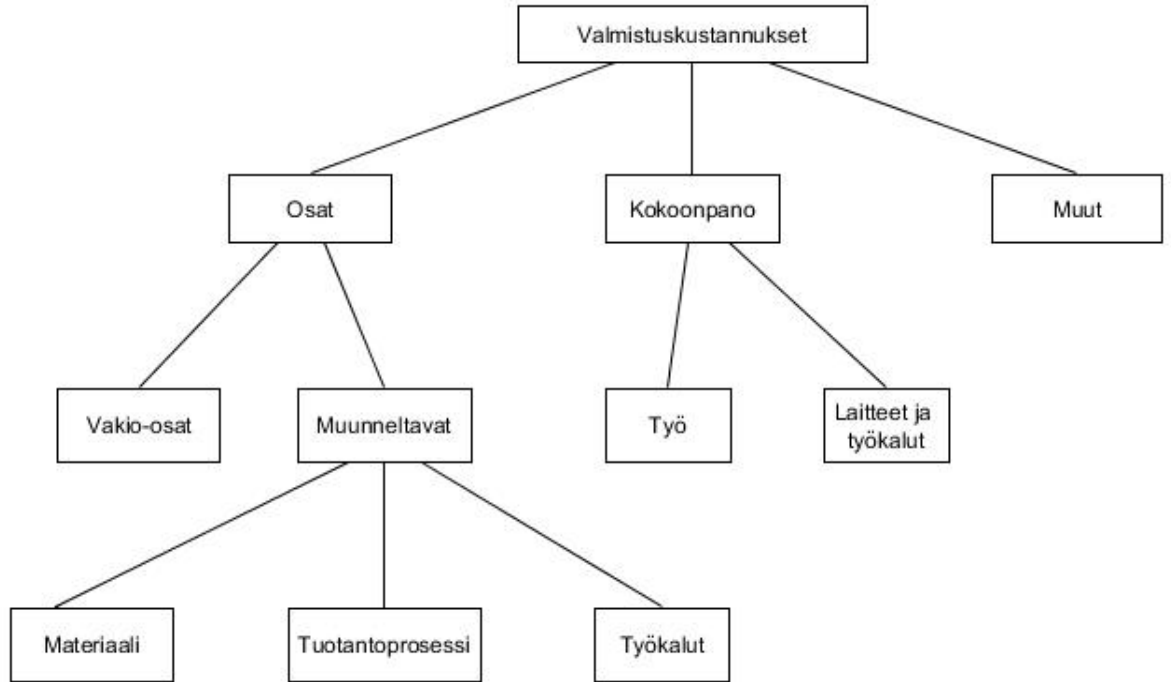
Tuotteen osat koostuvat vakio-osista sekä muunneltavista osista. Muunneltavat osat vaativat suunnittelua, voivat olla joko itse tehtyjä tai alihankintatavaraa. Osien valmistamiseen tarvitaan materiaalia, tuotantoprosessi sekä työkaluja.

2. Kokoonpanokustannukset

Tuotteen kokoonpano tapahtuu osista, joten tarvitaan työtä eli henkilöitä sekä lisäksi laitteita ja työkaluja.

3. Muut kustannukset

Tähän osioon sisältyy kaikki muut tuotantoon liittyvät kulut kuten tukitoimintoihin liittyvät kulut: materiaalin hallinta, laadun varmistus, kuljetus, laitteiden huolto ja niin edelleen sekä epäsuorat kustannukset, eli kustannukset, joita ei voida kohdistaa suoraan tuotteeseen esimerkiksi rakennuksen huolto ja ylläpito.



Kuvio 11. Tuotteen valmistuskustannusten tekijät (Ulrich & Eppinger 2012, 258).

3 HAKKURIN SUUNNITTELU

Uuden hakkurin suunnittelussa edettiin luvussa kaksi kerrotun yleisen nelivaiheisen tuotekehitysmallin sekä yrityksen oman tuotekehitysmallin mukaisesti. Näiden kahden hyvin samankaltaisen mallin käyttö oli tässä projektissa luontevin vaihtoehto. Vaikka nämä kaksi käytettyä tuotekehitysmallia ovatkin hyvin samankaltaisia, on niissä myös eroavaisuuksia. Nelivaiheisen tuotekehitysmallin vaiheet sisältävät aika paljon enemmän yksittäisiä kohtia kuin yrityksen oma malli. Yrityksen malli on siis vaiheiltaan hieman suppeampi ja suoraviivaisempi, kuin teoriassa esitelty malli. Yrityksen omassa mallissa kuitenkin korostetaan hyvin paljon rinnakkaissuunnittelun tärkeyttä tuotekehitysprojektin aikana. Käytännössä suunnittelutyön aikana ei kuitenkaan menty ihan kirjaimellisesti läpi jokaista tuotekehitysmalleissa olevaa kohtaa, vaan projekti toteutettiin juuri sille sopivalla vaiheistuksella.

Uutta hakkuria suunnitelleessa suuressa roolissa oli hakkureiden turvallisuusstandardi SFS-EN 13525+A1. Kaikki osat ja kokoonpanot tehtiin kyseisen standardin vaatimusten mukaisesti. Standardissa esitetään siirrettävien puuhakkureiden turvallisuusvaatimukset sekä niiden todentaminen. Siinä esitetyt asiat pätevät metsätaloudessa, maataloudessa, puutarhataloudessa ja maisemanhoidossa käytettäville hakkureille. Hakkurit voivat olla itsekulkevia, nostolaitteikiinnitteisiä, puolihinattavia tai hinattavia. Standardissa esitetään vaatimuksia hallintalaitteille, mekaanisten vaarojen suojaukselle, muilta vaaroilta suojaukselle kuten melu, hydraulikka ja kuumat pinnat. Näistä vaatimuksista kerrotaan tarkemmin jokaisen kokoonpanon kohdalla, joita vaatimukset koskevat. Näiden lisäksi myös käyttöohjeille ja koneen merkinnöille on omat vaatimuksensa.

Tuotekehitysprojekti lähti liikkeelle tuotekehitysmallin mukaisesti ensimmäisestä vaiheesta, eli projektin käynnistämisestä. Tässä vaiheessa käytiin läpi uuden tuotteen tekniset vaatimukset, taloudelliset vaatimukset, käytettävissä olevat resurssit sekä aikataulu. Edellä mainittuja asioita mietittäessä tutkittiin myös kilpailijoiden tuotteita sekä yrityksen nykyistä tuotetta. Yrityksen nykyistä tuotetta tutkittaessa kiinnitettiin huomiota erityisesti rakenteisiin, jotka ovat kaikkein työläimpiä ja kalleimpia valmistaa. Tällaisia rakenteita ovat esimerkiksi runko ja kammio. Kilpailijoiden

malleja tutkiessa kiinnitettiin huomiota erityisesti heidän tapaansa toteuttaa suorasyöttöinen syöttölaitteisto, sillä sellaista laitteistoa ei nykyisessä mallissa vielä ole. Tämän kaltainen muiden tuotteiden vertailu ja niistä ideoiden hakeminen on yleinen tapa kaikkia uusia koneita suunniteltaessa. Muiden ratkaisujen tutkimisen avulla voi saada helpommin ajatuksen jostain ihan uudesta ratkaisusta, kun tietää minkälaisia ratkaisuja on jo olemassa.

Projektin käynnistymisen jälkeen edettiin luonnosteluvaiheeseen. Luonnostelun aikana suunniteltavan tuotteen toiminnoille asetettiin reunaehdot. Esimerkiksi syöttöaukkoon täytyy mahtua halkaisijaltaan 10 senttimetriä oleva raaka-aine. Näiden ehtojen puitteissa etsittiin ratkaisuvaihtoehtoja halutuille tavoitteille. Ratkaisuvaihtoehtoista tehtiin luonnoksia, joista koko projektiin osallistuvan ryhmän kanssa valittiin parhaimmat vaihtoehdot. Luonnoksia ja ratkaisuvaihtoehtoja tehtiin useita ja kuten luvussa 2.5 todettiin, luonnosteluprosessi tehtiin uudelleen niin monta kertaa, että paras ratkaisu löytyi. Luonnosteluprosessia hankaloitti ja hidasti hieman reunaehtojen muuttuminen kesken luonnostelun. Esimerkiksi M-mallin syöttösuppilon asennolle asetettu vaatimus muuttui hieman kesken kaiken. Yrityksen luonnosteluprosessia voitaisiinkin tehostaa sopimalla koko tuotekehitysprojektiin osallistuvan henkilöstön kanssa tarkoista ja tiukoista reunaehdoista projektin alussa.

Kun koneen kaikista osa-alueista oli tehty luonnokset ja karkeita malleja, siirryttiin kehittelyvaiheeseen. Tässä vaiheessa valittuja luonnoksia kehiteltiin yksityiskohtaisemmin. Yksityiskohtainen kehittäminen tarkoitti tässä kohtaa karkeiden 3D-mallien piirtämistä tarkkoihin mittoihin. Tarkkaan mitoitettujen osien avulla tehtiin alikokoonpanoja sekä pääkokoonpano, joiden avulla testattiin osien ja kokoonpanojen hyvä sopivuus toisiinsa. Samalla varmistettiin myös nykyisessä tuotteessa olevien ongelmien korjaantuminen. Eli varmistettiin, että kiinnitysreiät ovat varmasti linjassa ja osat sopivat hyvin toisiinsa. Koko kehittelyvaiheen ajan täytyi huomioida tekniset ja taloudelliset näkökohdat. Eli varmistaa, että koneen toiminta pysyy haluttuna sekä osien valmistettavuus edullisena.

Kehittelyvaiheen jälkeen oli vuorossa tuotteen viimeistely. Viimeistelyvaihetta ei tehty täydellisesti, sillä tuotteesta tehdään prototyyppi. Viimeistelyn aikana tehtiin kaikki prototyypin valmistamiseen tarvittavat dokumentit kuten osien valmistus- ja hitsauspiirustukset. Samalla päätettiin myös osien valmistustapa sekä materiaali.

Prototyypin valmistuksen jälkeen ja siitä tehtyjen huomioiden perusteella päätetään tarvitseeko joitain asioita vielä tarkentaa tai muuttaa. Jos muutostarpeita ei todeta, tehdään lopulliset tarkat valmistuskuvat, joihin lisätään tarkemmat mitat ja toleranssit. Näiden jälkeen tehdään myös viimeistelyvaiheen muut dokumentit kuten käyttöohjeet.

Yksi työn tavoitteista oli saada hakkurin valmistuskustannukset edullisemmiksi, tämän vuoksi suunnittelu pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman hyvin DFMA:n periaatteita hyödyntäen. DFMA-suunnittelun kymmenestä pääkohdasta tärkeimmiksi tämän projektin tavoitteiden saavuttamisen kannalta nousivat osien määrän minimointi, osien helppo asemointi kokoonpanossa, osien yhteensopivuuden maksimointi sekä modulaarinen suunnittelu.

3.1 CAD-mallinnus

Uuden mallin suunnittelussa käytettiin yrityksen käytössä olevaa Vertex-suunnitteluohjelmistoa. Ohjelmisto on Vertex Systems Oy:n kehittämä (Vertex 2016). Se on kotimainen vuonna 1977 perustettu suunnittelu ja tiedonhallinnan ohjelmistoratkaisuja toimittava yritys. Vertex-ohjelmistoa käytetään suurimmaksi osaksi mekaanisten laitteiden kolmiulotteiseen suunnitteluun, mutta sitä käytetään myös laitosten, rakennusten, sähkölaitteiden ja kalusteiden suunnitteluun.

Vertexin suunnitteluohjelmistossa on vakiona tiedonhallintajärjestelmä, joka sisältää välineet hallita dokumentteja, nimikkeitä, osaluetteloita ja tuoterakenteita. Suunnittelutyön avuksi ohjelmassa on myös laaja komponenttikirjasto, joka sisältää paljon standardikomponentteja sekä luonnoksia ja erilaisia valmiita profiileja. Näiden lisäksi komponenttikirjastoon on mahdollista tuoda valmiita komponenttimalleja eri valmistajien sivuilta. (Vertex 2016.)

Uuden osan piirtäminen lähtee liikkeelle valitsemalla x-, y-, tai z-akselin suuntainen taso, johon piirros tehdään. Piirroksen tekemisen jälkeen valitaan haluttu ainevahvuus sekä kappaleen suunta. Tämän jälkeen piirros pursotetaan 3-ulotteiseksi kappaleeksi. Mallinnetut 3-ulotteiset osat kootaan kokoonpanokomentojen avulla kokoonpanoiksi. Ohjelmiston kokoonpanotoimintojen avulla oli helppo todeta miten

osat asettuvat paikoilleen. Kokoonpanoissa osien tarkan sijoittamisen avulla voitiin varmistaa kokoonpantavuuden sujuvuus ja helppous myös käytännössä.

Standardiosat, kuten ruuvit, pultit, aluslevyt ja mutterit löytyivät ohjelmiston osakirjastosta, joten niitä ei tarvinnut erikseen mallintaa. Standardiosien lisäksi suunnittelussa hyödynnettiin mahdollisuuksien mukaan aiemmin suunniteltuja osia ja aihioita. Joidenkin osien mallit on saatu niitä valmistavilta yrityksiltä, kuten esimerkiksi hydraulimoottori.

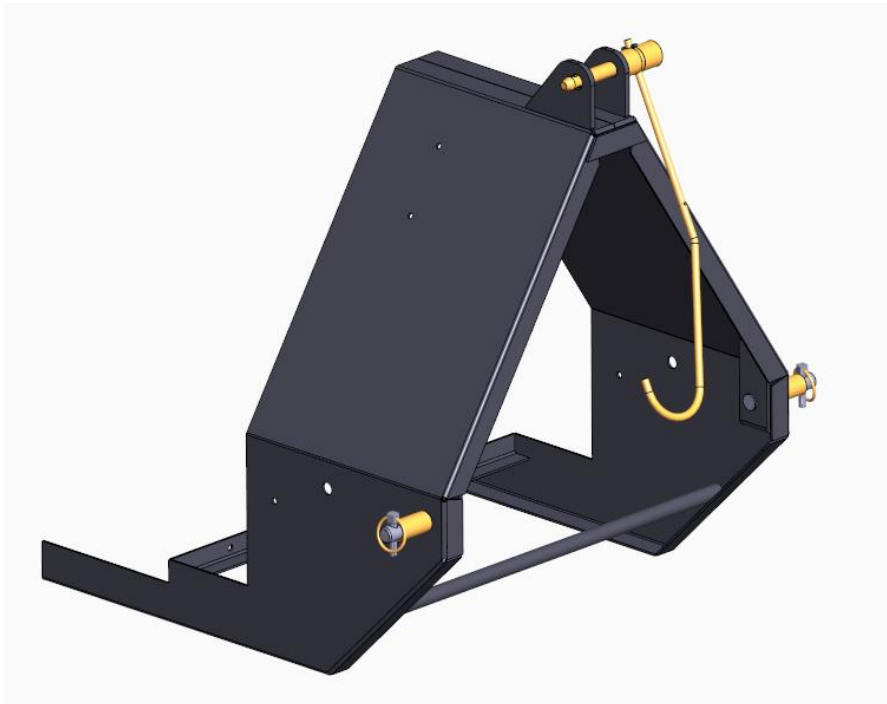
Hakkurin kaikista osista ja kokoonpanoista tehtiin valmistuskuvat, joiden perusteella osat ja kokoonpanot voitiin valmistaa. Kaikki valmistuskuvat tehtiin yrityksen omaan piirustusohjelmaan. Piirustukset tehtiin yleisten piirustusoppien mukaisesti sekä yrityksen omien menetelmien mukaisesti. Laserilla leikattavista osista tehtiin vain karkeat valmistuskuvat sekä nestauskuvat. Karkeasta piirustuksesta laserin käyttäjät näkevät leikattavan osan muodon, koon ja ainevahvuuden. Näiden tietojen pohjalta osataan valita oikeanlainen levy leikattavaksi. Laserleikkauksessa nestauskuvat asettellaan aihiolevylle tähän tarkoitettuun ohjelmiston avulla. Ohjelmisto tuottaa koodin, jonka avulla laserleikkauslaitteisto ohjaa leikkuupään liikkeitä leikattavan kappaleen mukaisesti (Piironen 2013, 23). Alihankkijoilla valmistettavista osista tehtiin tarkat piirustukset, joiden avulla osat valmistetaan. Kokoonpanoista tehtiin useita piirustuksia. Ensin tehtiin kokoonpanojen hitsaamista varten omat piirustukset ja lopuksi kokoonpantaville osille omansa.

3.2 Runko

Uudesta rungosta haluttiin samankokoinen kuin nykyinen runko, mutta samalla siitä haluttiin halvempi sekä helpommin kokoonpantava. Nykyisen rungon rakennetta tutkittaessa todettiin, että sen muoto pidettäisiin suunnilleen samana. Muodon pysyessä samana voitiin hyviksi todetut kolmipistenostolaitteen kiinnityspisteet pitää samoissa paikoissa, sekä käyttää joitain hyviksi todettuja jo olemassa olevia osia.

Nykyinen runko on koottu useasta osasta, tästä johtuen siinä on paljon hitsattavia kohtia. Uuden rungon suunnittelussa kustannuksia lähdettiin alentamaan DFM-periaatteita hyödyntäen eli minimoimalla osien määrää sekä hitsauskokoonpanosta

aiheutuvia kustannuksia. Uuden rungon suunnittelussa kustannuksia alennettiin vähentämällä hitsattavia kohteita sekä poistamalla muutamia tarpeettomia osia rungon alaosaan. Näiden osien poistaminen huomioitiin uusien runkolevyjen profiilissa. Hitsauksen tarvetta vähennettiin myös tekemällä rungon sivut kahdesta isomasta levystä särmäämällä, useamman osan yhteen hitsauksen sijaan (kuvio 12). Uuden rungon takaosaan lisättiin L-kirjaimen muotoinen levyosa uuden kammion etuosan kiinnityksen takia. Levyosan avulla saatiin myös samalla jäykistettyä runkoa (kuvio 13).



Kuvio 12. Rungon kokoonpano.

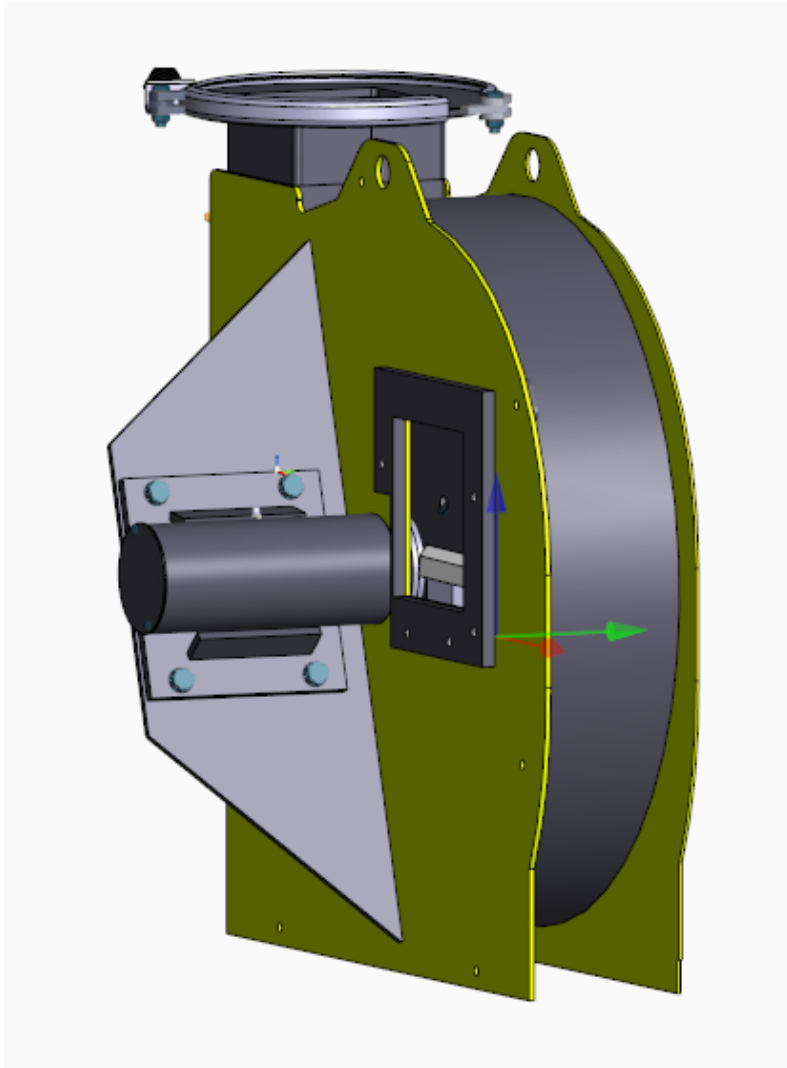


Kuvio 13. Jäykistelevy/kammion kiinnitin.

3.3 Kammio

Nykyisen hakkurin kammio on tehty useista hitsattavista osista, joiden kohdistaminen oikeisiin paikkoihin on ollut hankalaa. Jotkin näistä osista on myöskin tehty tarpeettoman paksuilla ainevahvuuksilla. Sen rakenne ja muotoilu ovat myös hyvin vanhanaikaisia ja poikkeavat muusta hakkurimallistosta.

Uuden kammion osien suunnittelussa pyrittiin minimoimaan osien määrää. Esimerkiksi vanhassa kokoonpanossa kammion päälle on hitsattu erilliset korvakkeet koneen nostoa varten. Uudessa mallissa korvakkeet ovat samaa rakennetta päätylevyjen kanssa (kuvio 14). Myös ylimitoitettujen ainevahvuuksien optimoinnilla saatiin kustannuksia madallettua.



Kuvio 14. Uusi kammio.

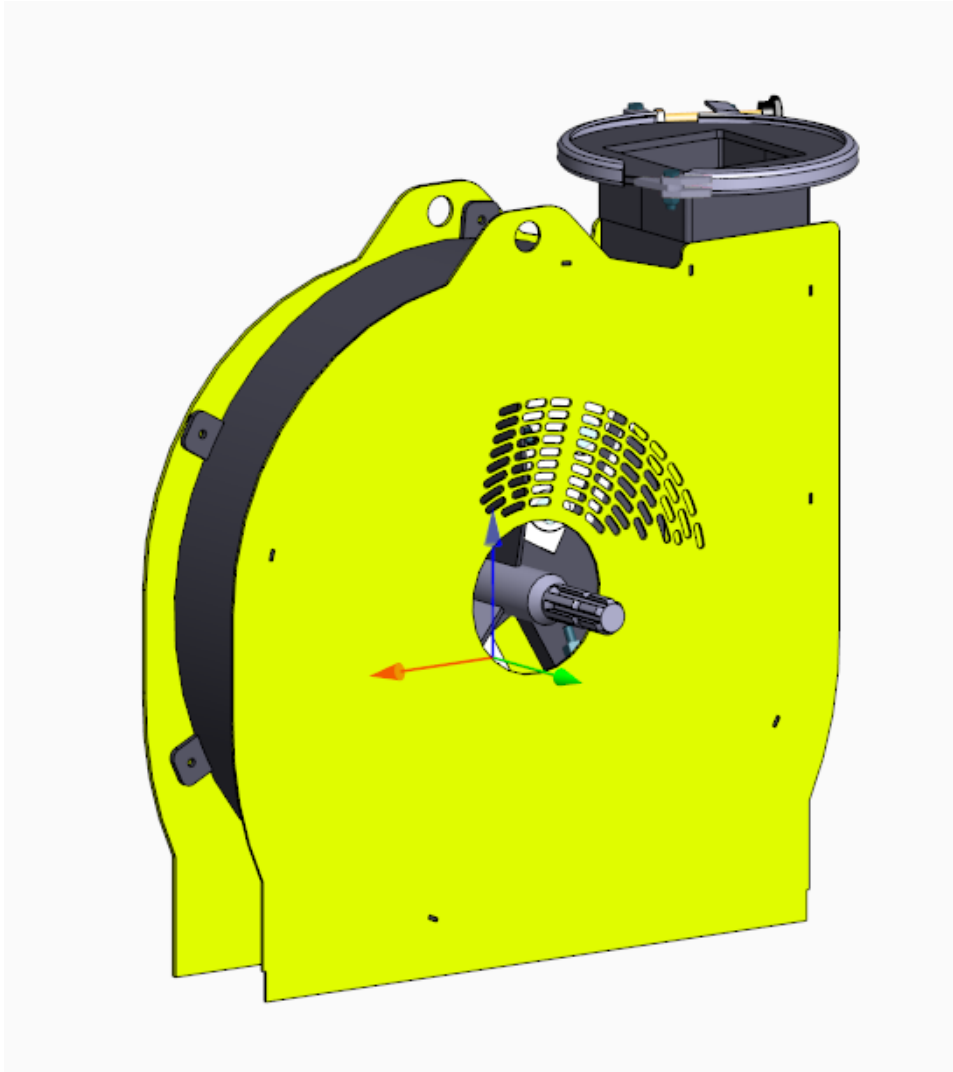
Uusien osien muotoilussa sekä niiden ainevahvuuksia pohtiessa täytyi kuitenkin olla tarkkana, sillä osa asioista on säännelty hyvin tarkkaan hakkurien turvallisuusstandardissa. Esimerkiksi kammiossa käytetyn materiaalin ainevahvuudesta sanotaan standardissa SFS-EN 13525+A1 (2007, kohta 4.3.2.2), että hakettavien osien koteloinnin täytyy olla niin vahva, että terien osat eivät voi keskipakoisvoiman vaikutuksesta sinkoutua sen lävitse. Jos koteloinnissa käytetään standardin EN 10025–2 mukaista luokan S235JR teräslevyä, seinämän kokonaispaksuus tulee olla taulukon 1 mukainen. Taulukossa 1 olevat arvot perustuvat terien pyörimisnopeuteen 1000 kierrosta minuutissa.

Taulukko 1. Koteloinnin seinämän kokonaispaksuus (SFS-EN 13525+A1, kohta 4.3.2.2).

Teräasetelman ulkohalkaisija d	Seinämän minimipaksuus mm (teräslevy S235JR)
$d \leq 600$	4
$600 < d \leq 1000$	6
$800 < d \leq 1000$	8
$d > 1000$	10

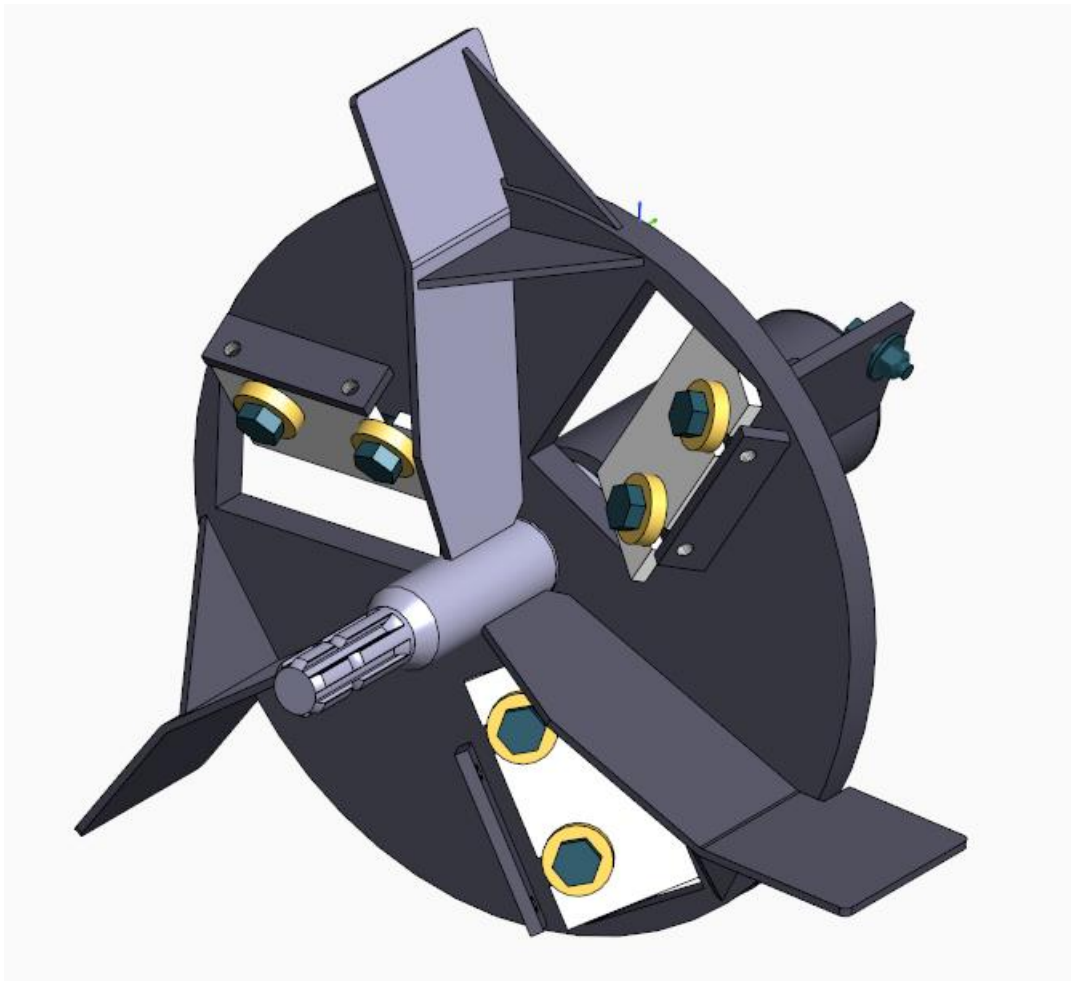
Pyörimisnopeuden ollessa suurempi kuin 1000 kierrosta minuutissa tai jos käytetään muita materiaaleja tai teknisiä ratkaisuja, on koteloinnin annettava vastaava suojaus kuin edellä olevassa taulukossa on esitetty. Uudessa koneessa kaikki kammion osat on tehty luokan S355 teräslevystä, joten turvallisuusvaatimukset täyttyvät selvästi myös hieman ohuemmillakin ainevahvuuksilla.

DFA-periaatteen mukaan osien asennettavuutta pystytään parantamaan osien helpolla paikoituksella ja lisäämällä osien symmetrisyyttä. Tätä periaatetta noudattaen uuden kammion kokoonpantavuutta ja hitsattavuutta parannettiin tekemällä kammion uusiin levyosiin paikoitusnastat. Kuviossa 15 näkyvät kammion takalevyssä olevat paikoitusnastojen lovet. Niiden avulla voidaan toteuttaa kammion levyosien tarkka paikoittaminen, jolloin terälaikan sijoittaminen keskelle kammiota helpottuu. Tarkan sijoittamisen ansiosta terälaikan ja kammion välinen välys pysyy haluttuna. Myös kammion takalevyssä oleva ilmanottoritilän muoto ja sijainti muutettiin. Vanhassa ritilässä on ilmennyt ilman pyörteilyä, tämä ongelma on korjattu uudempien isompien hakkurien kohdalla, joten tätä hyväksi todettua uutta muotoa ja sijaintia yritettiin mallintaa myös tähän uuteen malliin.



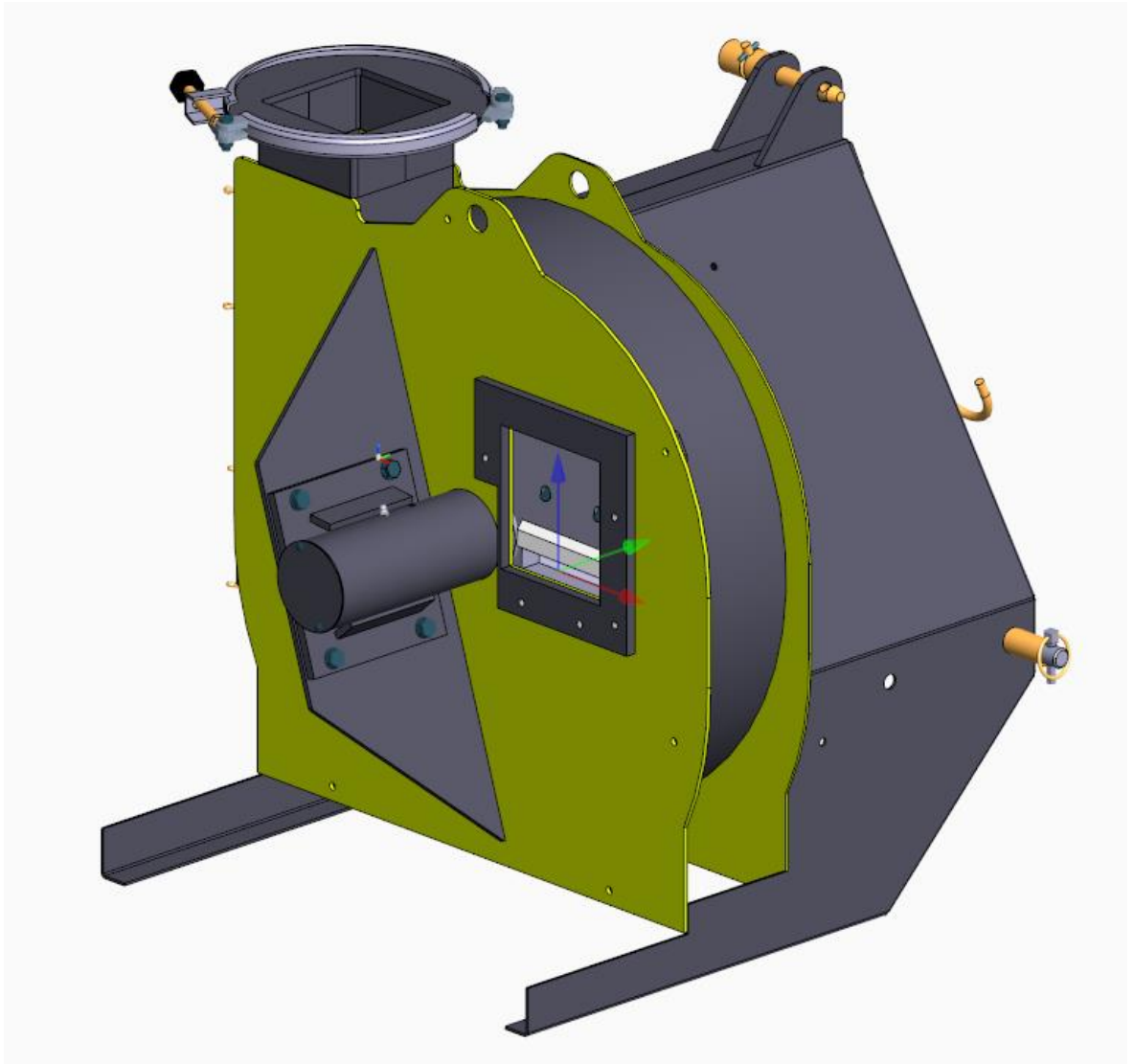
Kuvio 15. Kammion takaosa.

Nykyisen hakkurin terälaikkaa sekä sen laakerointia tutkittiin tarkkaan sekä tehtiin vertailuja ja laskelmia. Näiden perusteella tultiin siihen tulokseen, että nykyinen hyvin toimiva kokoonpano on myös niin edullinen valmistaa, että sitä ei kannata alkaa muuttamaan. Terälaikassa on kolme terää, jotka ovat säädettävissä portaattomasti. Portaattomasti säädettävien terien ansiosta hakkeen palakoko saadaan juuri halutuksi. Laikan ulkoreunoilla on puhallussiivet, jotka viimeistelevät hakkeen sekä muodostavat tehokkaan puhalluksen. Toisella puolella terälaikkaa on laakerointi ja toisella puolella standardiboorilla oleva akselinpää, jonka kautta työkoneen voima välitetään (kuvio 16).



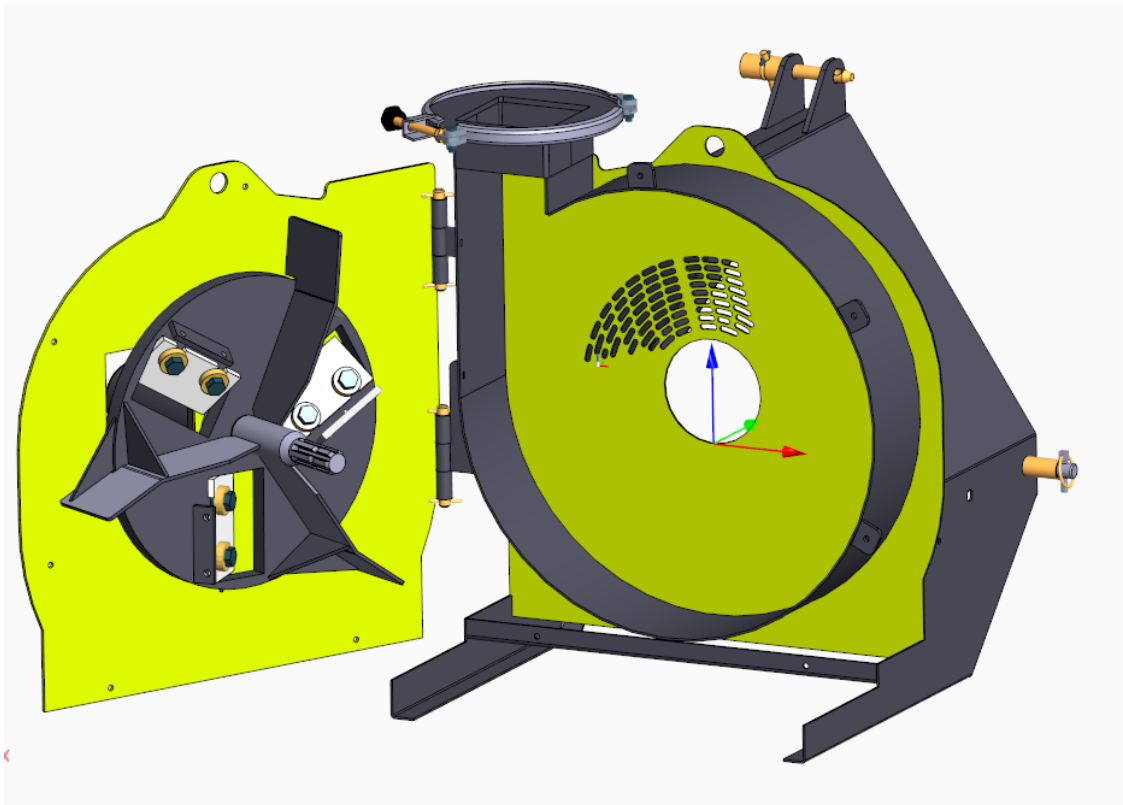
Kuvio 16. Terälaikka.

Kammion kiinnitys runkoon tapahtuu asettamalla kammio rungon jalkojen päälle. Kammio hitsataan takaosastaan kiinni runkoon. Kuten luvussa 2.5 todetaan, että yksi keino alentaa kustannuksia on varmistaa osien helppo paikalleen asemointi. Tätä oppia noudattaen takalevyn alaosaan tehtiin lovet, jolloin kammion sijoittaminen oikeaan kohtaan runkoa on helppoa. Myös kammion avautuva etuosa huomioitiin rungon jalkojen muodossa tekemällä jaloista matalammat (kuvio 17).



Kuvio 17. Kammio kiinnitetynä runkoon.

Hakkurin huollon sekä säätämisen kannalta on oleellista päästä helposti käsiksi terälaikkaan ja siinä kiinni oleviin teriin. Tämän vuoksi kammion etuosa on kiinnitetty kammion kehään saranoin ja ruuvein, jolloin ruuvit irrottamalla etuosa on mahdollista avata. Koska terälaikan laakerointi on kiinnitetty kammion etuosaan, tulee terälaikka etuosan mukana ulos kammioista (kuvio 18).



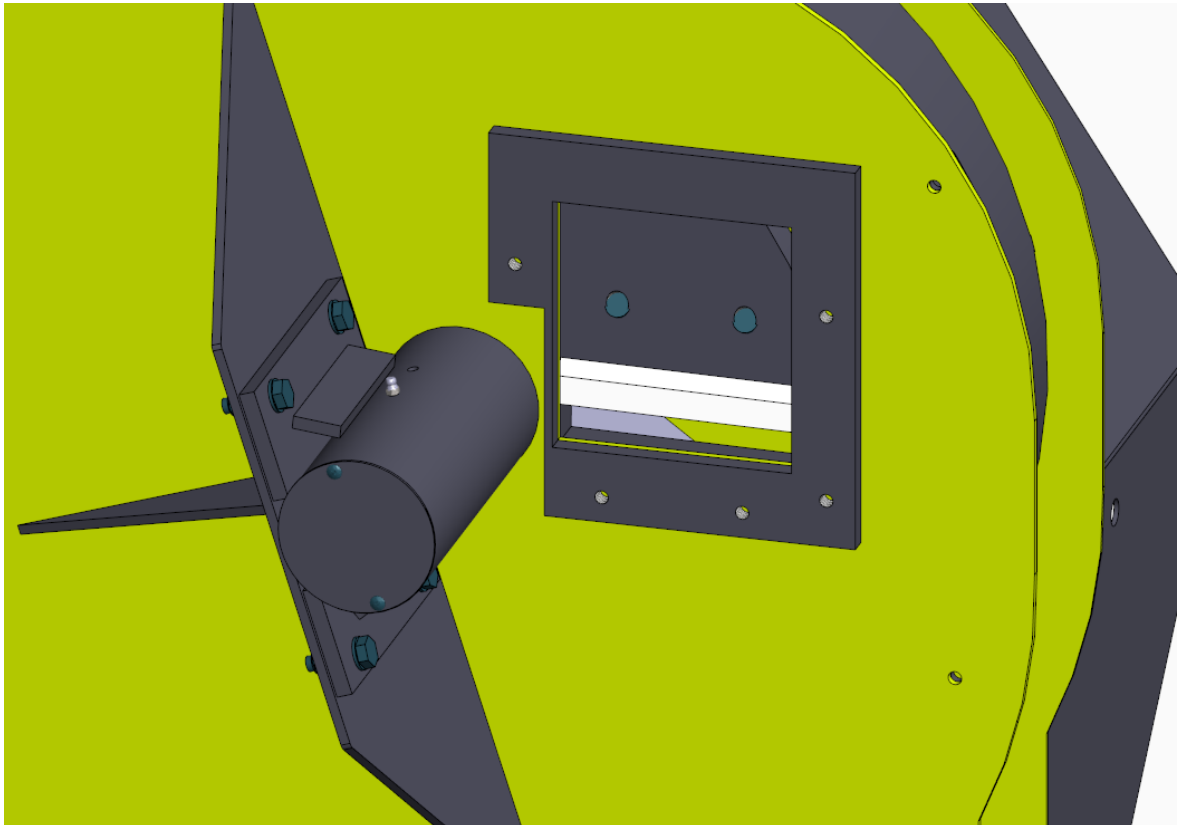
Kuvio 18. Kammion etuosa avoinna.

Nykyisessä mallissa on ollut ongelmana saranaholkkien hitsaus oikeaan kohtaan, tämä ongelma korjattiin tekemällä niille paikoitusnastat. Uudessa mallissa saranointi vaihdettiin koneen toiselle reunalle. Saranoiden ollessa koneen tällä reunalla on saranat helpompi kiinnittää ja syöttöaukko tulee kauemmas kammiosta, kun etuosa on avattuna. Tämä ominaisuus helpottaa huolto- ja säätötoimintaa.

3.4 Syöttölaitteisto

Uudesta hakkurista haluttiin kaksi eri mallia, joissa on eri syöttölaitteisto. Nämä mallit ovat M-malli ja G-malli. Mallinimitykset ovat yhtenäiset yrityksen muiden hakkureiden kanssa. Mallinimityksetkin ovat osa yrityksen imagoa. Kahdesta erilaisesta mallista huolimatta DFMA:n mukaisesti erilaisten osien määrä pyrittiin pitämään minimissään. Peruskoneen komponenttien ja kokoonpanojen haluttiin olevan samat sekä syöttölaitteiston vaihtaminen helppoa.

Edellä mainittuihin asioihin keksittiin ratkaisuksi kammioon hitsattava kiinnityslevy (kuvio 19). Kiinnityslevyyn tehtiin sopiviin kohtiin M12 kierteellä olevat reiät, joihin voidaan kiinnittää joko M-mallin syöttölaite tai G-mallin syöttölaite. Tällaisen ruuviliitoksen ansiosta sekä kammion etuosan kokoonpano että syöttösuppilon kokoonpano voidaan pitää samana mallista riippumatta. Kokoonpanon voidaan siis todeta olevan hyvin modulaarinen.

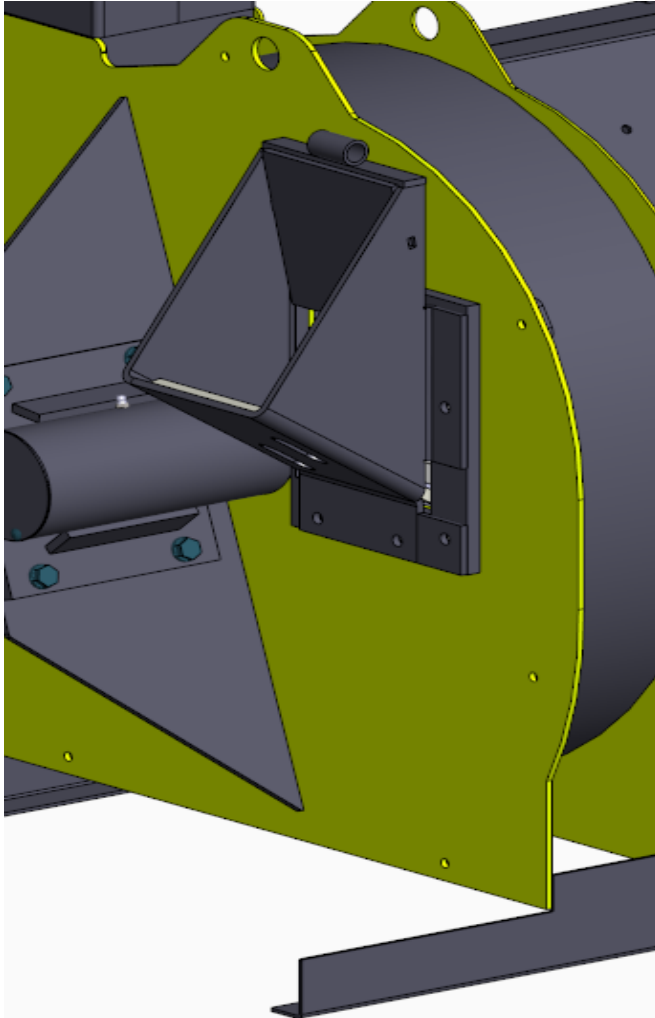


Kuvio 19. Syöttölaitteen kiinnityslevy.

3.4.1 M-Malli

Tässä mallissa ei ole varsinaista syöttölaitetta, vaan puun syöttäminen tapahtuu painovoiman sekä terien vetävän voiman avulla. Puun syöttämistä varten syöttölaitteen kiinnityslevyyn on kiinnitetty levystä särmätyä väliosa, johon vastaterä ja suppilo kiinnitetään (kuvio 20). Väliosa on kiinnitetty ruuvein kiinnityslevyssä oleviin reikiin. Väliosan ja suppilon oikeaa asentoa pohdittiin pitkään, sillä täytyi huomioida puun syöttämisen kannalta kaikkein ihanteellisimmin kulma syöttösuppilolle. Puun sulavan

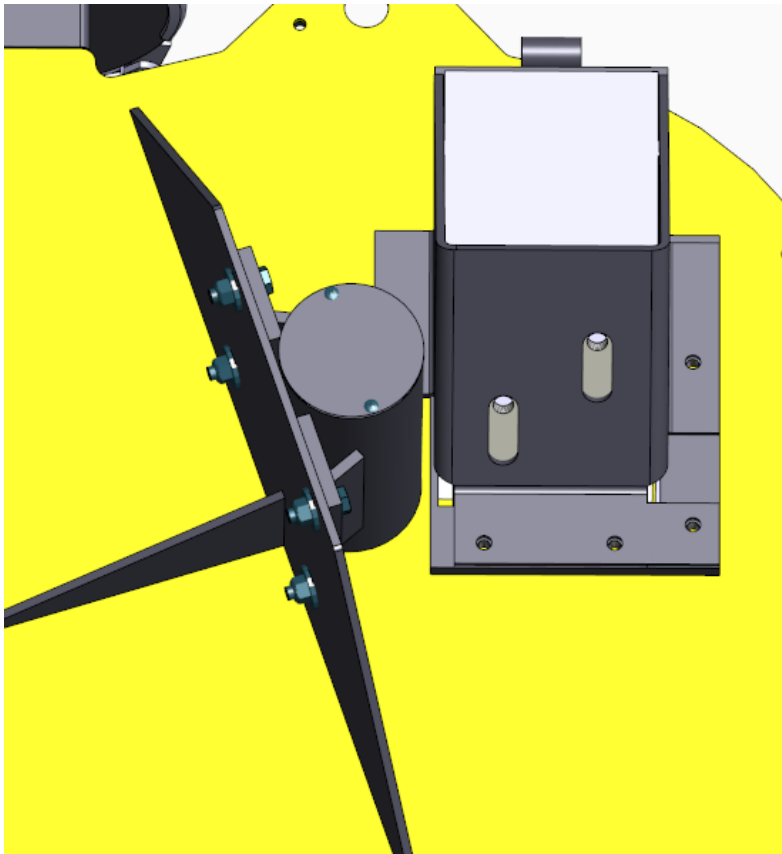
syötön varmistamiseksi välioson takaosaan tehtiin lisäksi ohjauslevy. Tämän koonpanon suunnittelu oli haasteellista, sillä oikean kulman lisäksi täytyi ottaa huomioon myös, että syöttöaukon koko pysyi haluttuna.



Kuvio 20. M-mallin suppilon kiinnitys.

Kuten luvussa 2.3 todettiin, kannattaa käyttää valmiina olevia osia hyödyksi. Tämä asia huomioitiin terälaikassa. Terälaikassa käytettävät terät pidettiin samoina kuin nykyisessä mallissa. Vastaterät jouduttiin suunnittelemaan uudestaan molempiin malleihin, koska nykyisessä mallissa ne on suunniteltu leikkaamaan eri asennossa, joten niiden geometria ei soveltunut käytettäväksi uusissa malleissa. Uudelleen suunnittelu ei ollut huono asia, sillä uudet vastaterät ovat pienemmän kokonsa an-

siosta edullisemmat valmistaa kuin nykyiset. Uudessa hakkurissa vastaterä on kiinnitetty väliosan pohjaan, sen suuntaisesti. Kiinnitys on toteutettu kahdella ruuvilla pitkulaisiin reikiin, joten vastaterää voidaan säätää portaattomasti (kuvio 21). Väliosan yläosaan on hitsattu holkki johon suppilo kiinnitetään tapilla ja sokilla.



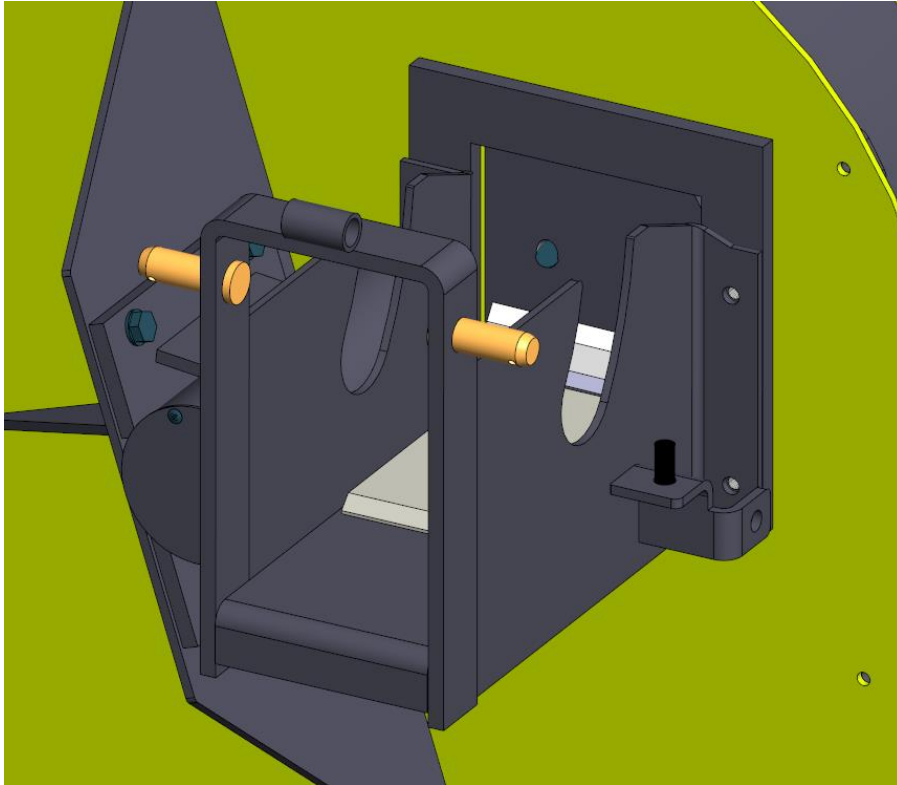
Kuvio 21. Vastaterän kiinnitys.

3.4.2 G-Malli

Tässä mallissa on syöttölaite, jossa on yksi hydraulimoottorilla toimiva syöttörulla. Tämän mallin syöttölaitteisto ja suppilo ovat vaakatasossa kammioon nähden. Laite on koottu mahdollisimman vähillä osilla, hyödyntäen levyjen särmäystä. Se koostuu kahdesta alikokoonpanosta, jotka ovat syöttölaitteen ala- ja yläosa.

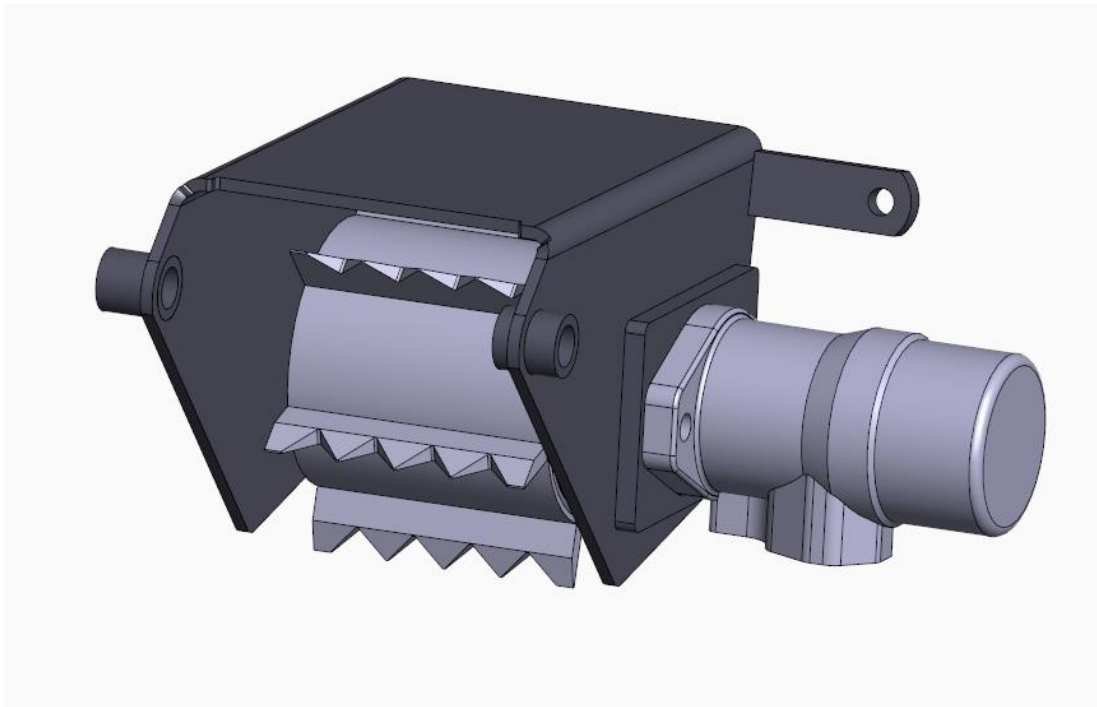
Kuviossa 22 on syöttölaitteen alaosa. Se toimii laitteen runkona ja siihen kiinnittyvät muut osat kuten vastaterä, yläosa ja syöttösuppilo. Vastaterän kiinnitys ja säätö on

toteutettu samalla tavalla kuin M-mallissakin. Sivulevyissä olevat kaarevat urat on suunniteltu ja mitoitettu tarkkaan vastaamaan yläosan vaatimaa liikevaraa.



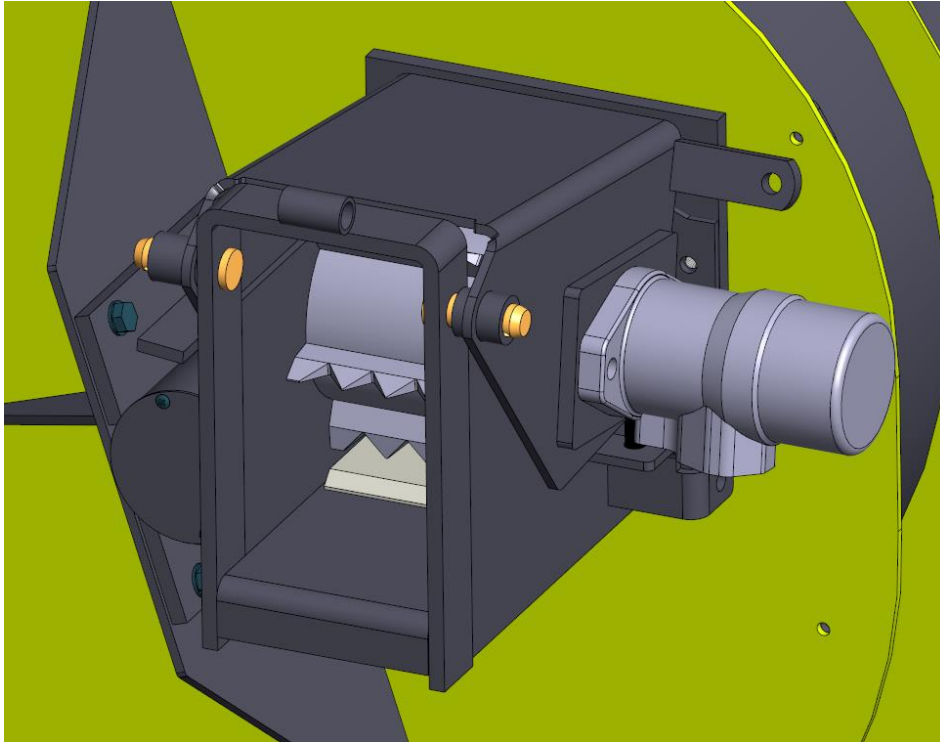
Kuvio 22. Syöttölaitteen alaosa.

Kuviossa 23 on syöttölaitteen yläosa. Siihen on kiinnitetty syöttörulla ja sitä pyörittävä hydraulimoottori. Syöttörullan kehälle on hitsattu kuusi kappaletta 8 millimetrin paksuisesta hardox-levystä tehtyä terää. Nykyisessä mallissa syöttölaite on vinossa kammioon nähden. Tämän vuoksi syöttörullasta on jouduttu tekemään tarpeettoman leveä syöttöaukkoon nähden. Uudessa mallissa syöttörullan koko optimoitiin vastaamaan paremmin tällä hakkurilla syötettävien puiden kokoa. Syöttörullan pienentämisellä saadaan suuria säästöjä valmistuskustannuksissa, sillä paksu hardox-levy ja sen työstäminen on kallista.



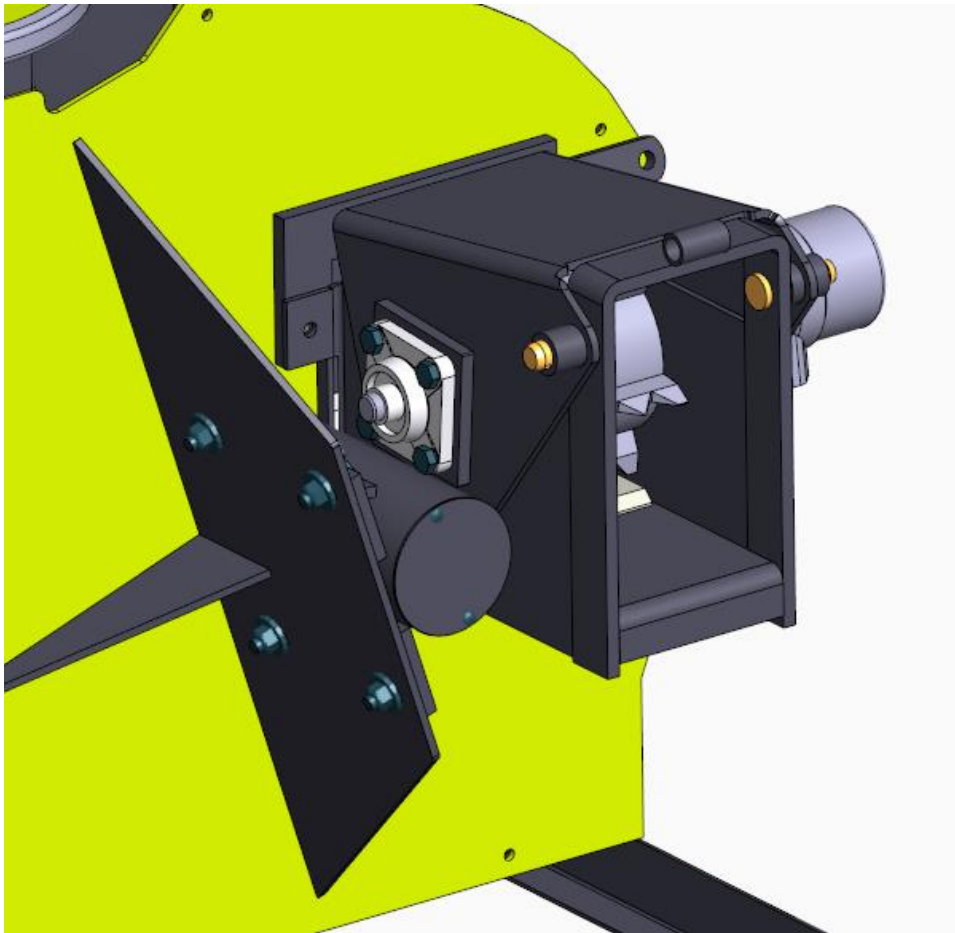
Kuvio 23. Syöttölaitteen yläosa.

Kuviossa 24 on syöttölaitteen kokoonpano. Syöttölaite on kiinnitetty alaosastaan kammiossa olevaan kiinnityslevyyn. Yläosa on asetettu alaosan sivuissa oleviin uriin ja kiinnitetty etupäässä olevilla holkeilla. Laitteen etureunaan on hitsattu holkki syöttösuppilon kiinnitystä varten, kuten M-mallissakin. Syöttölaitteen kokoonpano toteutettiin mahdollisimman vähillä osilla ja yksinkertaisesti.



Kuvio 24. G-mallin syöttölaite ja suppilon kiinnitys.

Nykyisessä mallissa syöttörullan hydraulimoottori on toisella puolella syöttölaitetta. Uudessa mallissa syöttölaitteen ollessa suorassa kammioon nähden, moottori ei mahtunut samalle puolelle terälaikan laakeroinnin vuoksi. Moottorin kiinnitystä pohdittaessa tuli esille asia, että syöttörulla tulee olla mahdollisimman lähellä terälaikaa tai muuten ohut puu alkaa kietoutua rullan ympärille. Tämä asia oli opittu yrityksen aiemmista syöttörullalla varustetuista hakkureista. Tämän vuoksi moottori kiinnitettiin syöttölaitteiston toiselle puolelle mahdollisimman pienelle etäisyydelle terälaikasta. Sen vaihtaminen toiselle puolelle ei ollut mikään ongelma, mutta se vie nyt vähän enemmän tilaa koneen reunalta. Syöttölaitteen ja terälaikan laakeroinnin väliin jäi todella vähän tilaa, joten syöttörullan laakeroinnin sovittaminen oli hieman haasteellista. Syöttölaitteen särmäyksiä hienosäädettiin hieman sekä laitteiston ai-nevahvuudet mietittiin uudelleen, jolloin laakerointi saatiin mahtumaan (kuvio 25).

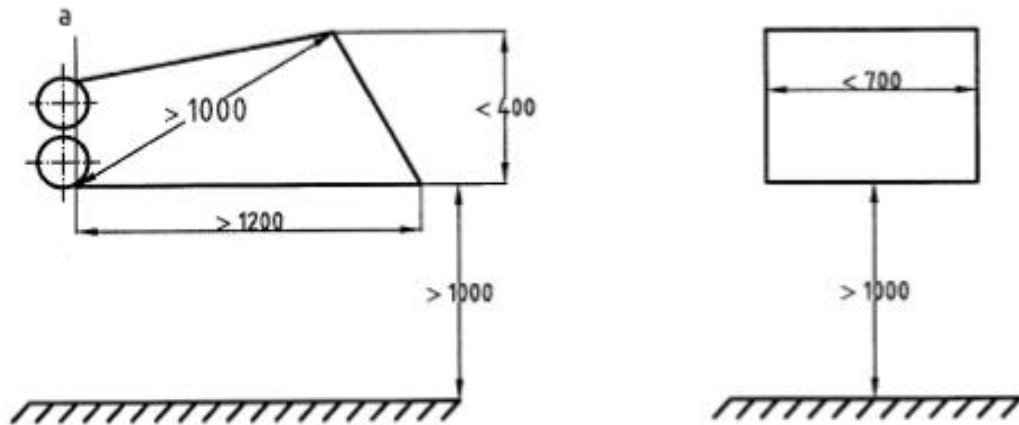


Kuvio 25. Syöttölaitteen laakerointi.

3.4.3 Syöttösuppilo

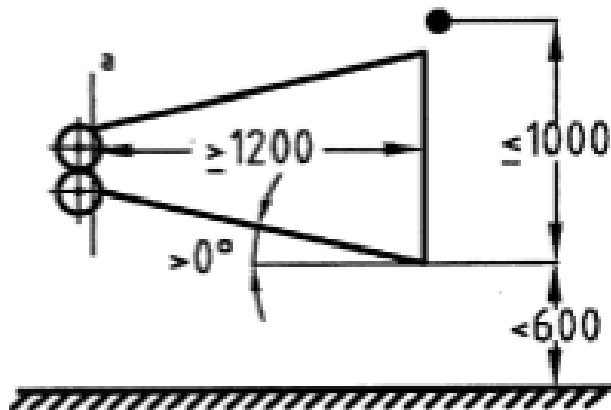
Syöttösuppilon suunnittelussa täytyi huomioida useita standardissa SFS-EN 13525+A1 (2007, kohta 4.3.3.1) ilmoitettuja, turvallisuuden kannalta oleellisia mittoja. Standardissa suppilot jaetaan sen alareunan ja maan pinnan välisen etäisyyden mukaan kahteen ryhmään, nämä ryhmät ovat A ja B.

Uuden hakkurin M-malli kuuluu suppilon asentonsa vuoksi standardin ryhmään A. Standardissa SFS-EN 13525+A1 (2007, kohta 4.3.3.1.1) kerrotaan, että ryhmän A koneissa, joissa työasennossa olevan syöttösuppilon alareuna on vähintään 1000 millimetrin korkeudella maasta, täytyy pienin vaakasuora etäisyys suppilon ulkoreunasta referenssitason olla taulukon 2 mukainen. Tämän lisäksi suppilon täytyy täyttää kuviossa 26 annetut mitat.



Kuvio 26. Ryhmän A syöttösuppilon mitat (SFS-EN 13525+A1 2007, kohta 4.3.3.1.1).

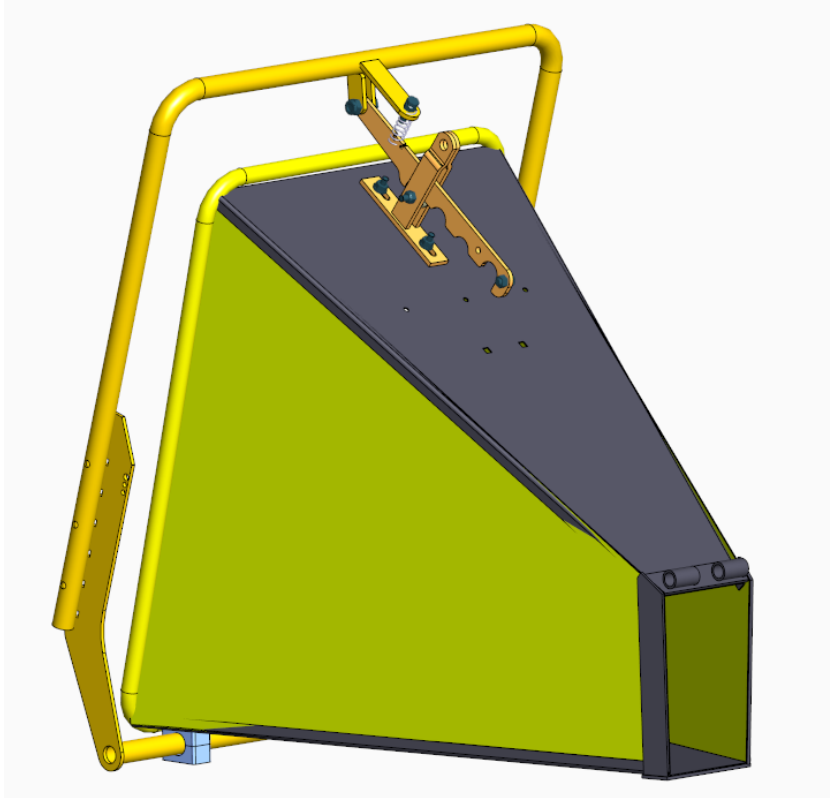
Uuden hakkurin G-malli kuuluu standardin ryhmään B. Standardissa SFS-EN 13525+A1 (2007, kohta 4.3.3.1.3) sanotaan, että ryhmän B koneissa, joissa työasennossa olevan syöttösuppilon alareuna on alle 600 millimetrin korkeudella maasta, täytyy pienin vaakasuora etäisyys suppilon ulkoreunasta referenssitasolle olla 1200 millimetriä. Lisäksi etäisyys suppilon alareunasta syötön hallintalaitteen keskiviivaan ei saa olla suurempi kuin 1000 millimetriä (kuvio 27).



Kuvio 27. Ryhmän B syöttösuppilon mitat (SFS-EN 13525+A1 2007, kohta 4.3.3.1.3).

Syöttösuppilon korkeus ja pituus suunniteltiin hyvin lähelle nykyisen mallin mittoja edellä mainitut standardin vaatimukset huomioiden. Sen leveys muuttui hieman ja

suppilon vinossa oleva pääty muutettiin suoraksi, koska uudessa mallissa se kiinnitetään suoraan syöttölaitteeseen nähden. Syöttösuppilon kiinnitys syöttölaitteeseen tapahtuu tappiliitoksella sen yläreunassa olevista holkeista (kuvio 28).



Kuvio 28. Syöttösuppilo.

Standardin SFS-EN 13525 + A1 (2007, kohta 4.2.4.1) mukaan jokaisessa koneessa täytyy olla syötön pysäytyksen hallintalaitte. Sen sijainnin, rakenteen ja toiminnan pitää olla sellainen, että käyttäjä pystyy hätätilanteessa pysäyttämään syötön. Esimerkiksi jos käyttäjä takertuu koneeseen syötettävään puuhun. Syötön pysäytys on pystyttävä aktivoimaan työntämällä hallintalaitetta syötön suuntaan myös muilla ruumiinosilla kuin käsillä, esimerkiksi hartioilla, kyynärpäällä, vartalolla ja niin edelleen.

Kuviossa 28 suppilon päällä ja reunoilla näkyvä keltainen kokoonpano on syötön pysäytyksen ja takaisinsyötön ohjausmekanismi. Nykyisessä mallissa tämä ohjaustoiminto on täysin mekaaninen. Uuteen malliin pysäytystoiminto toteutetaan sähköisenä, koska joidenkin vientimaiden viranomaiset näin vaativat. Ohjausmekanismin kahvaosa tehtiin valmiiksi, mutta mekanismin sähkökomponentteja ei prototyyppi-vaiheessa haluttu vielä asentaa.

3.5 Puhallustorvi

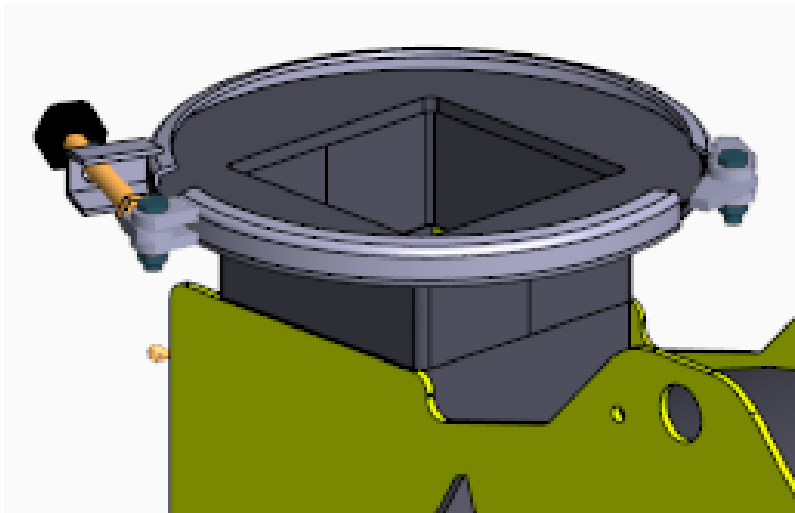
Aluksi suunniteltiin, että tässäkin hakkurissa käytettäisiin samaa puhallustorvea kuin uudemmissa isommissa hakkureissa. Isomman torven ja nykyisen torven hintaver-
tailussa todettiin, että isompi torvi on paljon kalliimpi kuin nykyinen. Torvea kuitenkin sovitettiin uuden hakkurin kammion päälle, jolloin sen todettiin olevan myös liian iso käytettäväksi pienituottoisessa hakkurissa.

Edellä mainittujen asioiden pohjalta päädyttiin kuvion 29 näköiseen ratkaisuun. Tor-
ven runko on hyödynnetty nykyisestä torvesta, jolloin torven koko pysyi entisellään. Torven päässä oleva säätölippa tehtiin kokonaan uusiksi vastaamaan muotoilultaan paremmin uutta mallistoa. Myös lipan säätömekanismi ehostettiin uuden malliston tasolle, jolloin lipan asennolle saatiin enemmän säätömahdollisuuksia, kuin mitä nykyisessä mallissa on.



Kuvio 29. Puhallustorvi.

Torven kiinnityksestä kammioon oli paljon keskustelua ja mielipiteitä. Keskustelujen aiheena oli, että tehdäänkö torvesta käännettävä vai ei, ja jos tehdään niin miten se toteutetaan. Asiaa pohdittaessa päädyttiin siihen, että torven täytyy olla käännettävä sekä helposti irrotettavissa. Isommissa hakkureissa on käytössä hieno toimiva kääntömekanismi. Sen käyttöä pohdittiin myös tässä koneessa, mutta asiaa tarkasteltaessa todettiin se liian kalliiksi. Halvimmaksi ja käytännöllisimmäksi vaihtoehdoksi todettiin yksinkertainen pantamekanismi (kuvio 30). Panta on helppo ja nopea ruuvata käsin auki ja kiinni, jolloin torvea voidaan kääntää tai se voidaan ottaa kokonaan pois, esimerkiksi huollon tai kuljetuksen ajaksi.



Kuvio 30. Torven kiinnityspanta.

3.6 Kokoonpanorakenne

Hakkurista tehtiin kaksi pääkokoonpanoa, M-mallin kokoonpano (kuvio 31) ja G-mallin kokoonpano (kuvio 32). Pääkokoonpanoihin tuotiin kaikki malliin kuuluvat alikokoonpanot, jotka ovat runko, kammio, puhallustorvi, syöttölaitteistot ja syöttösuppilo. Molemmat mallit koostuvat samoista alikokoonpanoista, syöttölaitteistoja lukuun ottamatta. Kuten edellisessä luvussa kerrottiin, on molemmilla malleilla omat syöttölaitteistonsa. Kokoonpanoihin tuotiin myös kaikki alikokoonpanojen ja muiden

irto-osien kiinnitystarvikkeet, kuten tapit, holkit ja sokat. Osien ja kokoonpanojen liittämässä toisiinsa käytettiin hitsausliitoksia, pultti- ja ruuviliitoksia sekä saksisokkaliitoksia.



Kuvio 31. M-malli.



Kuvio 32. G-malli.

3.7 Koneen huollettavuus

Konetta suunnitellessa pyrittiin huomioimaan huollon ja säätötoiminnan helppous. Hakkeen palakokoon sekä laatuun vaikuttavat oleellisesti teräasetus ja terien kunto. Tämän vuoksi voidaan koneen tärkeimpinä huoltokohteina pitää terälaikan teriä sekä vastaterää. Terälaikan terien säätö sekä vaihtaminen on helppo tehdä kamion etuosan saranoinnin ansiosta. Myös vastaterän säätäminen sekä vaihtaminen on helppoa, koska vastaterän kiinnitysruuvit ovat syöttölaitteiston pohjassa näkyvällä paikalla. Vastaterän säätötoiminnan ajaksi suppilo on helppo nostaa pystyasentoon tai ottaa kokonaan irti, koska suppilo on kiinnitetty vain yläosastaan sokkavarmisteisella tappiliitoksella.

4 YHTEENVETO

Tämän oppinäytetyön tarkoituksena oli suunnitella Junkkari Oy:lle uusi pienen koluokan laikkahakkuri. Uuden koneen suunnittelussa oli useita tavoitteita. Hakkurin valmistuskustannukset täytyi saada pienemmiksi. Nykyisen koneen vinosyöttöinen syöttölaitteisto haluttiin suorasyöttöiseksi siten, että syöttöaukkoon mahtuu läpimitaltaan 10 senttimetriä oleva puu. Syöttölaitteistosta haluttiin myös kaksi eri mallia, täysin käsisyöttöinen sekä yhdellä syöttörullalla varustettu. Hakkurin muotoilu täytyi saada nykyaikaisemmaksi sekä yhtenäisemmäksi muun malliston sekä Junkkari Oy:n imagon kanssa.

Työn alussa kerrottiin, minkälainen kone on kyseessä sekä miten se toimii ja mitä sillä tehdään. Tämän jälkeen käsiteltiin ja vertailtiin erilaisia tuotekehitysmalleja. Näistä malleista otettiin käyttöön tähän työhön parhaiten sopiva nelivaiheinen VDI 2221 tuotekehitysmalli. Tämän mallin kaikki eri vaiheet käytiin tarkasti läpi kohta kohdalta. Teoriaosuudessa käsiteltiin myös valmistettavuuteen sekä muotoiluun liittyviä asioita. Tuotekehityksen ja valmistettavuuden teorian läpikäynnin jälkeen kerrottiin laitteen suunnittelusta sekä teoriassa kerrottujen asioiden huomioimisesta suunnitteluprosessissa.

Koneen suunnittelu toteutettiin teoriassa esitellyn nelivaiheisen tuotekehitysmallin sekä yrityksen oman mallin pohjalta. Näitä kahta mallia oli hyvä käyttää rinnakkain, sillä ne ovat hyvin samankaltaisia. Yksityiskohtaisempi nelivaiheinen malli tuki myös hyvin yrityksen mallin näkemyksiä ja täydensi sen suppeampia kohtia. Tuotekehitysmallin mukaiset suunnitteluvaiheet olivat tuoteprojektin käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Kaikki suunnitteluvaiheet tehtiin rinnakkaissuunnitteluna, eli suunnittelu tapahtui tiiviissä yhteistyössä johon osallistui suunnittelijoiden lisäksi myynnin ja markkinoinnin ihmisiä. Kaikissa suunnittelun eri vaiheissa pyrittiin huomiomaan DFMA:n mukaiset kustannusten alentamiseen liittyvät seikat. Yrityksen luonnosteluprosessia voitaisiin tehostaa reunaehdoja katselmoimalla ja tarkentamalla.

Suunnitellut osat ja kokoonpanot toteutettiin hakkureiden turvallisuusstandardin SFS-EN 13525+A1 vaatimusten mukaisesti. Erityisesti tässä työssä huomioitavat vaatimukset liittyivät kammioon sekä syöttösuppiloon. Kammion seinämäpaksuus

täytyi olla riittävä teräasetelman halkaisijaan nähden. Tämä turvallisuusasia huomiointiin tekemällä kammio riittävän vahvalla ainevahvuudella, joka tässä tapauksessa oli 3mm. Syöttösuppilon rakenteelle annettiin useita eri mittavaatimuksia. Nämä vaatimukset täytyi huomioida suppilon pituudessa, korkeudessa, leveydessä ja ristimitassa.

Syöttölaitteistosta onnistuttiin tekemään suorasyöttöinen sekä molemmat halutut mallit. Valmistuskustannuksien minimoinnissa suuressa osassa oli DFMA-periaatteiden mukainen suunnittelu. DFMA-suunnittelun kymmenestä pääkohdasta tärkeimmiksi tämän projektin tavoitteiden saavuttamisen kannalta nousivat osien määrän minimointi, osien helppo paikalleen tuonti, osien yhteensopivuuden maksimointi sekä modulaarinen suunnittelu. Vielä tässä vaiheessa tarkkoja valmistuskustannuksia on vaikea arvioida. Kuten luvussa 2.7.1 kerrottiin, tarkentuu kustannusten arviointi mitä lähemmäs tuotannon käynnistämistä edetään. Karkeasti arvioiden valmistuskustannukset pienevät reilun kolmasosan nykyisestä. Tarkat valmistuskustannukset pystytään tässä tapauksessa laskemaan vasta nollasarjan valmistuksen jälkeen.

Kaikki suunnitellut osat pyrittiin tekemään muodoltaan sellaisiksi, että ne olisivat yhtenäisiä muiden hakkureiden kanssa. Muotoilun toteuttaminen oli välillä haastavaa, sillä myös koneen tekniset tavoitteet täytyi saavuttaa. Uudessa hakkurissa eniten muotoilua vaatinut kohde oli kammio. Kammion nykyinen nelikulmainen muoto saatiin muutettua pyöreämmäksi sekä sulavamman näköiseksi. Uuden hakkurin muotoilu saatiin toteutettua kaikilta osin vastaamaan yrityksen muiden tuotteiden muotoilua. Lopputuloksena saatiin suunniteltua kaikki tavoitteet täyttävä pienen kokoluokan laikkahakkuri, joten projektia voidaan siis pitää kaikilta osin onnistuneena.

Suunnitellusta 3D-mallista tehtiin kaikki valmistuskuvat. Kuvien avulla yritys valmistaa tuotteesta prototyypin, jonka avulla testataan koneen valmistettavuutta, sekä tarkastellaan onko siinä jotain puutteita tai vikoja. Prototyypin valmistuksessa mahdollisesti ilmenneet ongelmat korjataan, jonka jälkeen voidaan valmistaa nollasarja ja käynnistää tuotanto.

LÄHTEET

- Bioenergianeuvoja. 2017. Biopolttoaineet. [Verkkosivu]. [Viitattu 24.1.2017]. Saatavana: <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hake/kaytto>
- EN ISO 13857. 2008. Safety of machinery-Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs. Brussel: European Committee for Standardization.
- Hietikko, E. 2008. Tuotekehitystoiminta. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.
- Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. 6. korj. p. Helsinki: Otatieto.
- Junkkari. Ei päiväystä. Yritysinfo. [Verkkosivu]. [Viitattu 17.11.2016]. Saatavana: <http://www.junkkari.fi/junkkari>
- Junkkari. Ei päiväystä. Tietoa yrityksestä. [Verkkosivu]. [Viitattu 18.11.2016]. Saatavana: <http://www.junkkari.fi/webshop/tietoa-yrityksesta.html>
- Junkkari. Ei päiväystä. Tuotteet. [Verkkosivu]. [Viitattu 19.11.2016]. Saatavana: <http://www.junkkari.fi/tuotteet>
- Junkkari. Ei päiväystä. Laatu ja ympäristö. [Verkkosivu]. [Viitattu 30.11.2016]. Saatavana: <http://www.junkkari.fi/laatu-ja-ymparisto>
- Katajamäki, A. 9.1.2017. Kuvia opinnäytetyöhön. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Niko Lehtola. [Viitattu 9.11.2017].
- Knuuttila, K. 2003. Puuenergia. Jyväskylä: Jyväskylän teknologiakeskus.
- Kukkola, T. 8.11.2016. Hakkurista. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Niko Lehtola. [Viitattu 8.11.2016].
- Laakko, T., Sukuvaara, A., Borgman, J., Simolin, T., Björkstrand, R., Konkola, M., Tuomi, J. & Kaikonen, H. 1998. Tuotteen 3D-CAD-suunnittelu. Porvoo: WSOY.
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.
- Luke. 27.5.2016. Metsähakkeen käyttö supistui 2015. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.12.2016]. Saatavana: <https://www.luke.fi/uutiset/metsahakkeen-kaytto-su-pistui-2015/>

- Motiva. 28.3.2014. Metsähake. [Verkkosivu]. [Viitattu 13.12.2016]. Saatavana: http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/energiaa_metsasta/metsahake
- Piironen, T. 2013. Teräsrakenteiden suunnitteluohjeita parempaan valmistettavuuteen. [Verkkojulkaisu]. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu. [Viitattu 9.2.2017]. Saatavana: <http://portal.savonia.fi/pdf/julkaisutoiminta/2013-hitnet-suunnittelijanopas.pdf>
- SFS-EN 13525 + A1. 2007. Metsäkoneet-hakkurit-turvallisuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- Sirkka, J. 2015. Tuotekehitysprojektin kannattavuuden arviointi. [Verkkojulkaisu]. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Teknisten tieteiden tiedekunta, automaatiotekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. [Viitattu 12.12.2016]. Saatavana: <http://URN.fi/URN:NBN:fi:tyy-201512111821>
- Tekes. 2008. Masina-koneenrakennuksen teknologiaohjelma 2002-2007. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 1.2.2017]. Saatavana: https://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/masina_loppuraportti.pdf
- Ulrich, K. & Eppinger, S. 2012. Product design and development. 5. uud. p. New York: McGraw-Hill companies.
- Vertex. 2016. Yritys. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.12.2016]. Saatavana: <https://www.vertex.fi/web/fi/yritys>
- Vertex. 2016. Mekaniikkasuunnittelu. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.12.2016]. Saatavana: <https://www.vertex.fi/web/fi/mekaniikkasuunnittelu#lahella>
- Välimaa, V., Kankkunen, M., Lagerroos, O. & Lehtinen, M. 1994. Tuotekehitys: asiakastarpeesta tuotteeksi. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

LIITTEET

Liite 1. HJ-4 tekniset tiedot

LIITE 1 HJ-4 tekniset tiedot

OMINAISUUS	HJ4M	HJ4G
Syöttöaukon koko, cm	20 x 17	20 x 17
Terälaikan halkaisija, cm	43	43
Terälaikan massa, kg	45	45
Terien lukumäärä, kpl	3	3
Kierrosluku, r/min	540-1000	540-1000
Teräasetus, mm	4-12	4-12
Suurin puun halkaisija, cm	10	10
Haketusteho, m ³ /h	2-6	2-6
Tehon tarve *, kWh/hv	10-35/14-50	10-35/14-50
Paino, kg	172	250
Pituus työasennossa, cm	125	170
Pituus kuljetusasennossa, cm	120	120
Leveys työasennossa, cm	150	165
Leveys kuljetusasennossa, cm	145	125
Korkeus kuljetusasennossa, cm	190	190
Hydraulinen syöttövarustus/rullien lkm	lisävaruste	1
Risuterät laikkaan	lisävaruste	lisävaruste
No-stress	lisävaruste	vakio (mob)

*) Terien säädöllä, terävyydellä, teräasetuksella, haketettavan puun koolla ja lajilla on merkittävä vaikutus tarvittavan tehon tarpeeseen.