

# PÄÄTYKASETIN KUSTANNUSTEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Marko Luukkanen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2010

Paperikoneteknologia  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t)  LUUKKANEN, Marko	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 20.5.2010
	Sivumäärä 59+17	Julkaisu kieli Suomi
	Luottamuksellisuus  ( ) saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi PÄÄTYKASETIN KUSTANNUSTEHOKKUUDEN PARANTAMINEN		
Koulutusohjelma Paperikoneteknologia		
Työn ohjaaja(t) MATILAINEN, Jorma, yliopettaja		
Toimeksiantaja(t) Metso Paper Oy KÄRKKÄINEN, Kari, suunnittelupäällikkö		
Tiivistelmä  <p>Puristinosan päätykasetin kustannustehokkuus on jo pitkään koettu ongelmalliseksi Metsolla. Päätykasetit vievät liian paljon suunnittelutunteja projektissa ja tarve kehittää toimivampi ratkaisu on ollut läsnä jo pitkään.</p> <p>Työn tavoitteena oli etsiä kustannustehokkuutta parantavia ratkaisuja päätykasetille. Ongelmia tuottivat aina muuttuva ympäristö ja uudelleen räätälöivät läpivientikasettimallit. Työssä haluttiin päästä toisiaan muistuttavaan ratkaisuvaihtoehtoihin ja laatia päätykasetille yksiselitteinen suunnitteluohje. Tärkeimpänä tavoitteena oli löytää malliratkaisu, joka sopisi mahdollisimman monen kasettipaikkaan.</p> <p>Työssä seurattiin yleistä tuotekehityskaavaa, jonka vaiheita ovat esitutkimus, luonnostelu, suunnittelu sekä viimeistely. Esitutkimusvaiheessa perehdyttiin vanhoihin ratkaisuihin ja niiden ongelmiin. Luonnosteluvaiheessa ideoitiin uusia ratkaisuvaihtoehtoja luomalla vaihtoehtoisia malleja Catia-ohjelmalla. Suunnitteluvaiheessa toteutettiin valitun mallin sijoittaminen oikeaan ympäristöön. Viimeistelyssä laadittiin suunnitteluohje ja paneuduttiin viimeisiin yksityiskohtiin.</p> <p>Tuloksena syntyi malliratkaisu ja -idea, kuinka suunnittelutunteja on mahdollista pienentää huomattavasti nostamatta muita kustannuksia. Tuoteesta rakennettiin esimerkkikaappi ja ratkaisua pyritään käyttämään tulevaisuudessa hyväksi. Uusi ratkaisumalli poikkeaa vanhasta merkittävästi ja välttää vanhassa mallissa ilmeneviä ongelmia ja säästää kustannuksia huomattavasti.</p>		
Avainsanat Paperikone, puristinosa, päätykasetti, kustannustehokkuus, modulointi		
Muut tiedot		



Author(s) LUUKKANEN, Marko	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 20.5.2010
	Pages 59+17	Language Finnish
	Confidential <input type="checkbox"/> Until	Permission for web publication <input checked="" type="checkbox"/> ( X )
Title IMPROVING THE COST EFFICIENCY OF THE PRESS SECTION END CASSETTE		
Degree Programme Paper Machine Technology		
Tutor(s) MATILAINEN, Jorma, Principal lecturer		
Assigned by Metso Paper Oy KÄRKKÄINEN, Kari; Manager, Engineering		
Abstract <p>The cost efficiency of the press section end cassette has been considered a problem for some time now at Metso. End cassettes take too many valuable design hours in projects. Therefore a need to develop a more functional solution to the problem has existed for a long time.</p> <p>The aim of the thesis was to find solutions to improve the cost efficiency of designing the end cassette. Problems were being caused by the ever changing surroundings and tailored lead-in cassette models. The desired result of the thesis was to reach similar, alternative solutions and to create design instructions for the end cassette. The most important goal was to reach a model solution that would fit to most cassette slots</p> <p>A common research and development pattern was used in the creation of the thesis. The following stages were implemented in the process: feasibility study, drafting, design and finishing. The feasibility study phase concentrated on old solutions and their problems. In the drafting phase new ideas were composed by creating alternative model solutions with the Catia design software. In the design phase the selected model was placed into its place. The finishing phase concentrated on finalizing the details of the final model and in creating the design instructions.</p> <p>As a result a model solution and an idea of how to reduce design hours significantly without increasing other costs was created. An example model of the model product of the thesis was built. The new solution found is meant to be utilized in the future. The new solution differs greatly from the old ones and avoids the problems occurred in earlier models thus reducing costs significantly</p>		
Keywords Paper machine, press section, end cassette, cost efficiency, modulation		
Miscellaneous		

# SISÄLTÖ

<b>1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT .....</b>	<b>5</b>
<b>2 TOIMEKSIANTAJA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Metso konserni.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Metso Paper Oy .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Puristinosasto .....</b>	<b>7</b>
<b>3 PAPERIKONEEN PURISTINOSA .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Märkäpuristuksen mekanismi .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2 Puristinosan päätykasetti.....</b>	<b>10</b>
3.2.1 Rotametri.....	11
3.2.2 Soikioratasvirtausmittari .....	12
3.2.3 Rasva-annostelija.....	12
3.2.3 Positiolinjat 90 ja 100 .....	14
<b>4 VALMISTETTAVUUS.....</b>	<b>15</b>
<b>4.1 DFM- Design for Manufacturability .....</b>	<b>15</b>
<b>4.2 Osien valmistettavuus.....</b>	<b>15</b>
4.2.1 Ohutlevyosien mitoitusperiaatteita ja työmenetelmiä.....	15
4.2.2 Koneistuksen mitoitusperiaatteita ja valmistusmenetelmiä. ....	21
4.2.3 Osien toleroinnin merkitys.....	23
4.2.4 Ympäristömyötäisyys .....	24
<b>4.3 Liitosmenetelmät.....</b>	<b>25</b>
4.3.1 Kokoonpanohitsaus .....	25
4.3.2 Ruuviliitos .....	28
4.3.3 Putkiliitos .....	29
<b>5 MODULOINTI .....</b>	<b>31</b>

5.1 Yleistä.....	31
5.2 Moduloitijärjestelmät .....	32
<b>6 TUOTEKEHITYSTOIMINTA .....</b>	<b>35</b>
6.1 Tuotekehitysprojekti.....	36
6.2 Esitutkimus .....	37
6.3 Luonnostelu.....	37
6.4 Suunnittelu .....	40
6.5 Viimeistely .....	40
<b>7 PÄÄTYKASETIN KEHITTÄMINEN .....</b>	<b>42</b>
7.1 Esitutkimus .....	43
7.2 Luonnostelu.....	44
7.3 Suunnittelu .....	46
7.4 Viimeistely.....	49
<b>8 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU.....</b>	<b>51</b>
8.1 Uusi malli.....	51
8.2 Modulointi.....	52
8.3 Suunnitteluohje .....	55
<b>9 POHDINTA.....</b>	<b>55</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>57</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>60</b>
Liite 1. Aikataulu.....	60
Liite 2. Päätökasetin vaatimuslista .....	61
Liite 3. Päätökasettien vertailu ja ratkaisumallin valinta .....	62
Liite 4. Päätökasetin suunnitteluohje .....	69

## KUVIOT

KUVIO 1. Metson rakennejakauma .....	6
KUVIO 2. Puristinosan henkilöstöorganisaatio .....	8
KUVIO 3. Opti Press puristimen layoutkuva .....	9
KUVIO 4. Raina märkäpuristuksessa .....	10
KUVIO 5. Päätykasettien sijoitus Opti-Press puristimella .....	11
KUVIO 6. Rotametri .....	12
KUVIO 7. Soikioratasvirtausmittari.....	12
KUVIO 8. Rasvaputkisto ja rasva-annostelija .....	13
KUVIO 9. Positio 90 tiivistevesilinja.....	14
KUVIO 10. Positio 100 suihkuvesiputkisto .....	15
KUVIO 11. Lävistämisen vaiheet.....	16
KUVIO 12. Oikea tapainen asettelu oikealla .....	17
KUVIO 13. Särmääminen .....	18
KUVIO 14. Suunnitteluvaihtoehdot.....	19
KUVIO 15. Nurkkiin tehtäviä helpotuksia.....	20
KUVIO 16. Työstökustannus ja pinnankarheuden välinen suhde .....	23
KUVIO 17. Toleranssit.....	24
KUVIO 18. TIG-hitsauksen periaate .....	27
KUVIO 19. Ruuviliitoksen jännitys jakauma kuormituksen alaisena.....	28
KUVIO 20. Helmi- ja EO2-liitos .....	29
KUVIO 21. SKA-liitin .....	30
KUVIO 22. EO2-form-liitos.....	30
KUVIO 23. Tuotteen elinkaari.....	32
KUVIO 24. Tuotekehitysprosessi .....	36
KUVIO 25. Luonnostelun työvaiheet .....	38
KUVIO 26. Viimeistelyn työvaiheet .....	42
KUVIO 27. Päätykasetin sijoitus läpivientikasetin päälle .....	43
KUVIO 28. Kaapin törmäystarkastelu .....	46
KUVIO 29. Poikittaissuuntainen kaappi.....	48
KUVIO 30. Suojalevyn sijoitus ChenPM6:een.....	50

KUVIO 31. Modulointivaihtoehdot.....	52
KUVIO 32. CATIA V5 R17 mallirakenne .....	53
KUVIO 33. Päätykasetti ja rasva-annostelija .....	53
KUVIO 34. Viimeistely päätykasetti .....	54

## **TAULUKOT**

TAULUKKO 1. Hitsattavuuteen vaikuttavat tekijät.....	26
TAULUKKO 2. Modulaari järjestelmien eri tyypit.....	33
TAULUKKO 3. Toimintamoduulien erityypit.....	34

# 1 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

Opinnäytetyö tehtiin Metso Paper Oy:n Puristinosastolle Metso Oy:n toimesta. Työn aiheena oli päätykasetin kustannustehokkuuden parantaminen. Päätykasetti on automaatiolaitteille suunniteltu suojakaappi, joka sijoitetaan läpivientikasetin päähän puristinosalla. Aihe oli jo kauan viennyt aikaa ja resursseja niin suunnittelun, kuin asennuksen puolella. Tehtävänä oli suunnitella päätykasetti, joka sopisi mahdollisimman moneen kasettipaikkaan ja olisi kustannustehokkaampi niin valmistuksen, kuin suunnittelun kannalta. Tavoitteina oli pienentää päätykasetista aiheutuvia kustannuksia suunnittelussa, asennuksessa ja valmistuksessa. Työn tuloksena oli tuotettava ohjeistuspäätykasetin suunnitteluun sekä valmis päätykasettimalli piirustuksineen.

Opinnäytetyö tehtiin pääasiallisesti Metso Paperin puristinosan suunnitteluosastolla Rautpohjassa, johon minulle oli varattu työpiste. Työpisteeseen kuului tietokone ja tarvittavat ohjelmat suunnittelua varten. Sain myös opinnäytetyön ohella koulutuksen CatiaPiping-työkalun käyttöön jotta putkistosuunnittelu helpottuisi. Ohjaajana Metso Paper Oy:n puolelta toimi Kari M. Kärkkäinen ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun puolelta Jorma Matilainen. Pääsuunnittelija Mika Eväsoja toimi projektin aikana asiantuntijana.

## 2 TOIMEKSIANTAJA

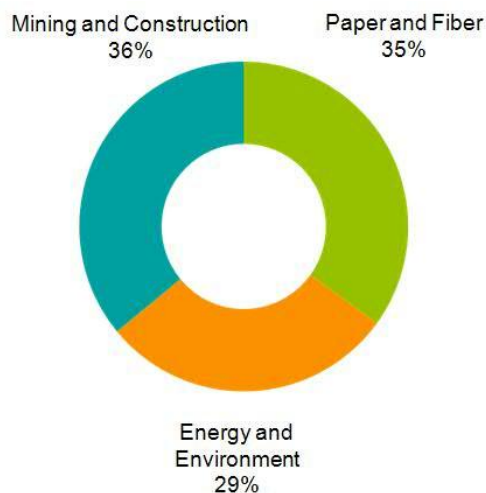
### 2.1 Metso konserni

Metso-konserni syntyi, kun Valmet ja Rauma fuusioituivat heinäkuussa vuonna 1999. Aikaisemmin Metso on harjoittanut muun muassa laivanrakennusta, lentokoneenrakennusta, auton ja traktoreiden valmistusta, puolustusvälinetuotantoa ja paperikonetuotantoa.



Tänä päivänä Metso on kansainvälinen teknologiakonserni, joka tarjoaa teknologioita ja palveluita niin kaivos-, maanrakennus-, metallinkierrätys- ja energiateollisuudelle, kuin myös massa- ja paperiteollisuudelle. Yli 50 maassa toimiva Metso työllistää yli 27 000 henkilöä. Liikevaihto vuonna 2009 oli 5,016 miljardia. (Metso – vuosikertomus 2009, 1-15.)

Metso on johtava paperi- ja kuituteknologian tarjoaja 35 %:n markkinaosuudellaan (ks. kuvio 1). Alansa johtavana yrityksenä tuotevalikoima on laaja. Metso tuottaa asiantuntija- ja huoltopalveluita, sekä tuotantolinjoja paperin, pehmopaperin ja kartongin valmistukseen sekä jälkikäsittelyyn. Lisäksi Metso tuottaa myös linjoja mekaanisen ja kemiallisen massan valmistukseen. Suurimpana kilpailijana valmistuslinjojen saralla toimii saksalainen yritys Voith ja massanvalmistuslinjojen puolella itävaltalainen Andritz. (Mts. 15–38.)



KUVIO 1. Metson rakennejakauma (Metso vuosikertomus 2009)

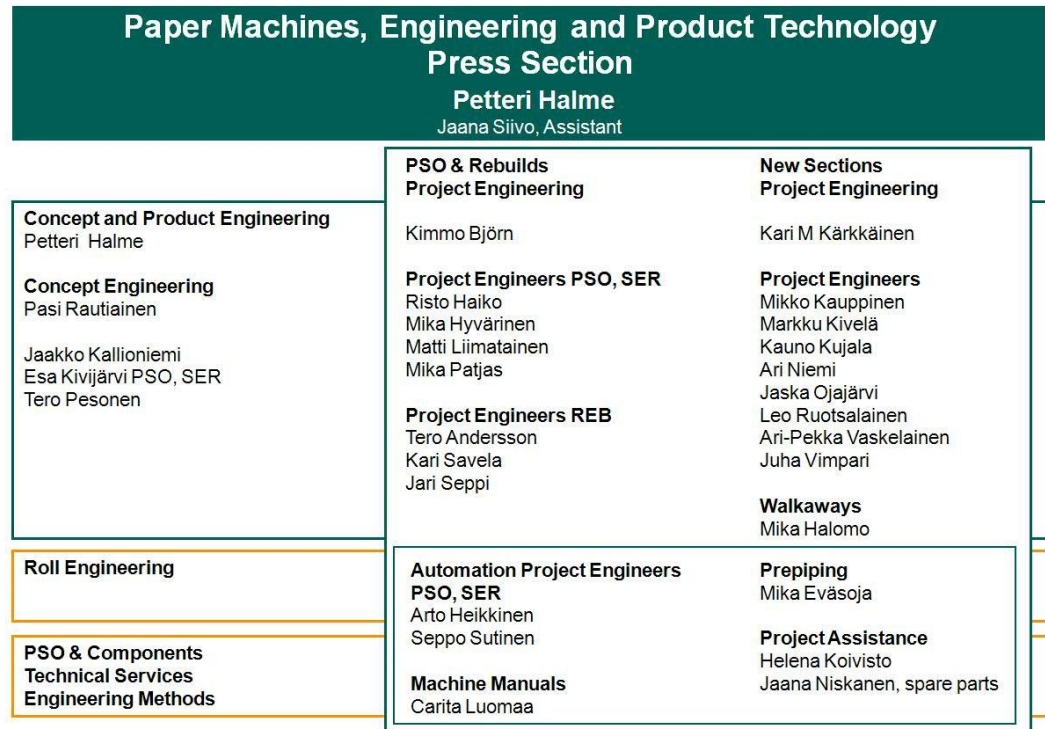
## **2.2 Metso Paper Oy**

Metson Jyväskylän yksikkö perustettiin Jyväskylään vuonna 1938 ja se toimii paperi- ja kuituteknologian pääpaikkana. Perustamisaikoinaan yksikkö toimi tykkitehtaana ja vuonna 1953 yritys aloitti paperikonetuotannon. (Jokinen 1987, 14, 150.) Metso Paper Oy suunnittelee ja valmistaa maailmanlaajuisesti paperin, massan ja energian tuotantolinjoja, koneita sekä laitteita ja toimii niiden asiantuntija- sekä jälkimarkkinapalveluissa. Metso Paper Oy on alansa johtava yritys ja osa Metso konsernia. (Metso- vuosikertomus 2008, 3, 30.)

Jyväskylän Rautpohjassa Metso Paperilla on neljä tuotetehdasta. Nämä ovat paperikonetehtas, koepaperikoneiden muodostama teknologiakeskus, huoltokeskus ja valimo.

## **2.3 Puristinosasto**

Puristinosasto on yksi Metso Paperin suunnitteluosastoista, joihin kuuluvat myös automaatio, kuivatusosa, perälaatikko ja viiraosa. Puristinosaston johtajana toimii Petteri Halme ja osaston henkilökunta jakautuu kuvion 2 mukaisesti.



KUVIO 2. Puristinosan henkilöstöorganisaatio (Halme 2010)

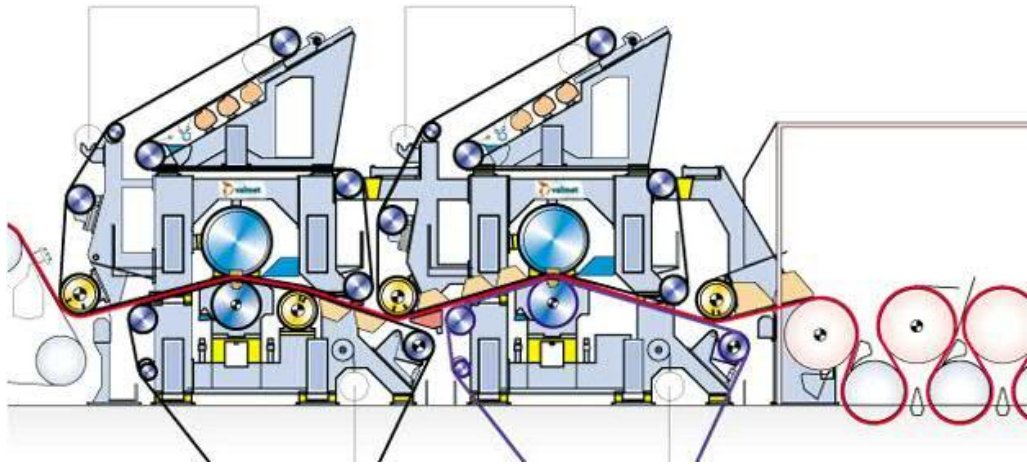
### 3 PAPERIKONEEN PURISTINOSA

Puristinosa on paperikoneen toinen rakenneryhmä heti viiraosan jälkeen. Viiraosalla paperimassa ajetaan perälaatikon kautta viiralle, johon muodostuu paperiraina. Puristinosan (ks. kuvio 3) tehtävä on kasvattaa paperiradan kuiva-ainepitoisuutta puristamalla vettä mekaanisesti pois ennen radan siirtymistä kuivatusosastolle. Tällöin paperi tiivistyy ja siitä poistuu mahdollisimman paljon vettä. Veden poistumista voidaan edesauttaa esilämmittämällä märkää paperirainaa. (KnowPap 2005.)

Mahdollisimman suuren kuiva-ainepitoisuuden saaminen puristimella on tärkeää, sillä kuivatusosalla tarvittavan höyryenergian määrä pienenee tällöin huomattavasti.

Kuiva-ainepitoisuuden nouseminen puristinosalla yhdellä prosentilla merkitsee kuivatusosalla tarvittavan höyryn määrän vähenemistä 3-4 prosenttia. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005,155.)

Samaan aikaan puristinosalla pyritään tuottamaan paperirainaan mahdollisimman suuri märkälujuus, jotta paperirainan siirto puristimelta kuivatusosalle sujuisi katkoitta. Paperirainan rakenteeseen vaikuttaa mekaaninen puristus: puristuspaineen vaikutuksesta kuidut sitoutuvat toisiinsa paremmin. (Mts. 16.)

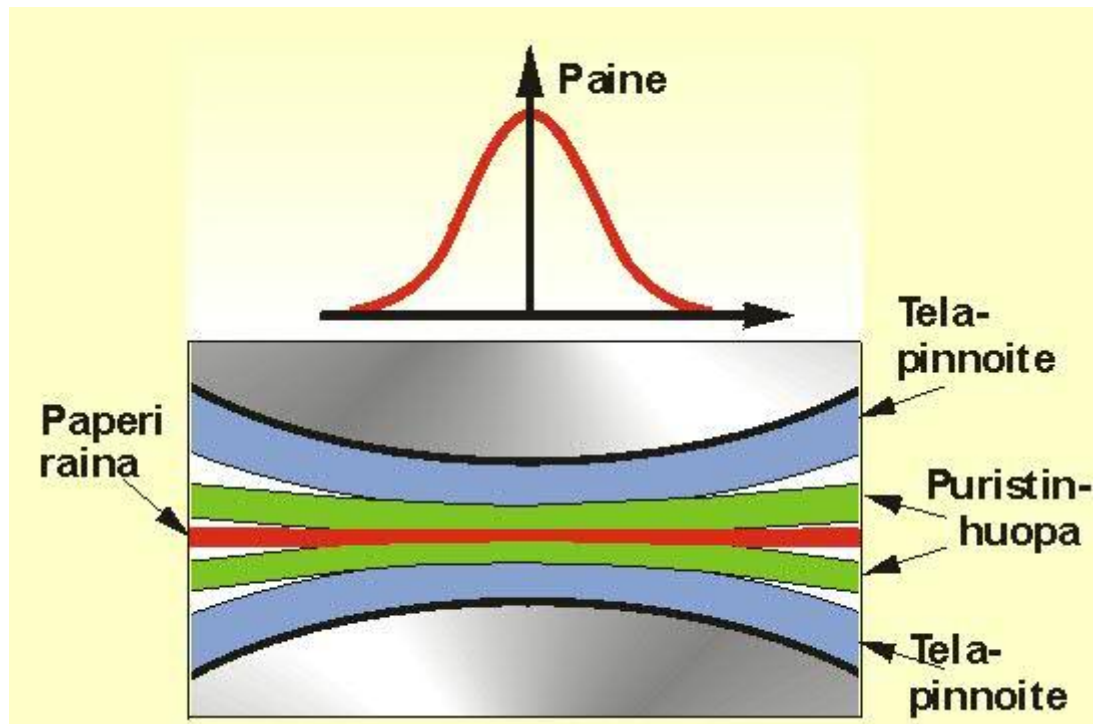


KUVIO 3. Opti Press puristimen layoutkuva (KnowPap 2005)

### 3.1 Märkäpuristuksen mekanismi

Märkäpuristus tapahtuu viemällä paperirainaa yhden tai kahden huovan kanssa telojen muodostaman nipin läpi. Nipissä syntyvän puristuspaineen avulla poistetaan rainasta vettä. Paineen muodostuminen on kuvattu kuvion 4 mukaisesti.

Vedenpoistamiseen vaikuttavat myös puristusaika, huovan ja telan rakenne, lämpötila, massan koostumus ja jauhatusaste, koneen nopeus sekä linjapaine ja viipymäaika nipissä. (KnowPap 2005.)

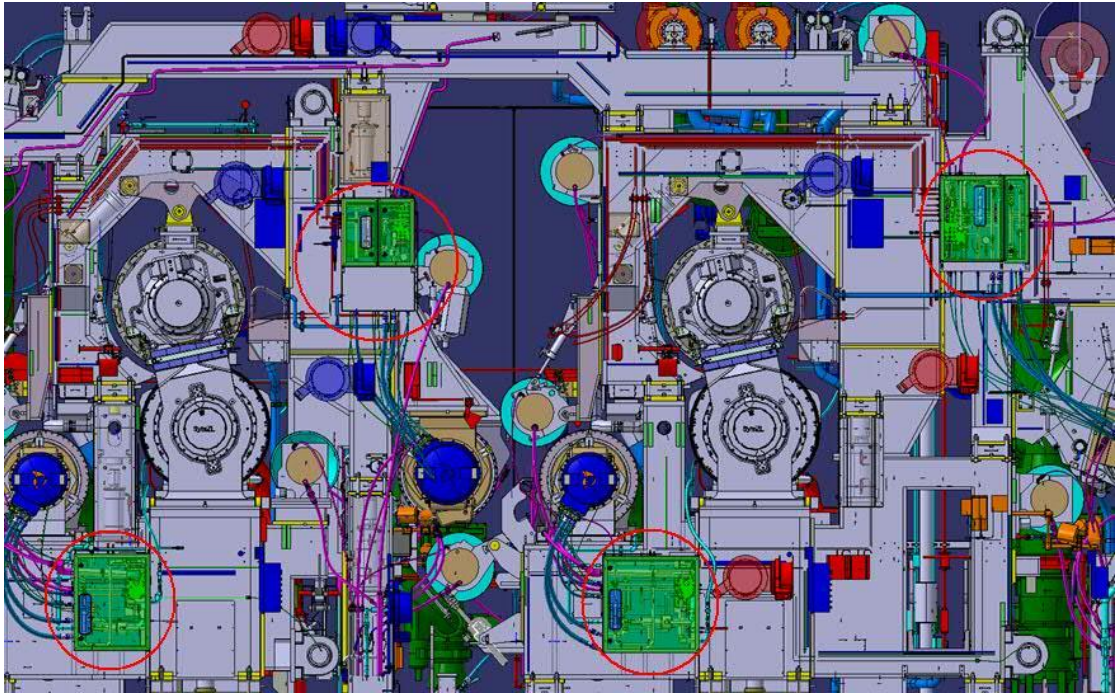


KUVIO 4. Raina märkäpuristuksessa (KnowPap 2005)

### 3.2 Puristinosan päätykasetti

Päätykasetti sijoitetaan läpivientikasetin päähän ja sen toiminnallinen tehtävä on suojata käsiventtiilejä, rotametria, rasva-annostelijaa ja öljyvirtauksen säätöyksikköä eli OCU:a. Läpivientikasetin tarkoituksena on tuoda rasva, vesi, ilma ja sähkö kootusti suojatun putken sisällä paperikoneen käyttöpuolelta hoitopuolelle, jotta huovanvaihto voidaan suorittaa ilman ylimääräistä putkiston purkamista. Puristimesta riippuen putkiston määrä vaihtelee jatkuvasti läpivientikasetin sisällä, joten kasetin sisällä olevien putkipaikkojen standardisointi ei ole mahdollinen. Tästä johtuen päätykasetti joudutaan räätälöimään joka kerta uudelleen. Päätykasetin tarkoitus on näin suojata laitteita, koota tärkeimmät laitteet yhteen paikkaan käytettävyyden parantamiseksi ja olla ulkonäöltään edustava. (Eväsoja, 2010a.)

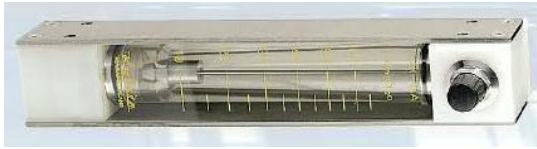
Opti-Press puristinosassa on yhteensä neljä kasettia (ks. kuvio 5), jokaisen huopalenkin sisälle omansa. Seuraavissa osiossa käsitellään päätykasetissa sijaitsevia komponentteja ja linjoja.



KUVIO 5. Päätykasettien sijoitus Opti-Press puristimella

### 3.2.1 Rotametri

Rotametri on laite, joka mittaa lävitse menevän nesteen virtausnopeuden (ks. kuvio 6). Rakenteeltaan se on pystysuuntainen kartiomainen putki, joka kasvaa ylöspäin. Lasin sisällä sijaitsevan uimuri nousee virtauksen kasvaessa. Virtausnopeus luetaan lasin kylkeen sijoitetusta asteikosta. Kuristusventtiilillä voidaan säätää virtausnopeutta haluttuun suuntaan. Rotametri sijoitetaan päätykasetissa positio 90 imutelan tiivisteiden voiteluvesilinjaan. (Sutinen, 2010.)



KUVIO 6. Rotametri (Virtausmittarit 2010)

### 3.2.2 Soikioratasvirtausmittari

Soikioratasvirtausmittari on laite, jolla voidaan mitata suuriviskoottisten aineiden virtausnopeutta (ks. kuvio 7). Virtausta voidaan hidastaa kuristusventtiilillä, ja mittarin sisällä pyörivät soikiorattaat toimivat virtauksen voimasta. Soikiorattaan pyörimisnopeutta mitataan induktiivisella lähestymiskytkimellä. Pulssien lukumäärä ilmoittaa virtauksen litramäärän. (Sutinen, 2010.)



KUVIO 7. Soikioratasvirtausmittari (Soikioratasvirtausmittarit 2010)

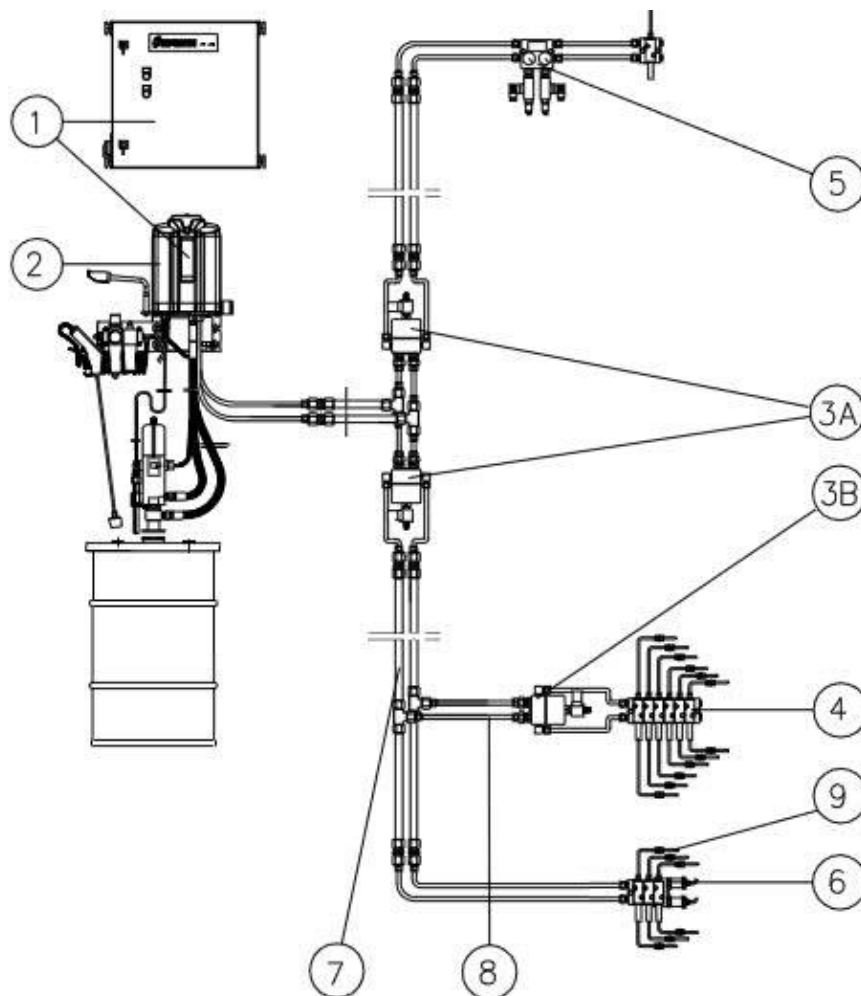
### 3.2.3 Rasva-annostelija

Rasva-annostelijan toimintaperiaate perustuu syöttöputkista saataviin rasvapaineisiin ja tästä aiheutuvaan voimaan, joka liikuttaa annostelijan sisällä sijaitsevaa karaa eteenpäin ja työntää rasvaa voiteluputkistoon (Sutinen, 2010).

Aluksi rasvapumpulla syötetään rasvaa putkistoon (ks. kuvio 8).

Kaksiputkijärjestelmässä viimeisimmän annostelijaryhmän jälkeen sijaitsevat painelähtetimet. Pinalähtetimen antaman tiedon perusteella rasvapumppu vaihtaa syöttölinjaa, jolloin paineesta kertyneellä voimalla puristetaan rasva voiteluputkeen. (Sutinen, 2010.)

Päätykasetissa käytettävät mallit ovat SG 12 ja SG 11. Mallit eroavat toisistaan, siten, että SG 11 -mallissa rasvaa annostellaan vain yhdelle putkelle, kun SG 12 -malli syöttää rasvaa kahteen putkeen. (Sutinen, 2010.)

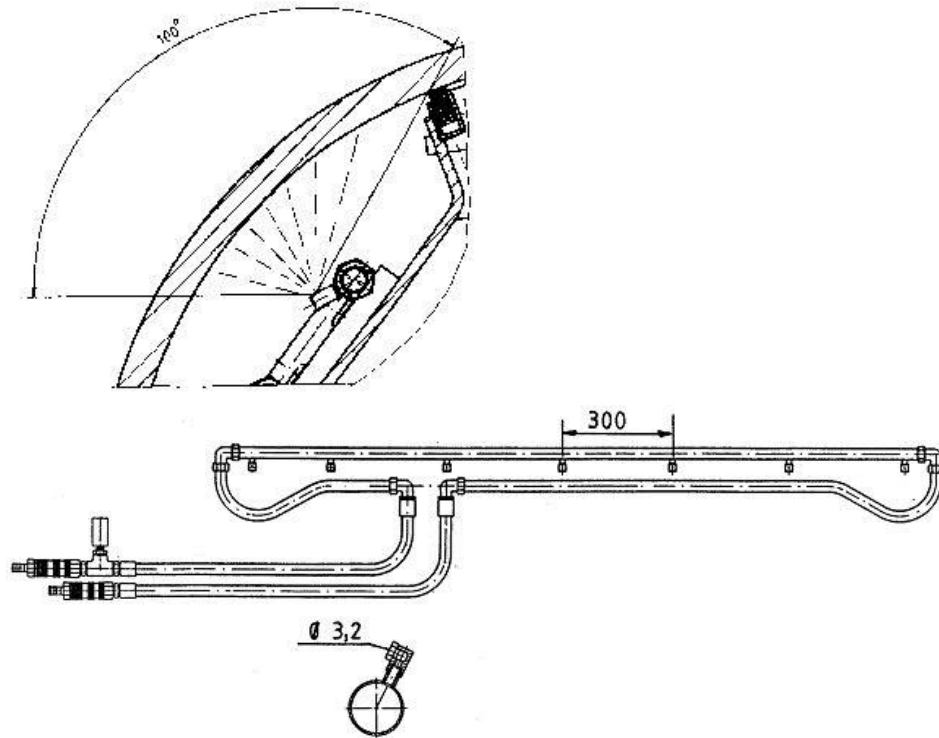


KUVIO 8. Rasvaputkisto ja rasva-annostelija (Eväsoja 2010b)



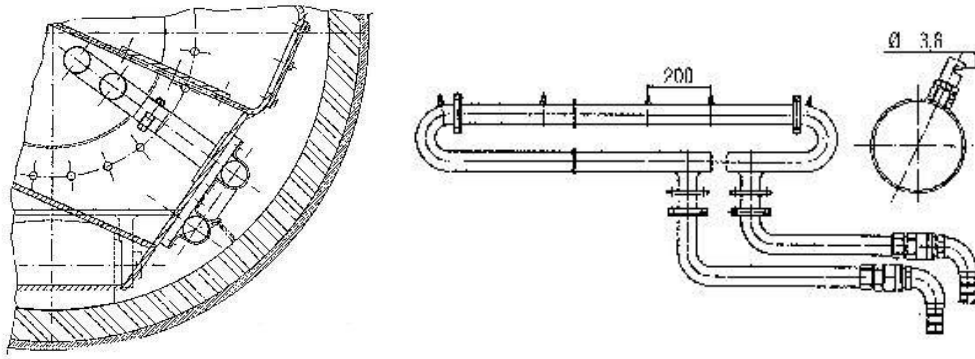
### 3.2.3 Positiolinjat 90 ja 100

Positio 90 linjassa kulkeva tiivistevesi suihkutetaan imutelan sisälle. Sen tarkoitus on voidella imukammioiden välistä tiivistelistaa (ks. kuvio 9).



KUVIO 9. Positio 90 tiivistevesilinja (Eväsoja 2010b)

Positio 100 linjassa kulkeva pesuveden tarkoitus on estää kuoren tukkeutuminen. Puhdistusvettä käytetään katkojen aikana, ja se vaatii toimiakseen 3 bar:n paineen (ks. kuvio 10).



KUVIO 10. Positio 100 suihkuvesiputkisto (Eväsoja 2010b)

## 4 VALMISTETTAVUUS

### 4.1 DFM- Design for Manufacturability

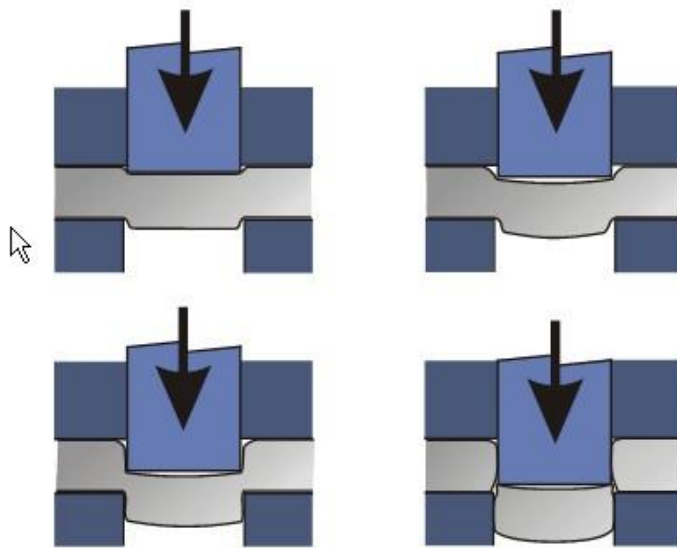
DFM eli valmistusystävällinen suunnittelu sisältää kaikki menetelmät ja järjestelyt, jotka yksinkertaistavat tuotekonstruktion valmistamista, ja näin alentavat tuotteen kustannuksia. Toisin sanoen tämän avulla voidaan suunnitella tuote, joka on mahdollisimman edullinen valmistettavuutensa puolesta. DFM:n tarkoituksena on auttaa tuotetta toimimaan paremmin ja luotettavammin, näyttämään siistimmältä, helpottamaan tuotteen huollettavuutta ja parantamaan tuotteen ympäristökuormitusta. Pääimmäisenä tavoitteena on kuitenkin valmistuskulujen alentaminen. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 13–14.)

### 4.2 Osien valmistettavuus

#### 4.2.1 Ohutlevyosien mitoitusperiaatteita ja työmenetelmiä.

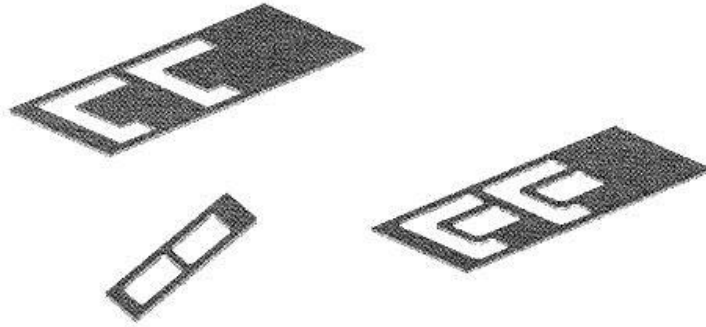
Ohutlevyosien suunnittelua ohjaa usein lävistystekniikka sekä levyn pinta-alan hyvä hyödyntäminen edullisen lopputuotteen aikaansaamiseksi (Lempiäinen & Savolainen 2003, 13–14).

Mekaanisessa lävistämisessä levy laitetaan tyynyn päälle, ja pistin suorittaa työiskun (ks. kuvio 11). Tällöin materiaalin menettäessä muodonmuutoskykynsä alkaa materiaali murtua, ja lopullinen leikkaantumisen tapahtuu murtohalkeamien kohdatessa. (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiitelä, & Hultin 2010, 52.)



KUVIO 11. Lävistämisen vaiheet (Matilainen 2010, 53)

Edullisen lopputuotteen aikaansaamiseksi osan ulkomuotoa ohjaa niiden sijoittelu levylle. Levynpaksuuden valinnan jälkeen isolle esimerkiksi runko-osalle, voidaan ylijäämämateriaalista helposti valmistaa tarvittavat pienet osat samaan aikaan ja oikeissa määrissä (ks. kuvio 12). Kaikki riparakenteet ja ulkonemat haittaavat osien vapaata sijoittelua, joten niitä tulee mahdollisuuksien mukaan lyhentää. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 53.)

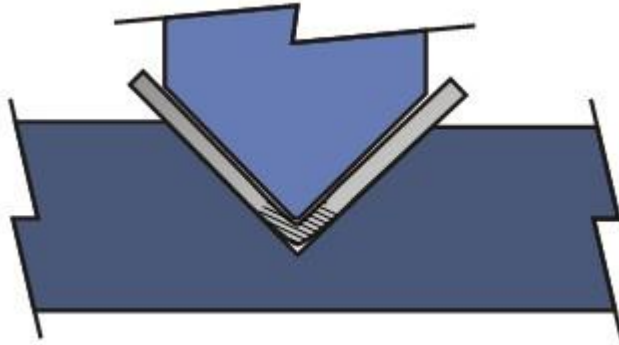


KUVIO 12. Oikea tapainen asettelu oikealla (Lempiäinen & Savolainen 2003, 53)

Terävät kulmat tuottavat helposti valmistusteknisiä ongelmia. Näitä voidaan välttää, mikäli noudatetaan seuraavia nyrkkisääntöjä:

- Älä suunnittele koskaan terävämpää kulmaa kuin  $R=0,8$  mm
- Minimisäteen on oltava vähintään puolet levyn paksuudesta ja
- Älä sijoita levyyn aukon reunaa lähemmäksi kuin  $1,5x$  levyn paksuus. (Mts. 53.)

Ohutlevyn taivutusmenetelmiä ovat särmäys, taivutus taivutuskoneella ja taivutusautomaatti, joista yleisin on särmäys. Särmäyksessä suoritus tehdään vapaataivutuksena tai pohjaaniskutaivutuksena. Särmäyksessä levyn taittaminen suoritetaan kuvion 13 mukaisesti, jossa on kuvattu pohjaaniskutaivutus. Levy puristetaan ylä- ja alatyökalun väliin, jolloin saadaan työkalujen muotoinen pysyvämuodonmuutos levyyn. (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiitelä, & Hultin 2010, 126.)

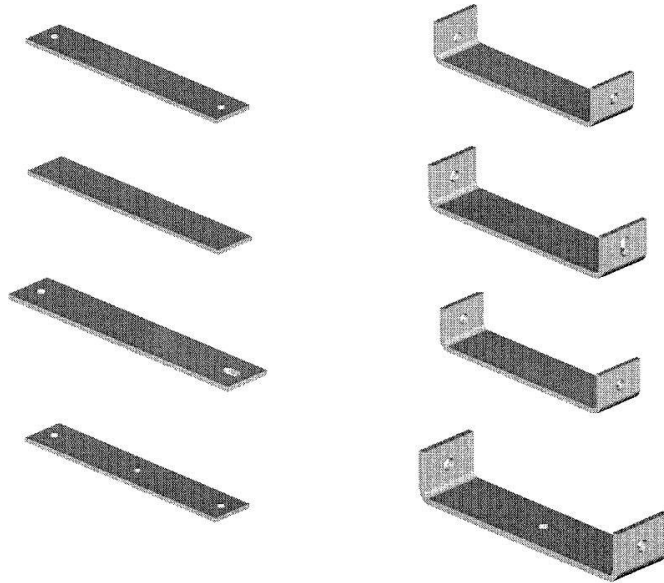


KUVIO 13. Särmääminen (Matilainen 2010, 126)

Reikien samankeskeisyyden saavuttaminen on taivutuksessa ongelma (ks. kuvio 14).

Suunnittelijalla on käytössään seuraavat vaihtoehdot:

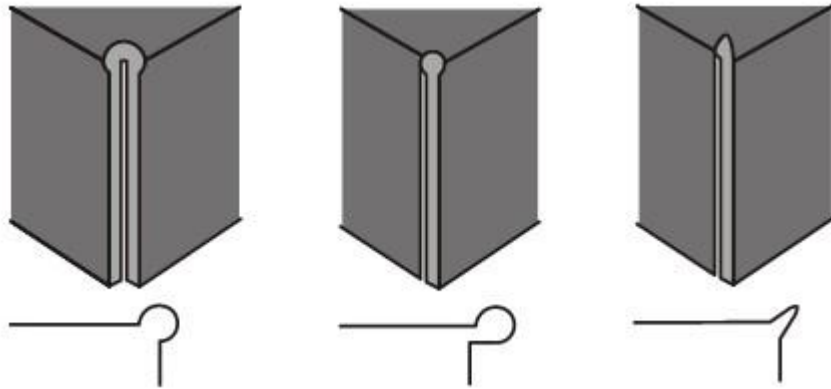
- Rei'itys ennen taivutusta; aiheuttaa todennäköisesti keskitysvirheen
- Rei'itys taivutuksen jälkeen; takaa keskityksen, mutta vaatii koneistusta
- Toinen reikä lävistetään ylisuureksi; säätötoimia kokoonpanossa ja
- Ohjausreikä keskellä; takaa jossain määrin samankeskeisyyden. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 54.)



KUVIO 14. Suunnitteluvaihtoehdot (Lempiäinen & Savolainen 2003, 54)

Taivutuksen jälkeen levyn reunassa tulee olla materiaalia minimissään 2x levynpaksuuden verran. Mikäli levyn reunan jäykkyyttä halutaan lisätä suuremmaksi kuin mitä levy itsessään, tulee reunan laitimmaisten taivutusten sijoittua 8x levynpaksuuden etäisyydelle toisistaan. (Mts. 56.)

Taivutuksessa tulee myös ottaa huomioon kulmiin tehtävät helpotukset (ks. kuvio 15), jotta taivuttaminen nurkkakohdasta voidaan suorittaa erisuuntiin, ja näin ollen estää kulmien repeämistä. Tällöin rakenteesta tulee kestävämpi ja vahvempi. (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiitelä, & Hultin 2010, 148.)



KUVIO 15. Nurkkiin tehtäviä helpotuksia (Matilainen 2010, 149)

Kierre ohutlevymateriaalissa tuottaa vaikeuksia, koska materiaalia ei ole tarvittavaa määrää kierrettä varten, ja tämän vuoksi levynpaksuudelle on asetettu rajaehdot. Kierteellisen reiän minimihalkaisija on teräksellä 2x levynpaksuus, ja 1,5x levynpaksuus materiaaleilla kuten, alumiini, kupari ja sinkki. Kokoonpanoa voidaan helpottaa tekemällä kierteelle kaulus levyyn, joka edesauttaa ruuvien hakeutumista kierteelle. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 55.) Vaihtoehtoisesti voidaan myös käyttää hitsattavaa mutteria.

Huomioitavaa on myös, ettei reiän koko saa olla levynpaksuutta pienempi, jotta työkalu kestäisi. Sääntö pätee myös laserleikkauksessa, vaikka laserilla voidaan periaatteessa saada aikaan pienempiä reikiä kuin työkaluilla. Syynä on aineen hallitsematon roiskuminen aloitusreikään työstövaiheessa. Lävistämällä tehdään reiät 2x levynpaksuuteen asti ja pienemmät reiät poraamalla aina 1x levynpaksuuteen. (Mts. 55.)

Mikäli osassa on useita reikiä, tulee niiden etäisyyden toisistaan olla vähintään reiän halkaisijan verran. Reunassa sijaitseva ruuvinhahlo tms. tulee mitoittaa avoimeksi siten, että kiinnityskohtaan ei tule tahallisesti jännityshuippua. Tasakylkiset reunat voivat tuottaa ongelmia lävistyksessä. (Mts. 56.)

Levyn upotuksia tms. voidaan tehdä helposti 2x levynpaksuuteen saakka, jonka jälkeen joudutaan käyttämään syvävetotekniikka. Syvävetotekniikan ongelma on aineen riittämättömyys, jolloin laakeat kuppimaiset muodot ovat suositeltavampia kuin jyrkät kupit. Kupin syvyyden tulee olla maksimissaan vajaa puolet kupin suuremman särmän mitasta. Sama ongelma esiintyy myös muovilevyjen lämpömuovauksessa. Vaarana on, että syvien kuppien nurkkiin levyaine joutuu venymään ohuemmaksi kuin muualla rakenteessa. Tällöin kupin käyttöikä vähenee merkittävästi ja kuppi saattaa kulua puhki. (Mts. 57.)

Kokoonpanon yksi peruspilareista, osaluvun ja nimikkeiden vähentäminen konstruktiossa, on helpoiten toteutettavissa ohutlevyosissa. Nykyisillä CNC-ohjatuilla tarkoilla leikkausmenetelmillä ja särmäyspuristimilla saadaan ohutlevystä aikaan varsin monimutkaisia osia, jolloin saadaan vähennettyä pienosien määrää ja vähennettyä kokoonpanohitsauksessa aiheutuvia muodonmuutoksia. Hitsaus voi aiheuttaa niin suuria muodonmuutoksia, että tarkka leikkaustolerointi katoaa. Hitsi tulisi kohdistaa samanarvoisille pinnoille, mikä on ohutlevyissä vaikeaa – tästä johtuvat väistämättömät muodonmuutokset. (Mts. 58.)

#### **4.2.2 Koneistuksen mitoitusperiaatteita ja valmistusmenetelmiä.**

Koneistuksen mitoitusperiaatteet jaetaan kahteen erilliseen pääryhmään: poraukset ja muun koneistuksen vaikutus materiaalin konstruktion.

Reiät ovat tyypillisiä koneistettavissa osissa ruuvikiinnityksen vuoksi. Porauksessa työkalu pyörii akselinsa ympäri lävistäen materiaalin poran akselin suuntaisesti. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2000, 174.)

Poraukselle on annettu mitoitukseen liittyviä sääntöjä, joita suunnittelijan tulee huomioida porauksia suunnitellessaan. Näitä ovat muun muassa:

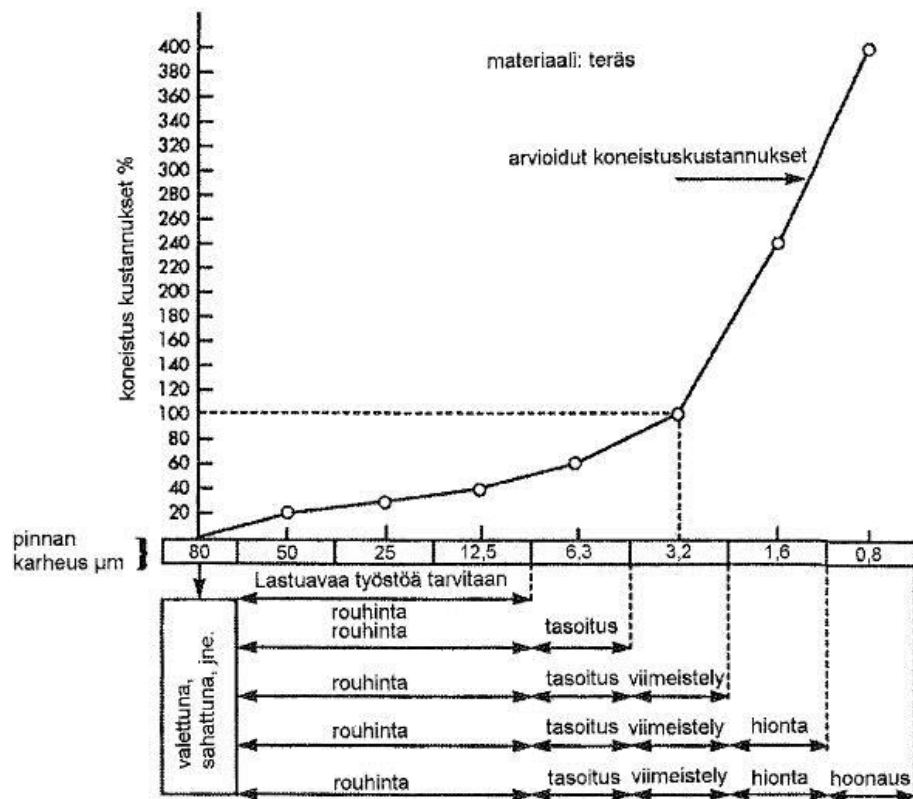
- Poraus tulee tehdä kohtisuoraan osan pintaa vasten. Päästöissä tämä aiheuttaa erikoistoimenpiteitä. On tärkeää huomioida myös ulostuloreiän kohtisuoruus reikää vasten, jotta vino pinta ei riko työvälinettä. Suunnittelijan tulee ottaa nämä huomioon muotoiluvaiheessa.



- Reiän syvyydessä vältetään pitkiä reikiä ja suositaan läpimeneviä reikiä. Pitkien reikien (3x halkaisija) välttäminen perustuu siihen, ettei poranterä pysty poistamaan lastuja pitkästä reiästä, ja tämä aiheuttaa tolerointivirheitä. Suunnittelijan tulee myös välttää pienireikäisiä (alle 3 mm), koska tällöin vältetään terien vaurioitumisriskin kasvamista.
- Mikäli kappaleessa on useampi reikä, tällöin pyritään suorakulmaiseen, yhdestä koneistetusta pinnasta lähtevään mitoitukseen työstämisen helpottamiseksi.
- Tarkoissa porauksissa tulee huomioida porausjigin tilantarve. Tilantarve tulee kriittisimmiksi seinämien läheisyydessä. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 61–62.)

Koneistuksessa materiaaliin kohdistuu työstövoimia, jotka aiheuttavat toleranssiväärentymiä kappaleeseen. Koneistuksen suunnittelulle voidaan antaa yleisohjeita:

- Suunnittelussa täytyy huomioida myös lämmönvaihtelut ja työstössä aiheutuvan lämmön siirtyminen osaan sekä niiden vaikutus toleransseihin.
- Lastuava työstö vaikuttaa aina osan hintaan, ja suunnittelijan tulee välttää turhaa koneistusta. Valamalla tai ohutlevytekniikalla tuotetut muodot tai pinnat ovat useimmiten edullisempia.
- Määrittelemällä sopiva pinnankarheus suunnittelijan on mahdollista välttää suorkustanteisia hienokoneistuksia kuten hiontaa, hoonausta ja kiillotusta (ks. kuvio 16).
- On huomioitava työstöstä aiheutuvien voimien määrä, ja siitä aiheutuvan tukipinnan suuruus kiinnittimeen. Suunnittelussa tulee myös välttää liian ohuen pinnan koneistusta työstöstä aiheutuvan muodonmuutoksen vuoksi.
- Vältä terävien kulmien käyttöä, jotta työkalut säilyvät rikkoutumattomina ja
- Etsi mahdollisimman tarkoituksenmukainen profiilituote, jotta lastuavan aineen määrä olisi mahdollisimman pieni. Tällöin säästetään aikaa ja materiaalikustannuksia. (Mts. 63–64.)

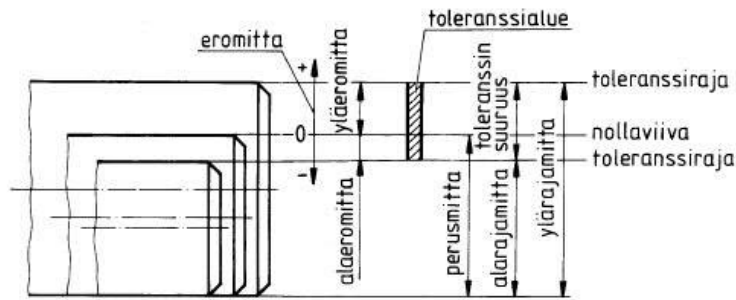


KUVIO 16. Työstökustannus ja pinnankarheuden välinen suhde (Lempiäinen & Savolainen)

#### 4.2.3 Osien toleroinnin merkitys

Toleranssi kertoo yksittäisen osan sallitun poikkeaman, kuten kuviossa 17 tulee ilmi. Valmistuksessa toleransseja käytetään, koska osia valmistetaan eri aikoihin, eri paikoissa ja eri koneilla (Matilainen 2009a). Tällöin on tiedettävä millä toleranssilla kappale on valmistettu, jotta vastaava osa voidaan valmistaa. Tarkastusvaiheessa toleranssi on myös tiedettävä, sillä absoluuttinen mitta on vain hypoteettinen käsite, johon pyritään (Matilainen 2009a). Tällöin mittaepätarkkuuksissa tulee ottaa huomioon annettu poikkeama. Toiminnallisuuden puolesta toleransseja on oltava osien toimivuuden ja vaihtokelpoisuuden vuoksi.

Kappaleiden mittavaihtelut ovat tavanomaisia ongelmia kokoonpanovaiheessa. Nämä seikat vaikuttavat tuotteen toimivuuteen ja ulkonäköön, joskus myös hyvin merkittävässäkin määrin. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 67.)



KUVIO 17. Toleranssit (Matilainen 2009a)

#### 4.2.4 Ympäristömyötäisyys

Tuotteen vaikutusympäristöön vaikuttavat monet tekijät. Kyse on tällöin materiaalivalinnasta sekä tuotteen hävittämisestä. Globaalit ja alueelliset ilmanlaadun heikkenemiset johtuvat moottorikäytöstä ja tuotteiden hävittämisestä polttamalla. Nämä aiheuttavat hiilidioksidipäästöillään vesien ja maiden happamoitumisen kasvattaen kasvihuoneilmiötä. Suurin osa alueellisista vaikutuksista tulee valmistusprosessien ja pakkausjätteiden hävittämisestä sekä tuotteen hylkäämisestä kaatopaikoille. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 67.)

Nykypäivän suunnittelussa tuotesuunnittelija joutuu ottamaan huomioon tuotteen ympäristömyönteisyyden, vaikkakin tuotteen valmistajan vastuu tuotteen elinkaaresta on kasvamassa. (Mts. 67.)

Tämä konkretisoituu osa- ja kokoonpanotasolla useimmiten osien materiaalivalintana, joissa yhä useammin painotetaan kestävästä rakennetusta ja

huoltovapaita materiaaleja. Materiaalin kierrätys tulee nousemaan tällöin tärkeään rooliin. Suunnittelussa tulee tällöin huomioida tuotteen purettavuus, ja osat pyritään valmistamaan yhdestä raaka-aineesta. (Mts. 67.)

## **4.3 Liitosmenetelmät**

### **4.3.1 Kokoonpanohitsaus**

Hitsauksella tarkoitetaan kappaleiden yhdistämistä toisiinsa lisäainetta käyttäen tai ilman lisäainetta siten, että liitos saadaan aikaan joko sulattamalla liitospinnat, voimakkaalla plastisella muokkauksella tai diffuusion avulla. Hitsaaminen on tänä päivänä ja lähitulevaisuudessa selvästi yleisin teräksen liittämismenetelmä, ja teräksen lisäksi myös alumiinin, magnesiumin, titaanin, kuparin ja nikkelin liittäminen on hyvin yleistä hitsaamalla. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2000, 281.) Tuotteen hitsattavuuden suunnittelussa suunnittelijan täytyy ottaa huomioon tuotteelle asetetut lähtökohdat ja toiminnalliset vaatimukset. Suunniteltaessa täytyy suunnittelijalla olla selkeä ja totuudenmukainen käsitys konepajan tuotantokoneista ja niiden käyttömahdollisuuksista. Näiden käsitteiden hallitseminen ja hyödyntäminen toimivat suunnittelijan pääohjeistuksena hitsaussuunnittelussa. Lähtökohtaisesti hitsattavassa tuotteessa on pyrittävä sisältämään mahdollisimman vähän liitettäviä osia hitsauksesta johtuvien epäjatkuvuuskohtien vuoksi. Epäjatkuvuuskohtien syntyminen voi aiheuttaa materiaalin perusominaisuuksien heikkenemistä. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 84.)

Hitsausta suunnitellessa on huomioitava hitsaukselle asetetut rajoitukset:

- Hitsattavien materiaalien tulee olla samaa tai lähellä toisiaan.
- Lämpö aiheuttaa materiaalissa muotovirheitä, tästä johtuen kiinnittimien tulee olla tukevia
- Hitsin aiheuttama muodonmuutos materiaalissa aiheuttaa lujuus- ja korroosio-ongelmia

- Pintakäsitelty materiaali tuhoutuu hitsauksessa. Pintakäsiteltävä uudelleen ja
- Railonvalmistus vaatii esitöitä. (Mts. 83.)

Hitsausprosessivalinta koostuu kolmesta pääpiirteestä: rakenne, käyttövarmuus ja edullisuus. Valmistuksen määräävät tekijät kertovat hitsattavuuden paremmuuden. Hitsattavuus paranee määräävien tekijöiden ollessa mahdollisimman vähäisiä. Hitsattavuuteen vaikuttavia tekijät on ilmoitettu taulukossa 1. (Mts. 83–84.)

TAULUKKO 1. Hitsattavuuteen vaikuttavat tekijät (Lempiäinen & Savolainen 2003, 83, muokattu)

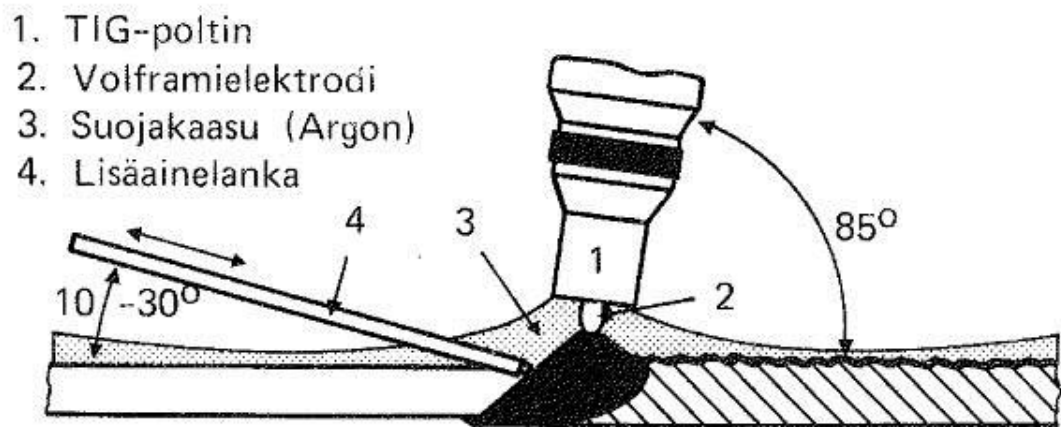
Hitsauksen esivalmistelu	Hitsausprosessi, lisäaine, liitos ja railomuoto, osavalmistustarkkuus ja esilämmitys
Hitsauksen suoritus	Lämmöntuonti ja hitsausjärjestelyt
Hitsauksen jälkitoimenpiteet	Lämpökäsittely, hiominen ja pintakäsittely

Päätykasetissa käytettävää TIG-hitsausta (Tungsten- Inert – Gas) käytetään kannattimien hitsaamisessa runko-osaan. TIG- hitsauksessa valokaari palaa suojakaasussa kulumattoman volframielektrodin ja työkappaleen välillä (ks. kuvio 18). Hitsaus voidaan suorittaa ilman lisäainetta tai lisäainetta käyttäen. Lisäaine tuodaan tuolloin käsin syöttämällä tai koneellisesti. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2000, 294.)

TIG- hitsaukselle tyypillisiä kohteita ovat:

- Ohuet ja ruostumattomat teräkset
- Alumiinin, kuparin ja useiden erikoismetallien kuten titaaniin hitsaus
- Korkeapaineputkien pohjapalkojen hitsaus sekä
- Automaattihitsisovellukset, kuten ruostumattomien putkien pituussaumojen hitsaus. (Mts. 297.)

TIG- hitsausta käytetään erityisesti ohuiden ainevahvuuksien hitsausmenetelmäkohteissa, joissa hitsin laatuvaatimukset ovat suuret. Suurilla ainevahvuuksilla hitsausnopeus jää pieneksi, jolloin suuret hitsit voivat koitua taloudellisesti kannattamattomaksi. (Mts. 297.) Tätä liitostapaa käytetään päätykasetin putkistohitsauksessa.



KUVIO 18. TIG-hitsauksen periaate (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2000, 294)

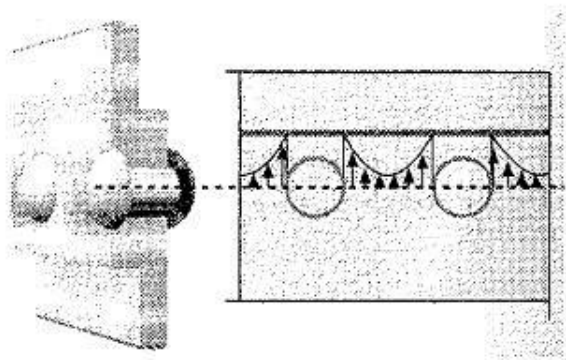
### 4.3.2 Ruuviliitos

Ruuviliitos on yleisin kokoonpanoliitosmenetelmä, joka perustuu liitososien välille saatavaan puristukseen, jolloin kitkan avulla kappaleet pysyvät yhdessä.

Ruuviliitoksessa tapahtuu kiristyshetkellä muodonmuutosta, joka estää ruuvin itsestään aukeamisen. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen 2000, 329; Lempiäinen & Savolainen 2003, 101.)

Ruuviliitos toimii ihanteellisesti tilanteissa, jossa liitos halutaan purkaa toistuvasti ja yksinkertaisesti käyttäjän toimesta. Tällöin suunnittelija toteuttaa huoltomyönteistä suunnittelua. Toinen yleinen käyttöperuste on tärinälle alttiiksi jäävät rakenteet. Ruuviliitokseen liitettävien kumisten vaimentimien tarkoitus on suojata rakennetta ulkoiselta tärinältä. (Lempiäinen & Savolainen 2003, 101.)

Ruuvikiinnityksessä reiät heikentävät materiaalin rakennetta, mikä aiheuttaa rasiushuippuja reikien läheisyyteen (ks. kuvio 19). Reiän poraaminen lisää myös korroosioriskin kasvamista. (Mts. 102.)



KUVIO 19. Ruuviliitoksen jännitys jakauma kuormituksen alaisena (Lempiäinen & Savolainen 2003, 102)

Opinnäytetyössä ruuviliitoksia tarvittiin päätykasetin kotelon kokoamisvaiheessa, jossa levyt kiinnitetään toisiinsa ruuviliitoksilla. Ruuviliitosten ansiosta voidaan päätykasetin sivulevy poistaa sisälle tulevien komponenttien huoltamiseksi.

### 4.3.3 Putkiliitos

Metsolla käytetään useampaa erilaista putkiliitostapaa, jolla putket yhdistetään toisiinsa. Näitä ovat muun muassa helmiliitos tai hitsaus. Liitostapa määritellään suunnittelun pienputkistandardissa fluidin ja putkikoon mukaan. (Eväsoja, 2010a)

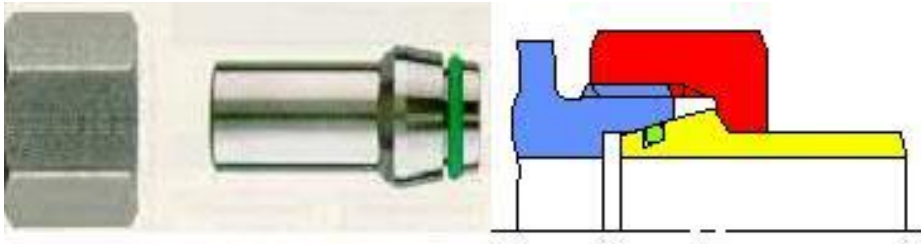
Pneumatiikassa käytetään aina helmiliitosta, koska se on edullinen. Liitoksessa mutterilla kiristetään metallista tiivisterengasta putken ja liittimen väliin. Vastaavaa liitostapaa käytetään alle 12 mm putkikokoluokissa hydrauliiikan ja voitelu-putkistossa. Metallirengas korvataan elastisella renkaalla (ks. kuvio 20). Liitostapa tunnetaan paremmin nimellä EO2. (Eväsoja, 2010a.)



KUVIO 20. Helmi- ja EO2-liitos (Eväsoja 2010b)

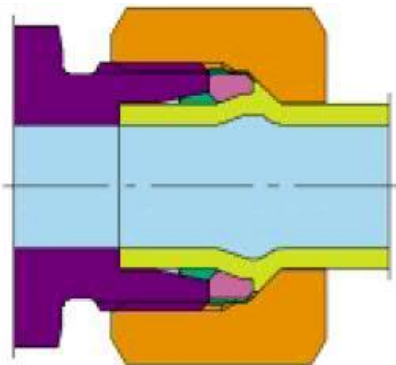
Suuremmissa hydrauliiikka- ja voiteluputkikokoluokissa käytetään putkeen hitsattavaa SKA-holkkia, jossa on päässä kumitiiviste (ks. kuvio 21). Holkin muoto takaa tiiviin liitoksen. (Eväsoja, 2010a.)





KUVIO 21. SKA-liitin (Eväsoja 2010b)

Viimeisenä on uusin käyttöön otettu EO2-FORM -liitos, jossa putkenpää kylmämuovataan asennuspaikalla kuvion 22 mukaisesti. EO2-FORM-liitoksessa etuna SKA-holkkiin on hitsauksien poistaminen asennuksista. Liitokseen lisätään DO2-kumitiiviste. Tätä tapaa tullaan käyttämään tulevaisuudessa yhä enenevässä määrin. (Eväsoja, 2010a.)



KUVIO 22. EO2-form-liitos (Eväsoja 2010b)

Orbitaalihitsausta käytetään usein vesi putkistojen hitsausliitoksissa. Orbitaalihitsaus on TIG-hitsausmenetelmä, jossa tapahtuma ohjelmoidaan tietokoneen muistiin, ja voidaan näin käyttää samantyyppisissä hitsaustapahtumissa uudelleen. (Eväsoja, 2010a.)

Päätykasetin putkistosuunnittelussa tarvitsin putkistoliitoksia komponenttien kiinnityksessä putkilinjastoon.

## 5 MODULOINTI

### 5.1 Yleistä

Moduloinnilla tarkoitetaan sitä, että tuote on fyysisesti hajotettavissa erilaisista asiakastarpeista johtuviin toisiinsa yhdistettäviin osiin eli moduuleihin.

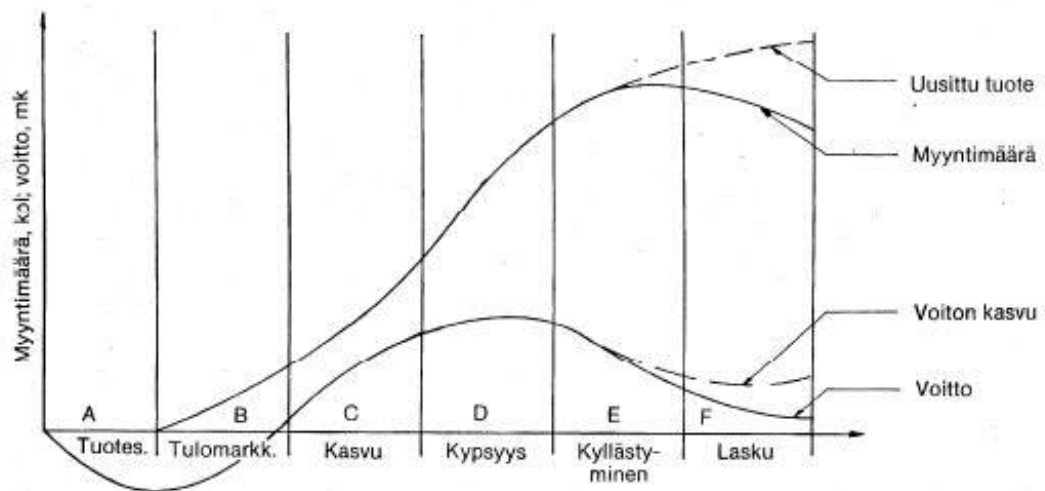
Standardoinnista poiketen moduloinnilla ei pyritä lopputuotevalikoiman pienentämiseen, vaan tunnistamaan eri asiakasryhmien tuotteille asettamat erityisvaatimukset ja rajamaan tuotteiden variointia strategisesti tärkeisiin kohteisiin. (Österholm & Tuokko 2001, 8; Matilainen 2009a.)

Modulointia sovelletaan kohteissa, joissa asiakasvaatimusten täyttäminen tulee edullisemmaksi. Eniten modulointia voidaan hyödyntää, kun on:

- tarve suureen joustavuuteen
- suuri, kirjava tuotevalikoima
- asiakasohjautuva tuotteisto
- pitkä tuotesuunnittelu ja tuotannon läpäisy aika ja
- hidas tuotanto- ja tuotevarastojen kiertonopeus. (Asiakasmyötäinen tuotevalmistus 1979, 26.)

Läpimenoaikojen merkitys on kasvanut, ja siitä on tullut tuotemarkkinoille kilpailuvaltti. Nopea läpivientiaika mahdollistaa paremmin asiakkaiden tarpeita vastaavan tuotteen toimittamisen markkinoille. Tämä mahdollistaa suuremmat tuotot, sillä mitä nopeammin tuote saadaan markkinoille asiakastarpeen havaitsemisen jälkeen, sitä paremmat edellytykset sillä on menestyä markkinoilla. (Österholm & Tuokko 2001, 6.) Modulointi mahdollistaa tämän jälkeisen tuotteen

muovattavuuden parantamisen pienillä komponenttimuutoksilla, jolloin tuotteen elinkaari pidentyy (ks. kuvio 23).



KUVIO 23. Tuotteen elinkaari (Matilainen 2009b)

## 5.2 Modulointijärjestelmät

Modulaariset järjestelmät eli ne moduulit, joista tuoteperheen tuotteet muodostetaan, voidaan jakaa viiteen erinäiseen ryhmään. Nämä ovat komponenttienvaihtomodulaarisuus, komponenttienjakomodulaarisuus, parametrinen modulaarisuus, väylämodulaarisuus ja lohkomodulaarisuus (ks. taulukko 2).

TAULUKKO 2. Modulaari järjestelmien eri tyypit (Österholm &amp; Tuokko 2010, 10)

<b>Suljettu järjestelmä</b>	Komponenttinvaihto- modulaarisuus	Paikkamodulaarisuus
	Komponenttienjako- modulaarisuus	
	Parametrinen modulaarisuus	
	Väylämodulaarisuus	Väylämodulaarisuus
<b>Avoin järjestelmä</b>	Lohkomodulaarisuus	Lohkomodulaarisuus

Tyypillisesti modulaariset tuotteet jaetaan kolmeen modulaariseen järjestelmän tyyppiin, joita ovat väylä, lohko – ja paikkamodulaarisuus. Väylämodulaarisuudessa on tyypillistä standardoitu rajapinta, joka mahdollistaa liittämisen perusmoduulin useassa eri asennossa. Lohkojärjestelmässä voidaan muodostaa tuotevariantteja melko vapaasti moduuleista, joita voidaan yhdistellä vapaasti standardoitujen rajanpintojen avulla. Paikkamodulaarisuudessa paikka on tarkoin määrätty tarkoin määrätyn standardirajapinnan avulla. (Österholm & Tuokko 2010, 10.) Tämä voidaan jakaa kolmeen osaan:

- Komponenttinvaihtomodulaarisuus, jolloin vähintään kaksi eri komponenttia yhdistetään perustuotteeseen
- Komponenttienjakomodulaarisuus, jossa samaa tuotetta on mahdollista käyttää useassa eri tuotteessa ja

- Parametrinen modulaarisuus, missä yhtä tai useampaa käytetään yhdessä parametrisesti muunneltavissa olevan komponentin kanssa.(Mts.11)

Neljäntenä tyyppinä voidaan pitää yhdistelmämodulaarisuutta, jossa yhdistyy kaikki kolme edellistä tyyppiä (Mts.11).

Tuotteiden modulointia voidaan luokitella usealla erillä tavalla esimerkiksi niiden käytön, tärkeyden tai toiminnonperusteella. Toinen yleinen jaottelutapa on niin kutsuttu moduloinnin jakaminen ohjaavien tekijöiden avulla (ks. taulukko 3).

TAULUKKO 3. Toimintamoduulien erityypit (Österholm & Tuokko 2001,11)

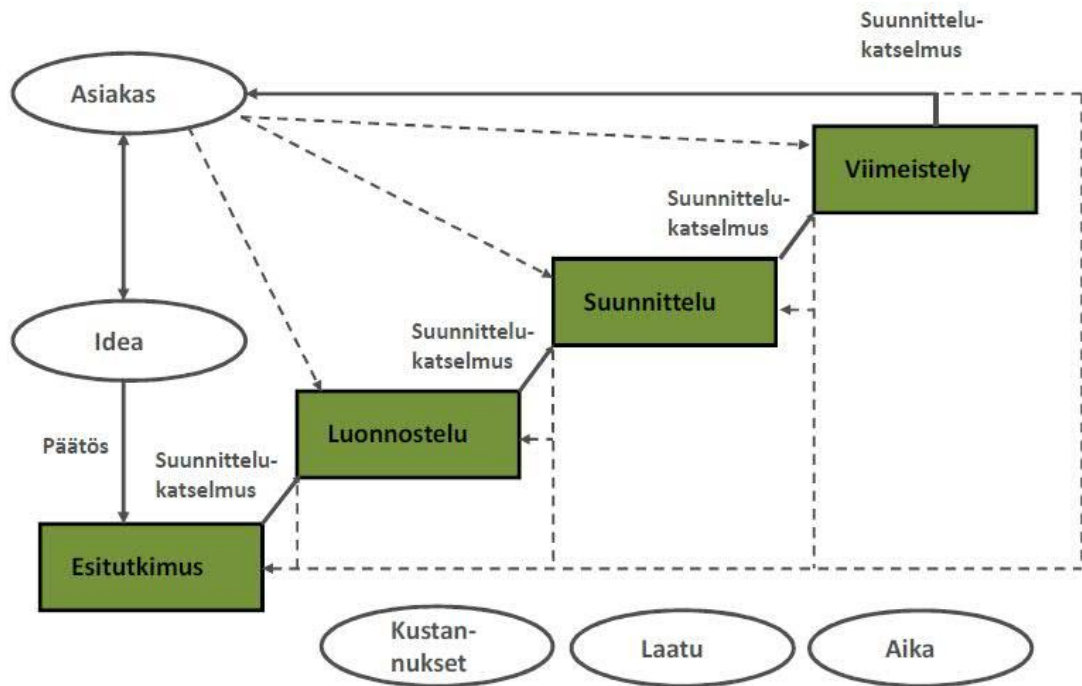
Perusmoduulit	Välttämättömät moduulit	Yleiset moduulit	Laitteistomodulaarit
Apumoduulit		Yhdistetyt moduulit	Yhdistyvät moduulit
Sovitusmoduulit		Mukauttavat moduulit	
Erikoismoduulit	Mahdolliset tai valinnaiset moduulit		Lisälaitteet
Epämoduulit			

## 6 TUOTEKEHITYSTOIMINTA

Yksi yrityksen menestyksen tukipilareista on onnistunut tuotekehitys. Nykypäivänä tuotteiden elinkaari on lyhyempi, ja markkinoilla kilpailu on aikaisempaa kovempaa. Tämä ajaa yritysten välisen kilpailun siihen pisteeseen, että halutaan saada minimikustannuksilla maksimaalisia tuloksia. Tällöin saatetaan karsia tuotekehityksen kustannuksista. Nämä leikkaukset saattavat yrityksen ennen pitkään aikaan, jolloin tuotteet vanhentuvat, myynti vähenee ja lopulta loppuu kokonaan (Jokinen 1987,9–11, Österholm & Tuokko 2001, 6).

Tuotekehityksellä käsitetään toimintaa, jonka tavoitteena on kehittää uusi tai paranneltu tuote. Oikeasti tuotekehitys on monitahoinen prosessi, joka käsittää tuoteidean etsimisen, kehitysnäkymien ja markkinoiden ym. tuotekehityshankkeen käynnistämiseen tarvittavien tietojen selvittämisen, varsinaisen tuotteen luonnostelun, yksityiskohtaisen suunnittelun, optimoinnin, työpiirustuksen tekemisen, käyttöohjeiden laatimisen ja tuotantomenetelmien kehittämisen (Jokinen 1987, 9).

Tuotekehitysprosesseja ja suunnittelumenetelmiä on pyritty kehittämään jatkuvan kilpailun ja tuote-elinkaarien lyhenemien vuoksi. Tämä on johtanut siihen, että suunnitteluprosessi on usein liitetty valmistukseen ja markkinointiin. Oikein suoritettuna tämä tulee alentamaan kustannuksia, lyhentämään toimitusaikoja ja tuottamaan tavallista kilpailukykyisempiä tuotteita. Kuuluisampia menetelmiä ovat Cooperin Stage-Gate-tuotekehitysmalli, Pahl & Beitz:n tuotekehitysprosessi ja Peters:n Geneerinen tuotekehitysprosessi (Matilainen 2009b). Opinnäytetyössäni käytän Pahl & Beitzin tuotekehitysprosessimenetelmää (ks. kuvio 24), sillä mielestäni prosessin selkeys antaa selvän ohjenuoran, mitä kautta tuotekehitystä voidaan seurata, ja kuinka edetään selkeiden tasojen mukaisesti.



KUVIO 24. Tuotekehitysprosessi (Matilainen 2009b)

## 6.1 Tuotekehitysprojekti

Tuotekehitysprojektit on helppo jakaa innovatiivisiin ja vähemmän innovatiivisiin projekteihin. Innovatiivisilla projekteilla on tavanomaista luoda uusia tuotteita sekä yritykselle että markkinoille. Samaan aikaan vähemmän innovatiiviset keskittyvät jo olemassa olevan tuotteen kustannussäästöihin. Näiden ääripäiden välillä on erilaisia yhdistelmiä eri innovaatiotason tuotekehityksessä. Näistä esimerkkinä tuotelinjat ja tuoteparannukset (Danneels & Kleinschmidt 2001, 358–360).

Tuotekehitysprojektit keskittyvät aina tulevaisuuteen, ja niiden avulla pyritään varmistamaan yrityksen kilpailukyky muuttuvilla markkinoilla. Projekteissa kohdattavat tulevaisuuden riskityypit voidaan jakaa kolmeen eri riskityyppiin: teknologinen epävarmuus, markkinaepävarmuus ja prosessiin liittyvä epävarmuus. Myös uuden tuotteen ominaisuudet luovat riskitekijän (Song & Montoya-Weiss 1998, 125; McDermott & Connor 2002, 429–430).

## 6.2 Esitutkimus

Esitutkimusvaihe alkaa ongelman kohtaamisella ja esiselvityksellä, jossa selvitetään potentiaaliset kehitysmahdollisuudet. Huolellisella analysoinnilla ja tuoteideointimenetelmiä käyttämällä kartoitetaan mahdollisimman paljon erilaisia ratkaisumahdollisuuksia ongelmalle ajattelematta niiden toteuttamismahdollisuuksia tai mielekkyyttä. Yrityksellä voi myös olla valmiiksi ongelmatilanteita tai ideoita, jotka vaativat tarkempaa perehtymistä ja ongelmien selvittelyä. (Jokinen 1987, 20)

Esitutkimusvaihe sisältää myös vaatimuslistan laatimisen, johon sisältyy konkreettisia lukuarvoja, jotka tuotteen tulee täyttää. Listasta tulisi tulla myös ilmi mitä tuotteelta halutaan teknisesti, kustannuksellisesti sekä toivomukset tuotteen osalta.

Tuotetusta ideasta laaditaan kehitysehdotus, joka sisältää

- Kehitettävän tuotteen kuvauksen
- Tekniset vaatimukset
- Taloudelliset vaatimukset
- Käytettävissä olevan kehityspanoksen
- Aikataulun

Kehityspäätöksen tekee yrityksen johto. Riippuen kehitysehdotuksen laajuudesta voi päätösvalta siirtyä alemmille johtoportaille. Esitutkimuksen jälkeen alkaa luonnosteluvaihe. (Jokinen 1987, 21)

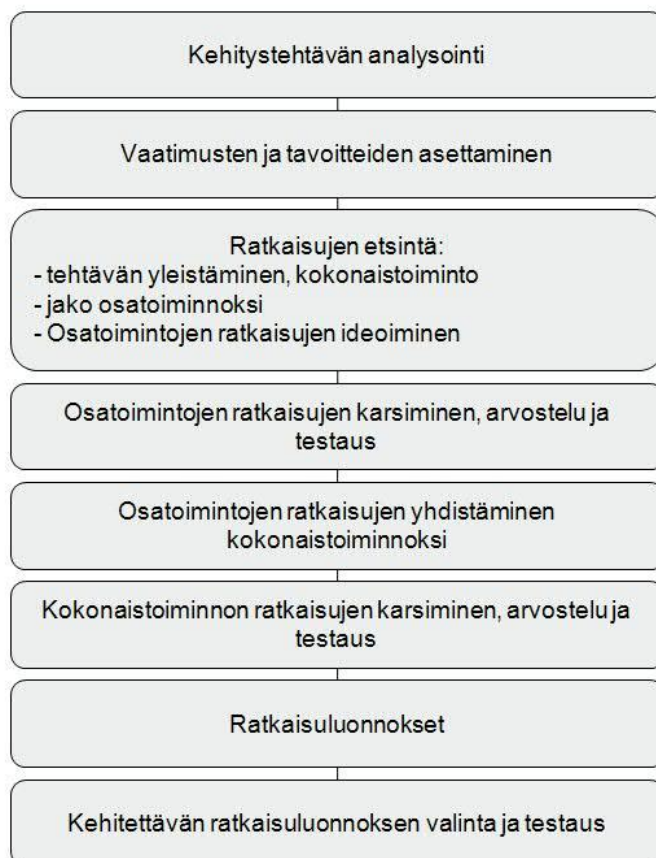
## 6.3 Luonnostelu

Tuotekehitysprosessin toisessa vaiheessa eli luonnostelussa on tarkoitus löytää vaihtoehtoisia ratkaisuluonnoksia kehitettävälle tuotteelle. Luonnosvaiheessa ei



etsitä yksityiskohtaisia ratkaisuita, vaan kuvien on tarkoitus olla vain suuntaa-antavia luonnoksia. (Jokinen 1987, 21)

Tässä työvaiheessa sisällytetään samat työvaiheet kuin missä tahansa päätöksenteossa tai ongelmanratkaisutilanteessa.(ks. kuvio 25.) Ratkaisun kulku on usein samantyyppinen, ja sisältää seuraavat vaiheet: ongelman havaitseminen, asiatietojen hankinta ja ongelman analysointi, vaatimusten ja tavoitteiden laatiminen, ratkaisuideoiden etsiminen, ideoiden karsiminen ja arvostelu, valittujen ratkaisu mahdollisuuksien testaaminen sekä lopullisen päätöksen tekeminen (Jokinen 1987, 21).



KUVIO 25. Luonnostelun työvaiheet (Jokinen 1987, 22)

Apuvälineenä suunnittelijalla on erilaisia ideointimenetelmiä, jotka helpottavat luonnoksien ja ideoiden valitsemista. Tunnetuimpia ideointimenetelmiä ovat:

- Aivoriihi
- Gordonin aivoriihi
- 6-3-5-menetelmä
- Muuntelumenetelmä
- Synektiikka
- Tuplatiimi
- Tuumatalkoot
- Delphi-menetelmä
- Bioniikka
- Analogia menetelmä sekä
- Ratkaisuluettelot

Omassa luonnosteluvaiheessa lähestyin asiaa haastatteleamalla ja vieraillemalla valmistajien ja suunnittelijoiden luona, ja lähestymällä aihetta heidän näkökulmista. Mielestäni tässä kyseisessä projektissa tämä lähestymistapa sopi projektin luonteelle paremmin kuin edellä mainitut ideointimenetelmät.

Lopulta luonnosteluvaihe päättyi ratkaisuluonnoksen arvosteluun ja testaukseen. Tuote arvioidaan ja päädytään lupaavimman luonnoksen valintaan, joka lopuksi suunnitellaan yksityiskohtiaan myöten lopputuotteeksi. (Jokinen 1987, 89)

## 6.4 Suunnittelu

Suunnittelu jatkaa siitä mihin luonnostelussa jäätiin. Luonnostelussa valittiin lupaavin luonnos, ja suunnitteluvaiheessa luonnos suunnitellaan yksityiskohtia myöten teknisten ja taloudellisten näkökohtien mukaisesti mahdollisimman yksikäsitteiseksi. Tämä helpottaa viimeistelyssä työpiirustuksien ja osaluetteloiden tekemistä. (Pahl & Beitz 1990, 176.)

Uuden tuotteen arvo voidaan laskea arvoanalyysin avulla, ja sama toimenpide suoritetaan myös jo olemassa olevalle tuotteelle. Parhaiten kahden tuotteen vertailua voidaan toteuttaa s-diagrammin avulla. Tällöin arvostelussa tulee ilmi mahdolliset tekniset ja taloudelliset heikot kohdat, jotka pyritään poistamaan ideoimalla uusia ratkaisumahdollisuuksia ja suunnittelemalla kyseiset kohdat uudestaan. (Jokinen 1987, 90)

Opinnäytetyössäni tehtävän tarkoitus oli saada vähennettyä päätykasettiin käytettävien suunnittelutuntien määrää, eli laskettua kustannuksia. Näiden tavoitteiden onnistuessa tuotettavasta laitteesta tulisi näin arvokkaampi kuin edeltäjänsä. Arvo voidaan laskea kaavalla

$$\text{Arvo} = \frac{\text{Toiminnot}}{\text{Kustannukset}}$$

Tämän vuoksi s-analyysin käyttäminen ei ollut minulle tarpeen työssäni.

Tässä työnvaiheessa huomasi, ettei yhtä ainoaa ratkaisuvaihtoehtoa löydy jokaiselle päätykasettipaikalle, vaan jouduin tekemään useamman toimintavaihtoehdon. Parhaiten soveltuva vaihtoehto oli moduloida päätykasettia siten, että se sopisi 75%:sti niille suunnitelluille paikoille.

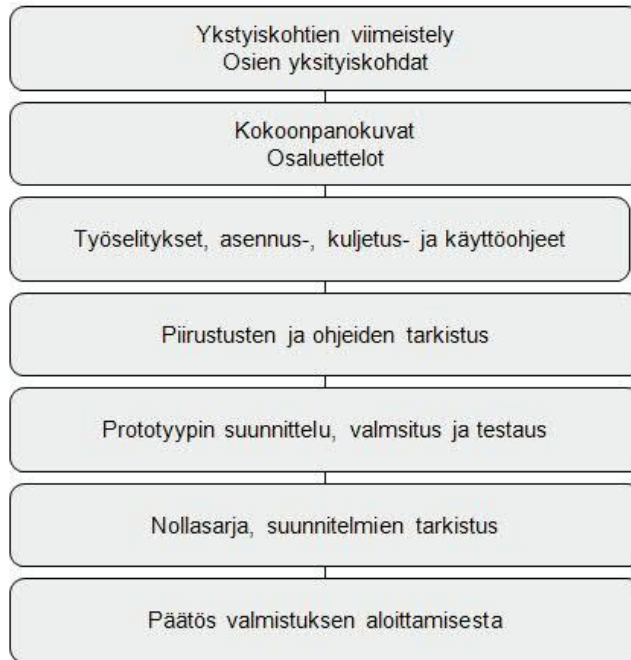
## 6.5 Viimeistely

Viimeistely on työvaihe, jossa muun muassa kehitellystä konstruktiosta tehdään työpiirustukset, työselitykset, asennus- ja käyttöohjeet. Tällöin päätetään myös

tuotteen raaka-aine, valmistustapa, toleranssit ja pintakäsittelyt. Toisin sanottuna kaikki mitä tarvitaan tuotteen valmistamiseen ja käyttämiseen. Työvaiheen painopiste sijaitsee kuitenkin vahvasti valmistusasiakirjoissa (ks. kuvio 26), kuten kokoonpanopiirustuksissa ja osaluetteloiden laatimisessa. (Jokinen 1987,96–97; Pahl & Beitz 1990, 548.)

Halvemmissa laitteissa ja sarjavalmistukseen tulevista tuotteista tehdään yleensä prototyyppi ja nollasarja. Tämä mahdollistaa tuotteen testaamisen käytännössä, jolloin voidaan puuttua ongelmiin vielä ennen varsinaista massavalmistusta. Kalliista laitteesta ei ole kannattavaa tehdä prototyyppiä, vaan niistä tehdään pienoismalleja tai kriittisimmistä osista koekappaleita. (Mts. 97.)

Prototyypillä tarkoitetaan laitteiston valmistamista ilman täydellisiä työvaiheita. Nämä työvaiheet täydennetään ja tarkastetaan prototyypin testauksesta saatujen tietojen pohjalta. Prototyyppi tehdään yleensä teknistaloudellisten ominaisuuksien selvittämiseksi tai kustannustehokkaampien valmistusmenetelmien löytämiseksi. Nollasarjan tarkoitus on tutkia ja testata sarjavalmistuksessa käytettäväksi suunniteltuja valmistusmenetelmiä, ja paikoittaa niiden tuomia ongelmakohtia. (Mts. 98.)



KUVIO 26. Viimeistelyn työvaiheet (Jokinen 1987, 97)

Ennen valmistuspäätöstä tuotteelle tehdään lopullinen tarkastelu, jolloin piirustusten, osaluetteloiden ja ohjeiden tulee olla:

- Standardien, yrityksen omien työtapojen ja standardien mukaisia
- Yksikäsitteisiä ja valmistusystävällisiä ja
- Mahdollisimman täydellisiä sisältäen erikoisvalmistusohjeet, sekä ottaen huomioon mahdollisten omien raaka-aineiden hyväksikäytön. (Jokinen 1987, 98.)

## 7 PÄÄTYKASETIN KEHITTÄMINEN

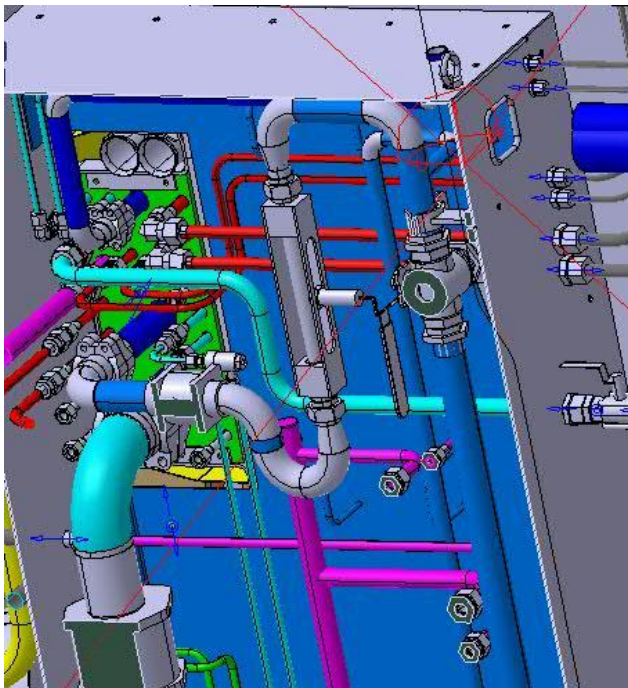
Opinnäytetyön alkuperäisenä tavoitteena oli suunnitella uudenlainen ja suunnittelu- tunteja säästävä ratkaisumalli päätykasetille, jossa huomioidaan myös valmistus- ja asennuskustannukset. Tämänhetkisen toimintamallin mukaan päätykasetti

suunnitellaan aina uudelleen alusta lähtien. Päätykasetti sijoitetaan siinä läpivientikasetin päähän, ja putkien paikat ja kaappiin tulevan sijoitusreiän paikka muuttuvat projektikohtaisesti. Tästä johtuen jokainen kaappi on räätälöitävä erikseen, mikä on erittäin paljon suunnittelutunteja vievä prosessi. Tätä prosessia tahdottiin keventää ja parantaa sen kokonaiskustannustehokkuutta.

Työn tarkempana määritelmänä oli vähentää puristinosalla käytettävien suunnittelutuntien määrää, tarkastella kustannustehokkaita valmistusmenetelmiä, ottaa huomioon asennusnäkökulmat ja tehdä selkeä suunnitteluohje päätykasetille.

## 7.1 Esitutkimus

Esitutkimus käynnistyi aikataulun laatimisella (ks. liite 1) ja perehtymisellä päätykasettiin, ja sen komponenttien toimintoihin. Opti-Press puristimessa on neljä päätykasettia jokaisen huopalenkin sisällä hoitopuolella. Päätykasetti on kiinnitetty läpivientikasetin päälle (ks. kuvio 27), jolloin kaikki putket sijaitsevat kaapissa.



KUVIO 27. Päätykasetin sijoitus läpivientikasetin päälle

Suurimpana ongelmana päätykaseteissa oli, ettei samaa päätykasettia voitu käyttää enää toisessa koneessa ellei puristinosa ollut identtinen. Läpivientikasetin sisällön ja paikan vaihtuvuus aiheutti aina uudelleen kaapin sisällön mallintamisen. Esitutinnan aikana ei löytynyt yhtään samankaltaisuuksia aikaisemmin tehdyistä malleista.

Tehtävänä oli löytää malliratkaisu, joka sopisi kaikkiin päätykasettipaikkoihin.

Myöskään esisuunnittelussa ei voitu ottaa huomioon kaapin vaatimaa tilavarausta, sillä se paikasta ja tilanteesta johtuen muuttui liian paljon.

Suurimpia ongelmia oli tuottanut Pick-up jaoksen päätykasetti sen tilanpuutteen ja muiden laitteiden huollettavuuden vuoksi. Ideana oli kehittää mahdollisimman pieni päätykasetti, johon sisällytettäisiin vain tärkeimmät laitteet. Tällöin hukkatila saataisiin minimoitua, ja kaapista saataisiin rakennettua mahdollisimman pieni.

Vieraillemalla Elomaticilla ja haastatteleamalla päätykasetin suunnittelijaa Olli Weijoa sain tietää, mitä komponentteja tulisi pitää suojattuna kaapin sisällä, ja mitkä voisi jättää ulkopuolelle. Haastattelussa selvisi myös mihin tärkeimmät komponentit olisi hyvä sijoittaa ja miksi. Näiden tietojen perusteella laadin alustavan vaatimuslistan päätykasetille (ks. liite 2), joka tarkentui projektin edetessä.

## **7.2 Luonnostelu**

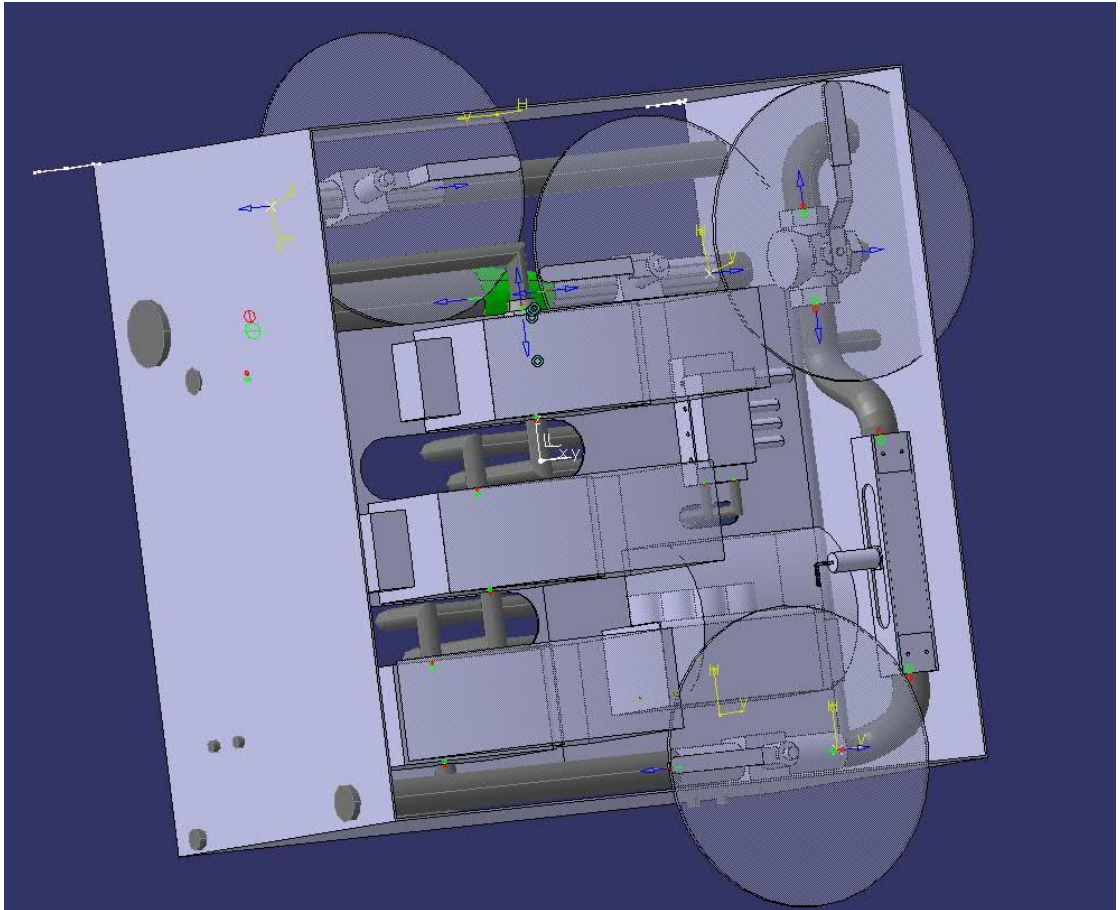
Luonnosteluvaiheessa syntyi idea siirtää päätykasetti kokonaan pois läpivientikasetin päältä, jolloin olisi mahdollista yhtenäistää kaapin sisältö, ja tällöin pienentää päätykasetin kokoa. Tämä mahdollistaisi standardikaappien valmistamisen ja päätykasetin toiminnan kannalta turhien putkien sijoittamisen koneen rungolle, jolloin kaapista saataisiin mahdollisimman pieni. Päätykasetin siirtäminen läpivientikasetin päältä jättäisi putkiston näkyville, jonka vuoksi putkisto haluttiin peittää suojalevyllä. Levyn tarkoituksena on luoda kaapin yleisilmeestä siisti ja ulkonäöllisesti näyttävä kokonaisuus. Catia V5 -ohjelmalla suunnittelin karkeita luonnoksia (ks. liite 3), ja putkistosuunnittelussa käytin CatiaPiping -ohjelmaa.

Ensimmäisissä malleissa pyrin hyödyntämään lohkoajattelumallia, jolloin vaikeista putkistovedoista päästäisiin eroon, ja kaikki tarvittavat laitteet sijaitsisivat samassa

kappaleessa. Mallinsin alumiinilohkon, johon porattaisiin tarvittavat kulkureiitit vesireiteille. Tarkemmassa tarkastelussa huomasin, ettei materiaali tule kestäväksi epäpuhtaita vesiä, koska lipeä aiheuttaisi alumiinin syöpymistä, ja näin lohkon elinikä olisi liian lyhyt. Materiaalin vaihtaminen ruostumattomaan teräkseen olisi ollut liian kallis vaihtoehto. Tarkastelun jälkeen totesin lohkoajattelun toimimattomuuden.

Tarkastelun jälkeen jätin lohkoajattelun ja siirryin malliin, jossa sijaitsivat kaikki tärkeimmät laitteet. Laitteet sijoitin niiden toimivuuden näkökulmasta ottaen samalla tilankäytön huomioon. Huomioon oli otettava myös laitteiden vaatimat huoltotilat, ja venttiilien liikeradat. Tämä suoritettiin mallintamalla jokaiselle laitteelle sen tarvitseman tilantarpeen, ja suorittamalla törmäystarkastelu mallissa (ks. kuvio 28), jonka jälkeen putkisto sijoitettiin komponenttien väliin. Lopuksi sijoitin jokaisen mallin Setubal PM4:n pick-upin päätykasetin paikalle. Tilankäyttöä hallittiin kaapin sisällä levyllä, joka rajaa kaapin kahteen osaan. Etuosa on suunniteltu laitteiden käyttöä varten, ja levyn peittämässä takaosassa on putkituksille suunniteltu käyttötila. Tilanjakamisen toiminnallinen hyöty on jättää tilaa vievät putket taka-alalle, jotta käyttäminen olisi ergonomista eikä laitteiden käytettävyyttä häiritse.





KUVIO 28. Kaapin törmäystarkastelu

Raakamallien jälkeen pidimme Metson tiloissa välipalaverin, johon osallistuivat insinöörejä asennuksesta, kunnossapidosta ja suunnittelusta. Palaverissa esiteltiin mallit, ja punnitsimme yhdessä niiden käyttökelpoisuutta. Palaverissa jouduimme toteamaan pick-up-kasetin tilanpuutteen. Tästä johtuen päädyimme siihen että mallia ei voida hyväksi käyttää kyseisellä paikalla, ja että kuten ennenkin, se suunnitellaan sille suunnitellun tilan mukaan alusta lähtien. Uusi malli sopisi paremmin muille paikoille, ja sai näin kelpuutuksen jatkosuunnitteluun (ks. liite3).

### 7.3 Suunnittelu

Suunnitteluvaihe alkoi valitun mallin sijoittamisella oikeaan kohteeseen. Koekoneeksi valittiin Chenming PM6. Työtä vaikeutti tietokoneen alitehoisuus, ja tämän vuoksi

sijoittaminen vei odotettua enemmän aikaa. Tietokoneen päivityksen jälkeen työvaihe eteni jouhevasti.

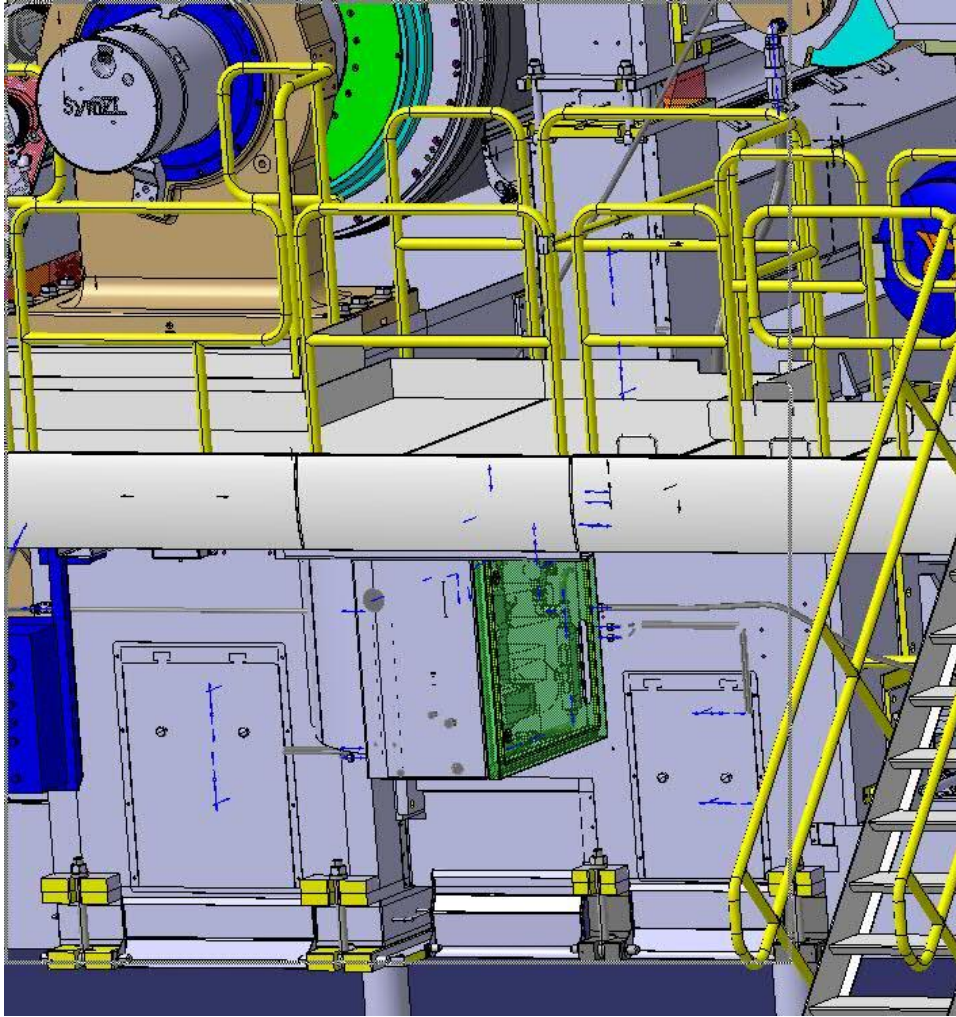
Odottamisen aikana mallinsin sheetmetal-ohjelmalla kaapista oikeat osat ja tein tarvittavat taivutukset. Tämän jälkeen kokoonpano suoritettiin ruuviliitoksilla sen kokoonpantavuuden mukaan. Vieraillemalla Betamet:n tiloissa selvisi, että kokoonpantavuuden vuoksi on helpointa tehdä yhteenliittäminen ruuviliitoksilla, ja putket liitettiin toisiinsa tig-hitsaamalla ja kannakoimalla kaappiin.

Kaapin ovi suunniteltiin kaapin uusien mittojen mukaisesti, ja siihen kuuluva tarkastusikkuna sijoitettiin oikeaan laitaan jossa rotametri sijaitsee. Oven avausmekanismi vaihtoehtoina olivat nosto-ovi, saranaovi ja tuplasaranaovi. Päädyin normaalista nosto-ovesta poiketen omaan mallioviratkaisuun, jossa ovi nostettaisiin paikoilleen päällä sijaitsevien tappien läpi ja kiristys suoritetaan alhaalta tai laidasta vetolukolla.

Tässä vaiheessa punnitsin malliani kustannusnäkökulmasta. Malliratkaisuni pudottaisi suunnittelutunteja reilusti, ja olisi näin edellisiä mallejaan huomattavasti kustannustehokkaampi. Kaapin koko vakioituisi ja pienenesi entisestään, jolloin kustannukset myös tällä osa-alueella saataisiin laskemaan.

Sijoituksen aikana huomasin, ettei kaappia saada pidettyä aina koneen suuntaisena, ja tämän vuoksi oli suunniteltava useampi sijoitusmalli modulointia hyväksikäyttäen.

Päätykasetti jaettiin neljään päämoduuliin, joita ovat kaappi-, suihkuvesi-, kiertovoitelu- ja rasva-annostelijamoduuli. Nämä käsittelemme tarkemmin myöhemmässä vaiheessa. Kaappimoduuli jaettiin vielä 8 alimoduuliin, jotka koostuivat kaapin asentotarkastelun kautta (ks. liite 4). Esimerkkitapauksessa valinta kohdistui koneensuuntaiseen kotelovaihtoehtoon, johon tuloputket tulevat sivulta, ja lähtevät putket kaapin kaikilta laidoilta. Toinen vaihtoehtoinen asento on sijoittaa kaappi koneensuuntaan nähden poikittain (ks. kuvio 29). Asentotarkastelun jälkeen siirrytään toiseen päämoduuliin, joka on suihkuvesimoduuli.



KUVIO 29. Poikittaissuuntainen kaappi

Suihkuvesiputkisto jaettiin liitteen 4 mukaisiin osiin, jotka ovat riippuvaisia puristinosasta ja kaapin asentotarkastelusta. Suihkuvesiputkistosta tehtiin 11 erilaista vaihtoehtoa, joista valitaan kaapin sisälle sopiva vesiputkisto virtauskaavion mukaan. Mallikappaleeseen valitsin vesiputkiston, joka sisältää sekä positio 100 suihkuputken, että positio 90 imutelan tiivisteenvoiteluvesiputkiston.

Asennon valitseminen ja siihen liitettävän vesiputkiston valinnan jälkeen moduloinnissa siirrytään kolmanteen päämoduuliryhmään, eli kiertovoiteluun. Tässä ryhmässä tehdään valinta kiertovoitelumittareiden sijoittamista. Kiertovoitelumittarit sijoitetaan joko päätykasettiin tai kellariin. Valintavaihtoehdot rajoittuvat tässä

kategoriassa kolmeen mahdollisuuteen. Esimerkkitapauksessa valinta kohdistui soikioratasvirtausmittariin, joka tunnetaan paremmin lyhenteellä OCU. Tarkasteluvaihtoehdot löytyvät liitteestä 4.

Viimeisenä modulointikaaviossa valitsimme päämoduuleista viimeisen, eli rasva-annostelijamoduulin. Siinä valittiin sijaitseeko kaapissa rasva-annostelija, vai jääkö se tapauksesta riippuen pois kaapista. Mallikappaleessa pyrittiin, että kaikki mahdolliset komponentit sijaitsevat kaapissa, joten myös rasva-annostelija sijoitettiin kaappiin. Jaottelu löytyy myös liitteestä 4.

Loput kaappiin tulevat tavarat sijoitetaan viimeisenä yhtenä lisämoduulina, johon sijoitetaan ovi ja sen eri variaatiot. Kaapin tarkastusikkuna pyrittiin pitämään aina samalla paikalla, jotta valmistaminen helpottuisi.

Modulointijaottelun jälkeen sijoitin valmiin mallin ChenPM6:een yläpuristimen paikalle, jonka jälkeen suoritin putkituksen ChenPM6:een oikeaan ympäristöön. Tästä siirryin viimeistelyvaiheeseen.

## **7.4 Viimeistely**

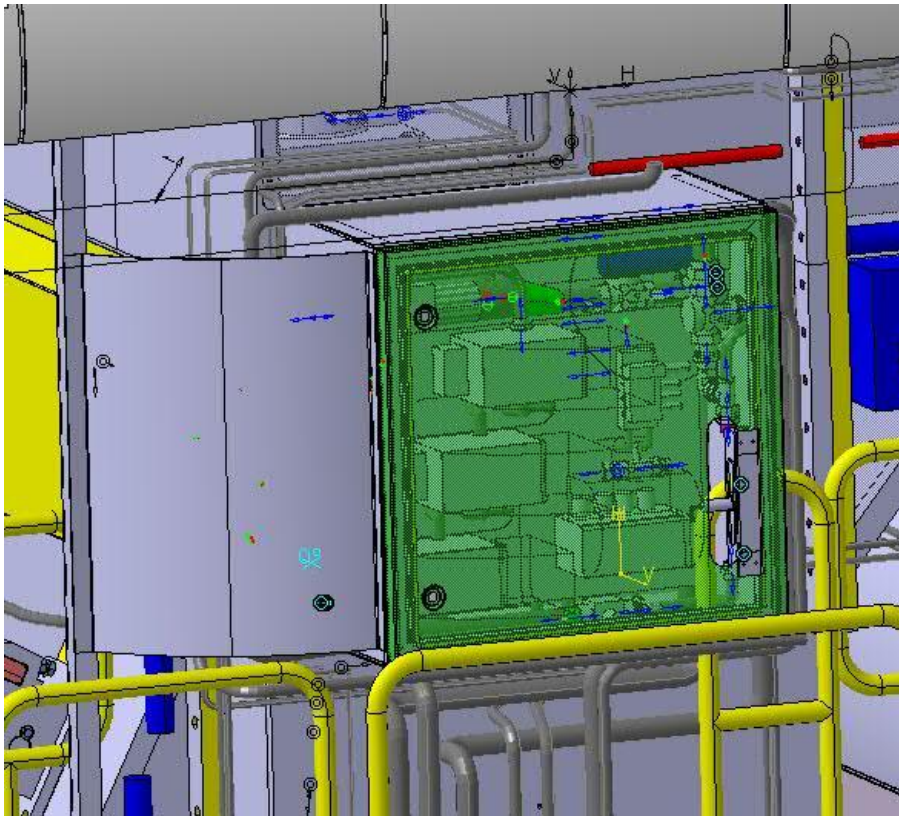
Tuotekehityksen viimeisessä vaiheessa eli viimeistelyssä aloitin siitä mihin suunnitteluvaiheessa jäin. Keskityin viimeistelemään putkiliittimien yhteensopivuutta, muovaamaan kaapin sisältöä, ja paikoittamaan putkia uudelleen.

Käytettävissä oli edellisten projektien osaluettelot, joita läpikäymällä valitsin mallille sopivat materiaalit, ja jotka ovat Metson standardien mukaisia. Vakioitavana oli kokoonpanossa käytettävien ruuvien, muttereiden ja nostokorvien valinta. Lisäksi valittavana olivat kaapin sisälle tulevat kannattimet ja tiivistekumit.

Valittavana oli kaapin kokoonpanossa käytettävien ruuvien, muttereiden ja nostokorvien valinta, kaapin sisälle tulevien kannattamien sijoittaminen ja tiivistekumin valinta.

Kiertovoiteluputkien kannakkeita tarkastaessa törmäsimme ongelmaan, joka oli aikaisemmassa työvaiheessa unohtunut. Kiertovoitelun sulk- ja huuhteluventtiilit olivat unohtuneet sijoittaa malliin. Tämä aiheutti putkistojen uudelleensijoittamisen ja sisälle rakennetun konstruktion muuttamisen. Pienien muutoksien jälkeen laitteet saatiin lisättyä paikoilleen, ja runkoputkitukset istutettiin uusille paikoilleen. Tämä osoitti kaapin helpon muokattavuuden, ja että kaappia voidaan varioida yllättävissäkin tilanteissa.

Viimeistelyssä suunnitteilla oli vielä suojapellin muovaaminen sheetmetal-ohjelmalla, ja sijoittaminen paikalleen ChenPM6:een. Sijoittamisen yhteydessä sijoitimme koneen runkoon metallikiskon, johon kaappi kiinnitettäisiin ruuviliitoksella. Ruuvit porataan metallikiskoon ja kaapin oveen siten, että suojapelti voidaan irrottaa nostamalla. Kuviossa 30 näkyy suojapellin sijoittaminen läpivientikasetin ja päätykasetin väliin.



KUVIO 30. Suojalevyn sijoitus ChenPM6:een

## 8 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

### 8.1 Uusi malli

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää uusi kustannustehokas malli päätykasetille ja laatia yksiselitteinen suunnitteluohjeistus kyseiselle mallille. Opinnäytetyön tuloksena oli uusi mallirakenne, joka oli rakennettu modulointia hyväksi käyttäen.

Uuden mallin kaappi on suunniteltu siten, että se ei sisällä yhtään ylimääräistä tilaa vievää läpimenoputkea. Tästä johtuen kaappi on saatu rakennettua mahdollisimman pieneksi ja kompaktiksi kokonaisuudeksi, joka sisältää vain oleelliset ja tärkeimmät laitteet. Näitä sisäisiä asioita voidaan hyväksikäyttää myös pick-upin tulevissa päätykasettimalleissa.

Mallin pienentyessä yritys säästää valmistus- ja materiaalikustannuksissa. Kaapin koon standardointi hyödyttää myös esisuunnittelua, jolloin on mahdollista ottaa kaapin tarvitsema tilavaraus jo aikaisessa vaiheessa huomioon. Kaapin koon pysyessä standardina ovi pysyy vakiona ja tällöin valmistuksessa tulevien virheiden määrä vähentyy.

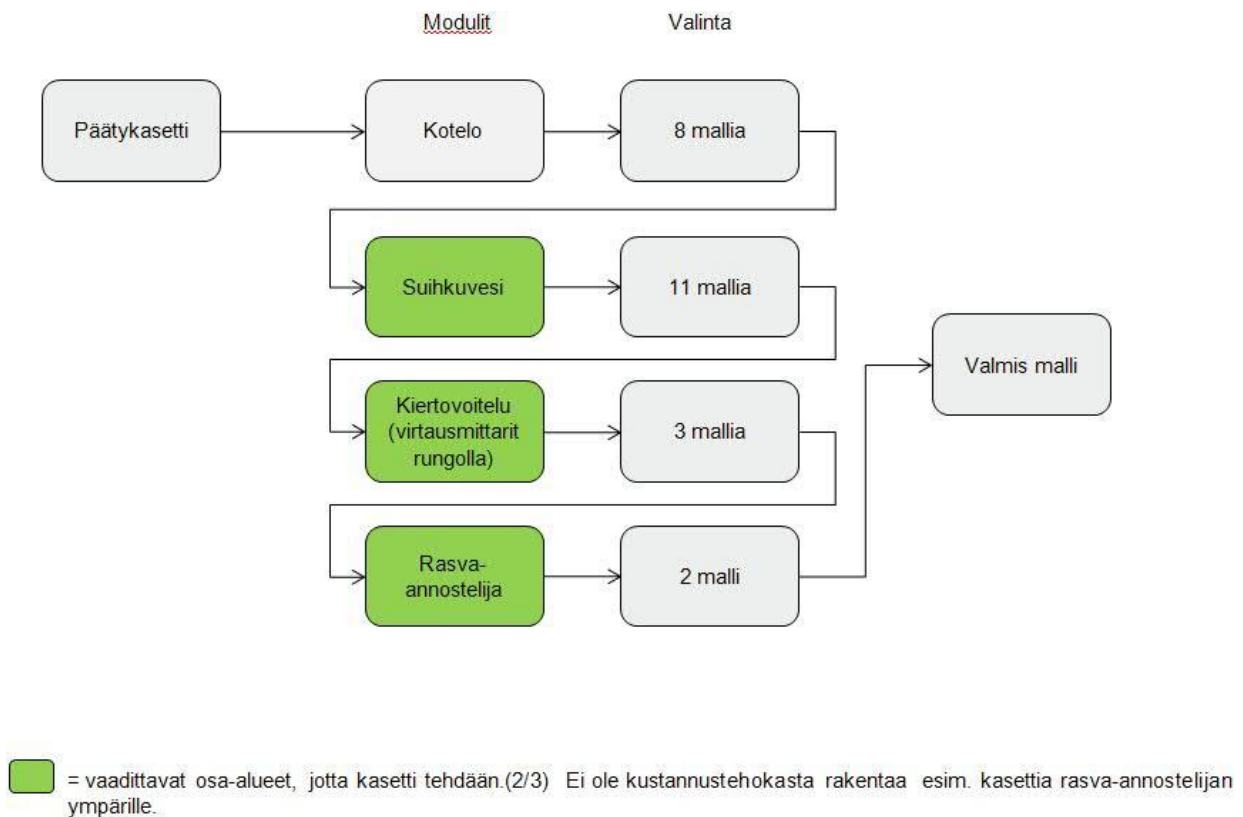
Myös esiasennuksessa kuluva aika pienenee, mikäli kaappi voidaan asentaa runkoon kiinni ja lähettää valmiiksi asennettuna eteenpäin. Malli ei ole edellisen mallin tapaan enää puolivalmiste, vaan valmis kokonaisuus. Kaappia ei tarvitse asentaa läpivientikasetin päälle, jolloin säästyy yksi aikaavievä työvaihe. Samalla putkitus koneen rungolla lisääntyy kaapin johdosta, joka hieman vähentää esikokoonpanossa saavutettua ajallista säästöä.

Myös kaapin levyjen suunnittelua voisi parantaa oikeaoppisella sheetmetal-käytöllä. Tämänhetkiselällä työtavalla ei saada parasta mahdollista hyötyä ohjelmasta. Tämän asian huomasi vasta opinnäytetyön loppuvaiheessa, jonka vuoksi malli on rakennettu vanhalla ohjeistuksella.

## 8.2 Modulointi

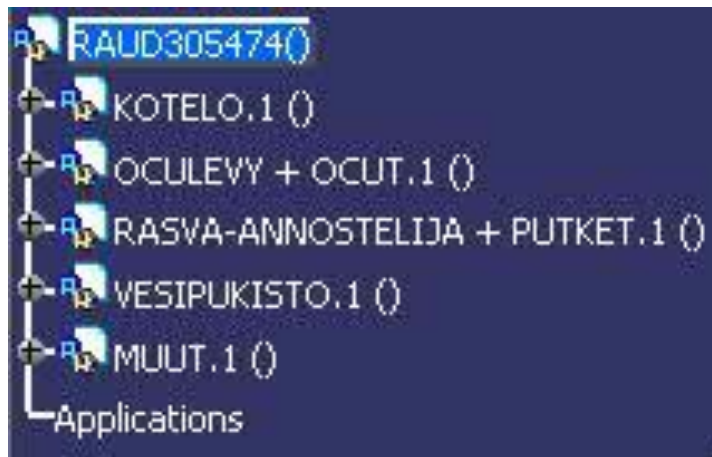
Uudenlaisessa päätykasettimallissa hyödynnetään moduloinnin perusteita.

Modulointia hyväksikäyttäen kaapista luodaan idealistiset moduulivaihtoehdot, joita voidaan helposti toisiinsa yhdistelemällä luoda uusi kaappimalli. Kaappi on jaettu neljään moduuliin (ks. kuvio 31).



KUVIO 31. Modulointivaihtoehdot

Moduulien tarkoitus on luoda jokaisesta mallista helposti muunneltava ja toisiinsa yhteensopiva kokonaisuus. Työssäni rakensin esimerkkimallin ja siihen sopivat moduulit siten, että kokoonpanossa suoritus tapahtui vain lisäämällä tarvittavat moduulit listalta kuvion 32 mukaisesti.



KUVIO 32. CATIA V5 R17 mallirakenne

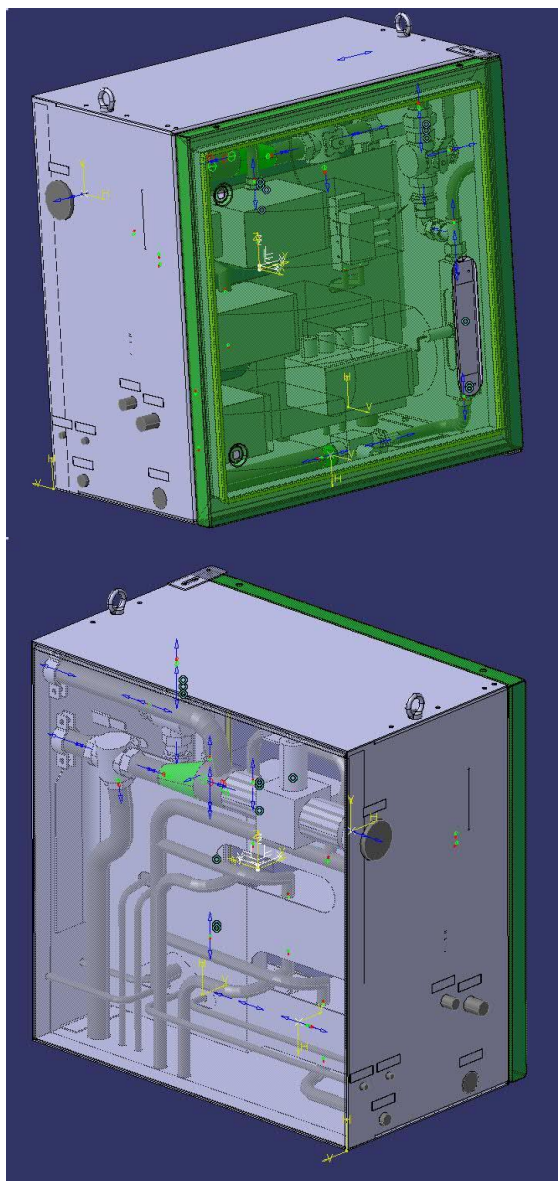
Tämä johtaa mahdollisuuteen rakentaa suunnittelussa mallikokonaisuuksia valitsemalla tarvittavat osat luettelosta. Moduulirakenne vähentää suunnittelutunteja, ja tuo helposti merkittäviä kustannussäästöjä. Tällöin myös vältetään turhan kaapin rakentamista, kuten kuviossa 33 voidaan havaita. Kaappi on rakennettu ainoastaan rasva-annostelijan ympärille, jolloin kaapin tarkoitusperä katoaa, ja kustannukset kasvavat.



KUVIO 33. Päätykasetti ja rasva-annostelija



Uudenlaiseen päätykasettimalliin oltiin Metson puolesta tyytyväisiä, ja mallia tullaan käyttämään tulevissa projekteissa alustavien suunnitelmien mukaisesti. Kokonaisvaltaisen mallimodulaation hyödyntäminen tarvitsee kaikkien modulaatioiden mallintamisen mallikirjastoon, jotta valinta voidaan suorittaa tarpeeksi kattavasta valikoimasta. Mallikirjasto päivittyy jatkossa projektien muutostarpeiden mukaan. Kuviossa 34 on näytetty loppuunviety malliratkaisu.



KUVIO 34. Viimeistelty päätykasetti

### 8.3 Suunnitteluohje

Päätykasetin suunnitteluohjeen laatiminen oli koko opinnäytetyön mittainen prosessi, joka tarkentui aina mallin saavuttaessa lopullista muotonsa. Tuloksena saatiin ohjeistus, jonka avulla suunnittelija voi tutustua päätykasetissa huomioitaviin asioihin.

Suunnitteluohjeistuksessa tulee ilmi mitä tulee huomioida asentotarkastelussa, mitä komponentteja tulisi käyttää ja miten modulointia periaatetta pyritään käyttämään suunnittelussa. Suunnitteluohje löytyy liitteistä. (ks. liite 4)

## 9 POHDINTA

Päätykasettimalleja oli yhtä monta kuin projekteja, joissa päätykasettia tarvittiin. Tuotekehitys ei ole yksinkertainen prosessi, sillä siinä tulee huomioida useita eri seikkoja. Oikeaoppisen kehitystyön läpiviennin tulee noudattaa hyvää suunnitelmaa ja sille annettuja aikamääreitä.

Opinnäytetyötä tehdessäni tutustuin puristinosaan, ja siellä suoritettavaan suunnitteluun perusteellisesti. Opintovaiheessa saatujen perustietojen hyödyntäminen suunnittelusta ja puristimesta syvenivät päivä päivältä, vaikkakin uuden oppiminen ja sen soveltaminen käytäntöön olivatkin arkipäivää.

Koulussa oppimiani levytaivutusperiaatteita oli mahdollista hyödyntää kotelon suunnitteluvaiheessa ja sen taivutuksessa. Vanhojen materiaalien säilöminen ja niiden uudelleentarkastelu palauttivat mieleen konstruktitekniikan perusteet ja muistuttivat moduloinnin monipuolisuudesta. Näiden oppien hyödyntäminen opinnäytteessä saivat ensi kertaa minut huomaamaan opetuksien konkreettisuuden ja hyödyn työelämässä. Myös Catia-suunnittelutyökalun opinnot olivat opinnäytetyössäni avainasemassa.

Opinnäytetyön aloittaminen oli hidasta, koska suuren yrityksen rattaat eivät ole aina niin joustavia, kuin niiden toivoisi olevan. Aikaavievää oli saada tietokone toimintavalmiiksi, mutta alun takertelun jälkeen työt rutinoituivat merkittävästi. Toiseen tietotekniseen ongelmaan törmäsin työn loppupuolella, kun aloitin sijoittamisen valmiiseen ChenPM6:een. Nämäkin ongelmat saatiin ratkaistua kuitenkin ajan kuluessa.

Kaiken kaikkiaan tämän opinnäytetyön tekeminen oli erittäin opettavaista. Työ antoi vapauden toteuttaa omia ajatuksia ilman rajoitteita, jolloin sain omalle luovuudelle vapaat kädet. Sain myös laajennetun näkökulman puristinosan toiminnasta, ja siihen liittyvästä suunnittelusta. Työssä konkretisoituivat ajankäytön hallinta, tiedon etsintä ja aikaisemmin oppiman hyödyntäminen työelämässä. Tärkeimpinä oppeina olivat kuitenkin insinöörimäisen työtavan omaksuminen ja uuden oppiminen.

## LÄHTEET

Cagan, J. & Vogel, C., 2003. Kehitä kärkituote – ideasta innovaatioksi. Jyväskylä: Gummerus.

Danneels E. & Kleinschmidt E. J. 2001. Product innovativeness from the firm's perspective: Its dimensions and their relation with project selection and performance. The Journal of Product Innovation Management. Vol.18, 357 – 373.

Eväsoja, M. 2010a. Pääsuunnittelija. Metso Paper Oy. Haastattelu 6.4.2010.

Eväsoja, M. 2010b. [Ei otsikkoa] Sähköpostiviesti. 15.4.2010. Vastaanottaja M. Luukkanen.

Halme, P., 2010, Press section, Metson sisäinen Lotus Notes-tietokantajärjestelmä, viitattu 17.4.2010.

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P.2005. Paperin ja kartongin valmistus. Kemiallinen metsäteollisuus. 2. 3.p. Helsinki: Opetushallitus.

Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P., 2000. Valmistustekniikka-487.Helsinki:Otatieto

Jokinen, T., 1987. Tuotekehitys 500. 6 p. Helsinki: Otava

KnowPap. 2005. Paperitekniikan ja automaation oppimisympäristö. Versio 7.0 VTT. Oppimisympäristö käytettävissä Metson verkossa. <http://intrafiles.metso.com,paper,training,knopapEN,english>.

Virtausmittarit. 2010. Kytölä instruments, 2010a. Malli K esittely. Viitattu 26.4.2010. <http://www.kytola.com/index.php?id=60&phpMyAdmin=OYcFr9rsZd4vscgRDtRXEjprBEf>

Soikioratasmittarit. 2010, Kytölä instruments. Malli 2950 esittely. Viitattu 26.4.2010.  
<http://www.kytola.com/index.php?id=86&phpMyAdmin=OYcFr9rsZd4vscgRDtRXEjprBEf>

Lempiäinen, J; Savolainen, J., 2003, Hyvin suunniteltu- puoliksi valmistettu - lyhyt johdatus tuotteiden valmistettavuuteen ja kokoonpantavuuteen. Helsinki: Suomen robotiikkayhdistys ry.

Matilainen, J., 2009a, Konstruktitekniikka. PDF. Luentomateriaali, Saatavilla JAMK:n Optima tietokantajärjestelmästä, viitattu 8.3.2010.

Matilainen, J., 2009b, Tuotekehitystoiminta. PDF. Luentomateriaali, Saatavilla JAMK:n Optima tietokantajärjestelmästä, viitattu 18.3.2010.

Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E. & Hultin, S. (2010). DFSM (Design For Sheet Metal) – Ohutlevytuotteiden suunnitteluohjeet. Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja. Helsinki: Teknologia-info Teknova Oy. (ilmestyy elokuussa 2010)

McDermott C. M. & O'Connor G. C. 2002. Managing radical innovation: an overview of emergent strategy issues. The Journal of Product Innovation Management. Vol. 19. 424 – 438.

Metso-konsernin yleiskatsaus. 2009. Sisäinen materiaali. Materiaali käytettävissä <http://intra.metsopaper.com>, marketing & communications, presentations, Metso's general presentation, General presentation in Finnish.

Metso – vuosikertomus. 2008. Helsinki: Metso Oyj.

Pahl, G. & Beitz, W., 1990. Koneensuunnitteluoppi, 2 p., Porvoo: WSOY

Asiakasmyötäinen tuotevalmistus. 1979. Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto, Tekninen tiedotus 1/79. Helsinki

Song M.; Montoya-Weiss M. 1998, Critical Development Activities for Really New versus Incremental Products. *The Journal of Product Innovation Management*. Vol. 1, 124 – 135.

Sutinen, S. 2010. Vanhempi pääsuunnittelija. Metso Paper Oy. Haastattelu 12.4.2010.

Tikkanen, V., S 2010. Konepajapäällikkö. Betamet. Haastattelu 15.3.2010.

Weijo, O. 2010. Suunnittelija. Elomatic Oy. Haastattelu 21.1.2010.

Österholm, J. & Tuokko, R. 2001. Systemaattinen menetelmä tuotemodulointiin. Vantaa: Teknologiainfo Teknova Oy.

# LIITTEET

## Liite 1. Aikataulu

	Task Name	Duration	Start	Finish
1	Opinnäytetyö aikataulu	4,1 mons	Mon 18.1.10	Tue 11.5.10
2	Perehtyminen	2 wks	Mon 18.1.10	Fri 29.1.10
3	Lähtötietojen hankinta	1 wk	Mon 25.1.10	Fri 29.1.10
4	Uusien ratkaisujen ideoiminen ja mallinnus	4 wks	Mon 25.1.10	Fri 19.2.10
5	Piping-koulutus	1 day	Tue 9.2.10	Tue 9.2.10
6	Vaihtoehtojen esittely ja valinta	0,5 wks	Mon 22.2.10	Wed 24.2.10
7	3D-mallinnuksen viimeistely kelpuutukseen	2,5 wks	Wed 24.2.10	Fri 12.3.10
8	Päätykasetin kelpuutus	0,5 wks	Wed 10.3.10	Fri 12.3.10
9	3D-tuotemallit	3 wks	Mon 15.3.10	Mon 5.4.10
10	Suunnitteluohje	2 wks	Mon 5.4.10	Mon 19.4.10
11	Päättötyön kirjoitus	2 mons	Fri 5.3.10	Fri 30.4.10
12	Tarkastus RAU:ssa	1 wk	Mon 19.4.10	Fri 23.4.10
13	Työn koululle palautus	0 days	Fri 30.4.10	Fri 30.4.10
14	Kirjan paino	2 wks	Mon 17.5.10	Fri 28.5.10

## Liite 2. Päätykasetin vaatimuslista

Muutospäivä	Metso Paper Vaatimuslaji	Vaatimuslista tuotteelle päätykasetti Vaatimukset/Kuvaus <i>Käyttö/Huolto</i>	Lukuarvo
	KV	Kaikkia laitteita pystyttävä käyttämään.	
	KV	Hyvä korroosionkesto	
	KV	Putkiston kestävä MP-vesi	3 bar
	KV	Putkiston kestävä KP-vesi	25 bar
	KV	Hydrauliikka putkiston kestävä	160 bar
	KV	Muut putkiston kestävä	0-5 bar
		<i>Asennus</i>	
	T	Helposti asennettava ja purettava	
		<i>Kunnossapito</i>	
	T	Huollontarve mahdollisimman vähäinen	
		<i>Kustannukset</i>	
	VV	Kustannustehokas	
	T	Suunnittelu tuntien vähentäminen	
		<i>Turvallisuus/Ergonomia</i>	
	T	Mahdollisimman pieni kooltaan	
	T	Ulkonäkö yhtenäinen ja siisti	

KV= kiinteät vaatimukset (täytettävä kaikissa tilanteissa)

VV= vähimmäis vaatimukset (raja-arvo saavutettava, ylittäminen/alittaminen toivottavaa)

T= toivomukset (toteutetaan mahdollisuuksien mukaan)



## Liite 3. Päätykasettien vertailu ja ratkaisumallin valinta



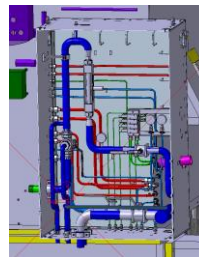
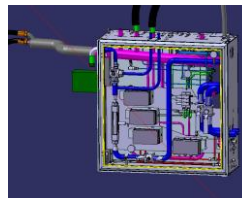
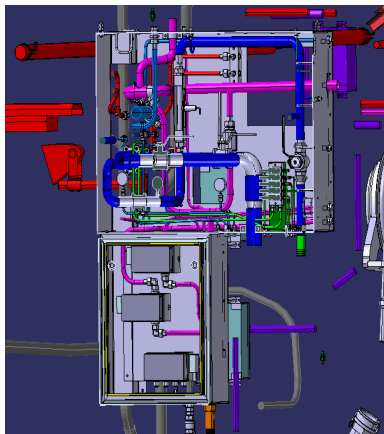
Välipalaveri 19.02.2010

Päätykasettimallien vertailu ja loppuun  
vietävien ratkaisumallien valinta



INTERNAL

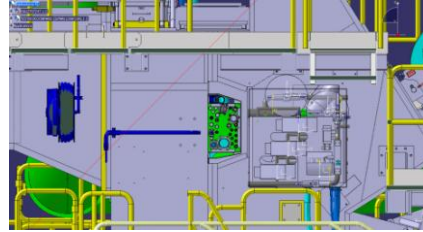
### Päätykasettimallien esittely Lähtötilanne



INTERNAL

## Päätykasettimallien esittely Uudenlainen ajattelumalli

- Siirretään kasetti sivuun läpivientikasetin päältä
- Hyödyt
  - Saadaan standardoitua kaappi ja rakennettua sisältö haluamalla tavalla.
  - Kaappien koko pienenee.
  - Virheet valmistuksessa vähenee.
- Haitat
  - Putket joudutaan peittämään erikseen suojapellillä.

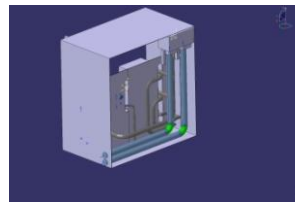
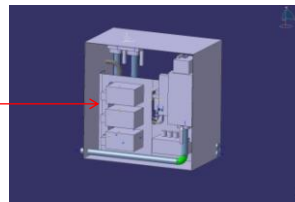


3 | © Metso Date Author Title

INTERNAL

## Päätykasettimallien esittely Malliratkaisu 1

- Kaappi:  
900mm\*900mm\*540mm
- Sisältää:
  - OCU:t
  - Lohkosuunnitelun
  - Rasva-annostelijan
  - Levyn tuoman dimension hyväksikäyttö
- Hyödyt
  - Kokonaistilan minimointi
  - Lohkojen hyödyntäminen
  - Sisällön vakiointi
- Haitat
  - Kallis (lohkon materiaali)

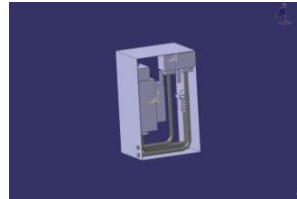
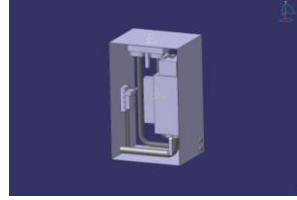


4 | © Metso Date Author Title

INTERNAL

## Päätykasettimallien esittely Malliratkaisu 2

- Kaappi:  
500mm\*800mm\*400mm
- Sisältää:
  - Lohkosuunnitelun
  - Rasva-annostelijan
  - Levyn tuoman dimension hyväksikäyttö
- Hyödyt
  - Kapeampi versio
  - Mahdollistaa käytön pienessä tilassa
- Haitat
  - Kallis (lohkon materiaali)

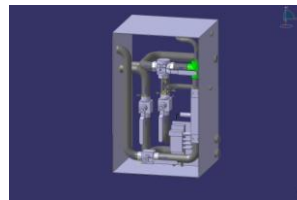


5 | © Metso Date Author Title

INTERNAL

## Päätykasettimallien esittely Malliratkaisu 3

- Kaappi:  
500mm\*800mm\*450mm
- Sisältää:
  - Rasva-annostelijan
  - Levyn tuoman dimension hyväksi käyttö
- Hyödyt
  - Vältetään lohkoja ja korvataan edullisemmalla putkella
  - Pyritään hyödyntämään kaikkia dimensioita
- Haitat
  - Ei tilaa OCU:lle

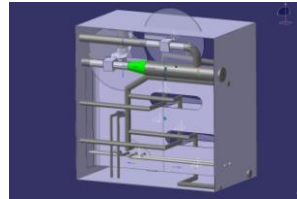
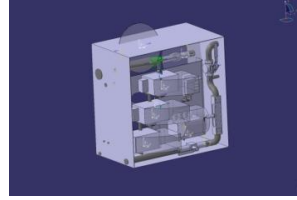


6 | © Metso Date Author Title

INTERNAL

## Päätykasettimallien esittely Malliratkaisu 4

- Kaappi:  
900mm\*900mm\*540mm
- Sisältää:
  - OCU:t
  - Rasva-annostelijan
  - Levyn tuoman dimension hyväksikäyttö
- Hyödyt
  - Kokonaistilan minimointi
  - Sisällön vakiointi
- Haitat
  - Putkien huollettavuus takana.



7 | © Metso Date Author Title

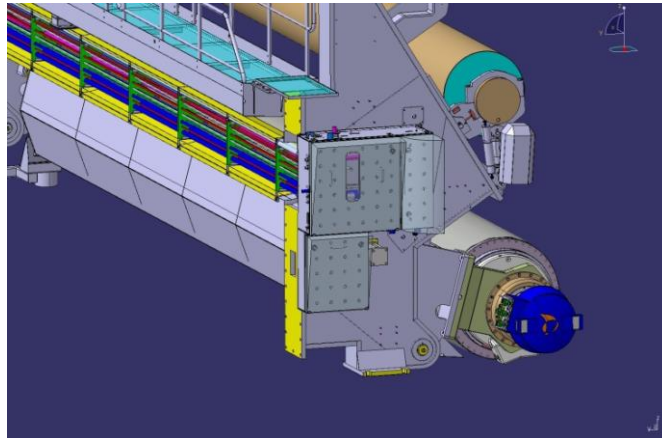
INTERNAL

## Mallisijoitus Setubal PM 4 PickUp

### Lähtötilanne

Ylempi kaappi:  
1300x900x500

Alempi kaappi:  
663x809x310



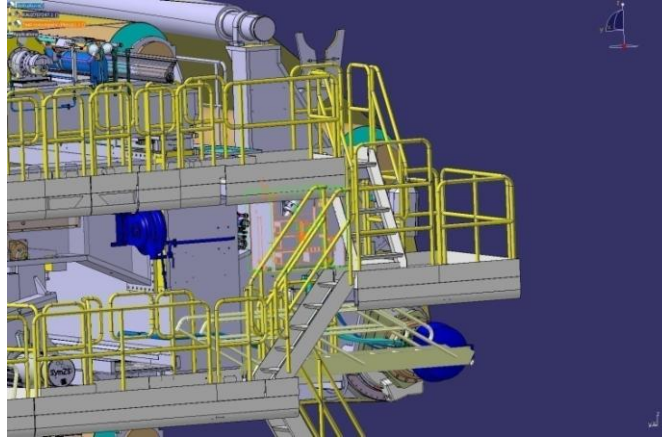
8 | © Metso Date Author Title

INTERNAL

# Mallisijoitus Setubal PM 4 PickUp

## Malliratkaisu 1

Kaappi:  
900x900x540



9 | © Metso      Date Author Title

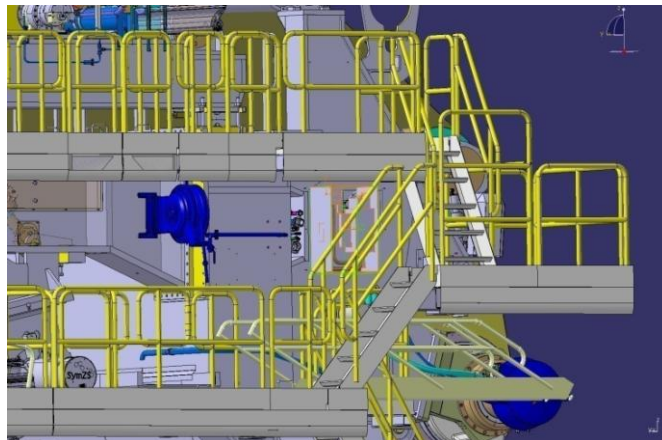


INTERNAL

# Mallisijoitus Setubal PM 4 PickUp

## Malliratkaisu 2

Kaappi:  
500x800x400



10 | © Metso      Date Author Title

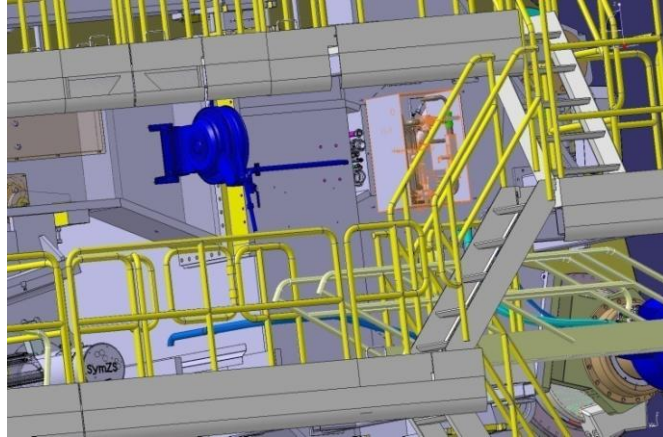


INTERNAL

# Mallisijoitus Setubal PM 4 PickUp

## Malliratkaisu 3

Kaappi:  
500x800x540



11 | © Metso Date Author Title

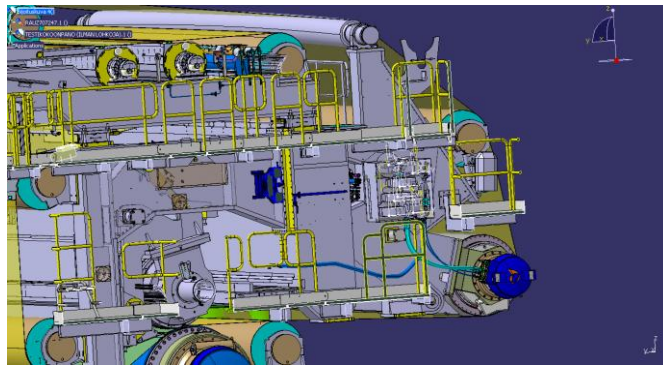


INTERNAL

# Mallisijoitus Setubal PM 4 PickUp

## Malliratkaisu 4

Kaappi:  
900x900x540



12 | © Metso Date Author Title



INTERNAL

## Päätykasettimallien esittely Asennus

### *Sijoitus runkoon*

- Takapeltiä ei tarvita

- Hyödyt

- Kustannustehokkaampi

- Haitat

- Putket vievät rungolta tilaa

### *Sijoitetaan irti rungosta*

- Vaatii suojaavan takapellin

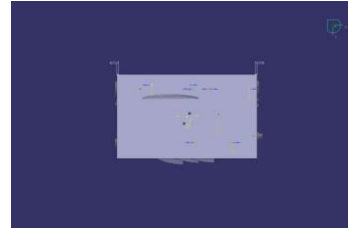
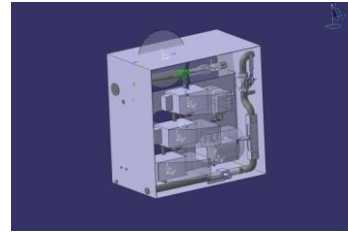
- Mahdollistaa putkien läpi viennin kasetin "takaa"

- Hyödyt

- Lisää tilaa rungolla

- Haitat

- Nostaa kokonaiskustannuksia



## Liite 4. Päätykasetin suunnitteluohje

### Päätykasetin suunnitteluohje



### Sisällyluettelo

[Päätykasetin suunnitteluvaiheet ja ohjeet](#)

[Kotelon suunnittelun yksityiskohdat](#)

[Mallikasetin hajauttaminen kirjastoon](#)

[Päätykasetin tuoterakenne muutokset](#)

[Mallien valintakaavio](#)





## Päätykasetin suunnitteluvaiheet ja ohjeet

- 1) Katso kaapin tarve. Älä rakenna turhaa kaappia. Selvitä mitä laitteita tarvitset kyseiseen kaapiin. Suihkuvesikaaviosta selviää vesiputkiston rakenne, voitelukaavioista OCU:t ja rasva-annostelija.
- 2) Tarkasta paikka. Katso tilantarve ja huoltoluukkujen paikoitus. Selvitä huoltoluukkujen takana sijaitsevien laitteiden huoltovälit ja niiden tärkeys. Mikäli huoltoluukkujen paikat estävät kaapin asentamisen konesuunnassa, on kaappi asetettava poikkisuuntaisesti ja kiinnitettävä osaksi huoltosiltaan. Mikäli edellä mainitut vaihtoehdot eivät onnistu on kaapista tehtävä irroitettava.
- 3) Laatikon koko on vakio. Vakioimalla sisällöt (laittamalla OCU:t, rotametri, rasva-annostelija, venttiilit samoilla paikoilla). Tämä aiheuttaa vähemmän variaatioita kaapin takaosassa.
- 4) Pienputket kaapin takaosassa suunnitellaan aina uudelleen. Ei ole mahdollista tuottaa yhtä ja ainoaa oikeaa ratkaisumallikaappia, niin on joitakin osia tehtävä aina hiukan soveltaen. Pienputkille määritellään kulkureitit ja suojaletkien läpiviennit aina uudelleen.

## Päätykasetin suunnitteluvaiheet ja ohjeet

- 5) Käytä jo valmiita osia. Käytä Rautpohjan tietokannassa jo olevia osia. On paljon kustannustehokkaampaa käyttää jo mallinnettuja osia. Tällöin saamme räätälöityä samoista osista samanlaisia kaappeja.
- 6) Törmäystarkastelu. Mikäli joudut muuttamaan kaapin sisältöä, on sen osille suoritettava törmäystarkastelu. OCU:n luukut, venttiilien kahvojen liikeradat on otettava huomioon. Pyri tilanteeseen, jossa kaikkia laitteita voidaan käyttää yhtä aikaa tarpeen tullen. (Max. tilantarve huoltotilanteessa). Muista myös laitteiden vaatimat huoltoetäisyydet. Muista, että kahvat voidaan irroittaa ja sijoittaa eri asentoon uudelleen tarvittaessa.
- 7) Käytännöllisyys. Pyri aina siihen, että laite on myös käytettävissä. Käytettävyys meinaa unohtua monissa hienoissa ratkaisuissa, joten mieti voisitko itse sitä käyttää/huoltaa. Mikäli vastaat kieltävästi on kaapin sisältö muutettava käytännönläheisemmäksi.

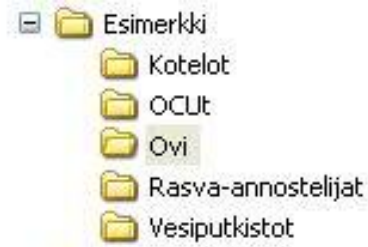
## Kotelon suunnittelun yksityiskohdat

- Kotelorakenne
  - Pysyy aina vakiona. Katso RAUD305474
- Ruuvit ja kannat
  - Kotelon kokoonpano suoritetaan M8-kuusioruuvilla ja lukitaan LOCTITE:lla
  - Kierteessä käytetään M8-hitsattavaa mutteria VAL0007357
- Nostokorvat
  - Käytetään nostokorvia VAL 0131 779
- Reiät
  - Suunnitteluvaiheessa täytyy tarkastaa levykuvat -> Poista turhat reiät
  - Esim. OCU-levyn pois jääminen -> Kiinnityksestä aiheutuvien reikien poistaminen työkuvista.
- Takalevy
  - Muovataan suurimpien putkitusten mukaan eli tehdään tarvittaessa pokkauksiin lovitukset.

- Pyöritykset ja viisteet
  - Pyörityksinä käytetään levyn paksuutta (s=3, R=3)
- Mitoitus
  - Kotelon ovirn työkuviin vain päämitoitus ja mitoittamaton laserleikkauskuva (sisältää päämitat).
- Hitsimerkit
  - Putkien jatkohitaus TIG juurikaasua käyttäen. Hitsausluokka C SFS-EN 25817
- Kotelon läpiviennit
  - Pienputkille SV-läpivientiliitin
  - Suuremmille putkille hitsataan putkisanka kotelon sisäpuolelle
- Kotelon ulkopuolelle kiinnitetään putkille nimikilpi

INTERNAL

## Mallikasetin hajauttaminen kirjastoon

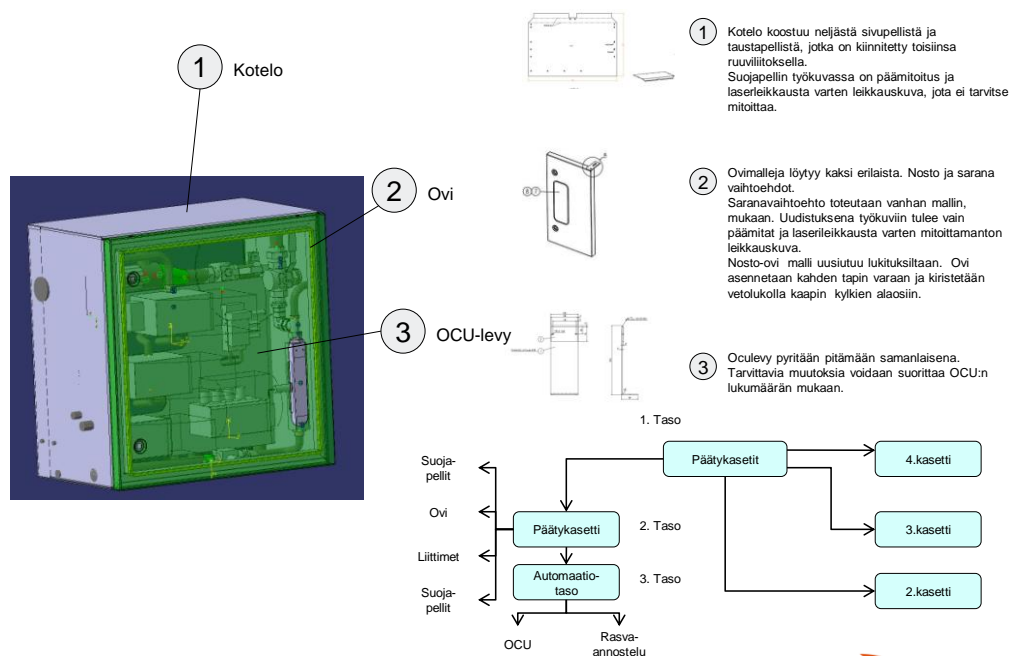


- Kotelot
  - Vaihtoehtoiset kotelomallit
  - Esim. Konesuuntainen
- Ovi
  - Sisältää oven eri variaatiot
- OCU:t
  - OCU-levyn mahdolliset variaatiot
  - OCU:n lukumäärä voi vaihdella
  - Kirjastossa myös yleisimpiä putkitusmalleja.
- Rasva-annostelija
  - OCU-levyssä tai omalla telineellä.
  - Kirjastossa myös yleisimpiä putkitusmalleja.
- Vesiputkistot
  - Valitaan paikkakohtainen vesiputkisto



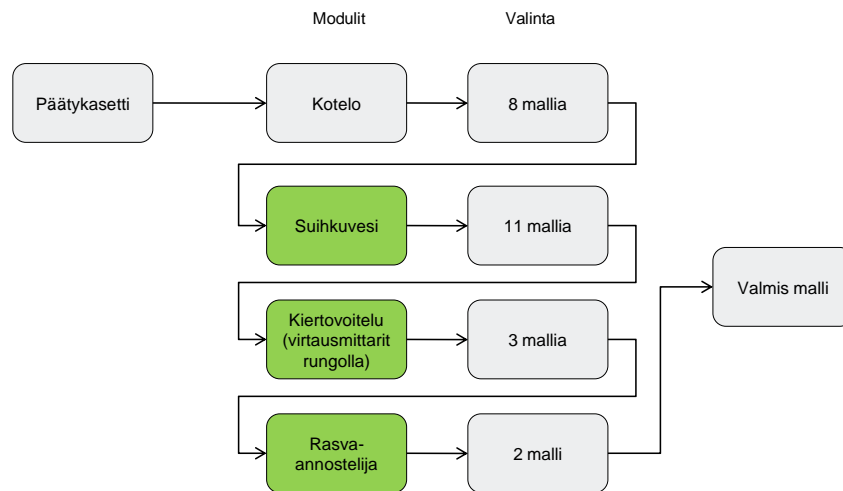
## Päätykasetin tuoterakenne muutokset

INTERNAL



INTERNAL

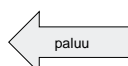
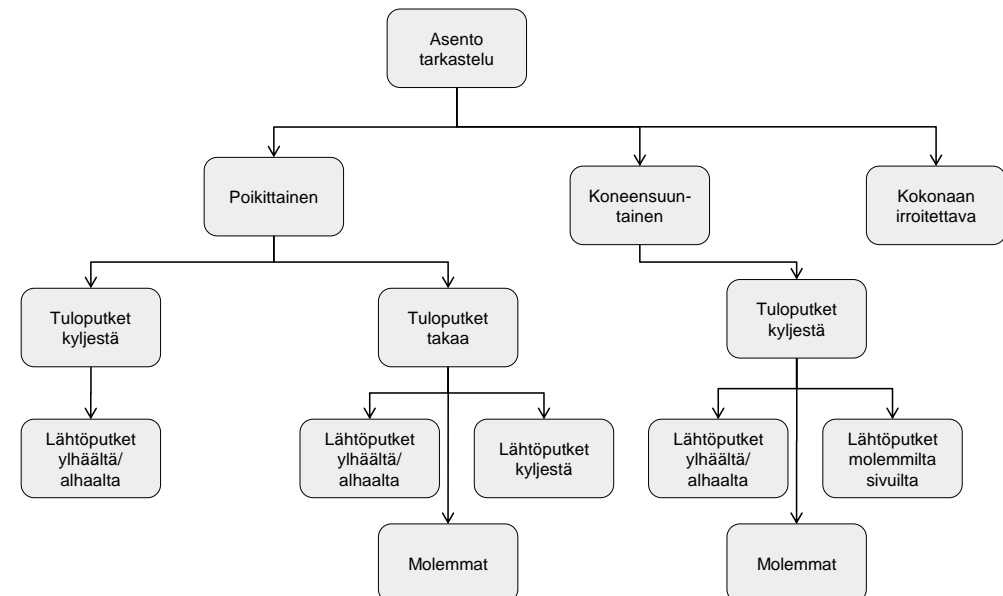
## Mallien valintakaavio



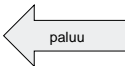
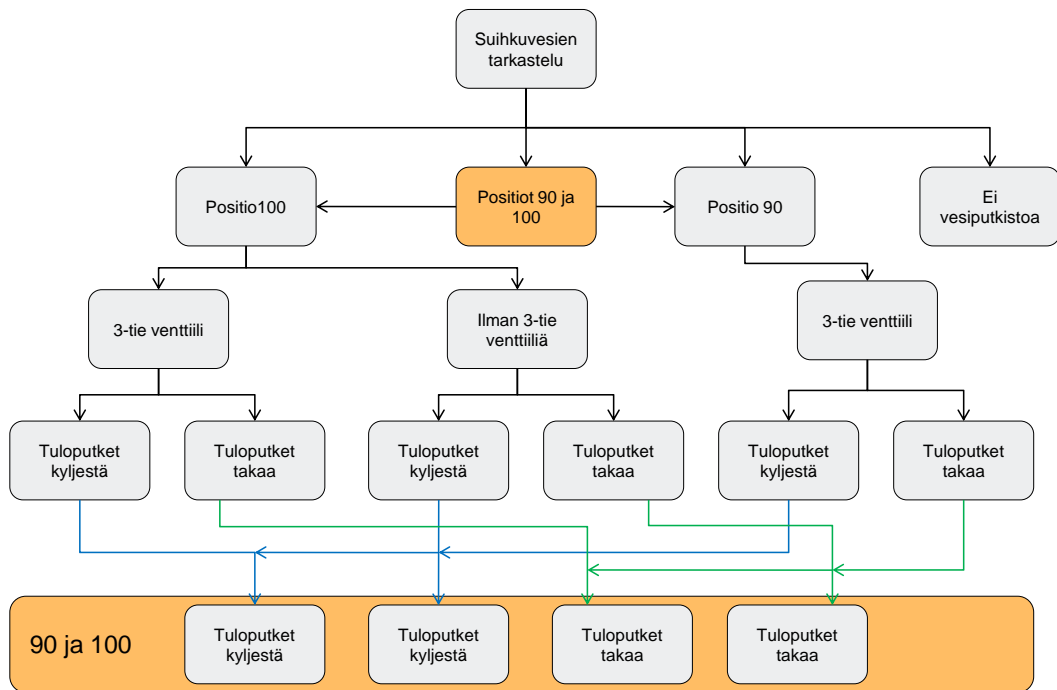
= vaadittavat osa-alueet, jotta kasetti tehdään. (2/3) Ei ole kustannustehokasta rakentaa esim. kasettia rasva-annostelijan ympärille.



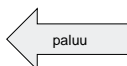
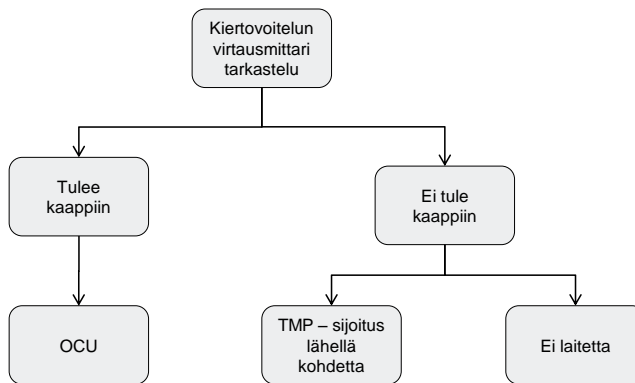
INTERNAL



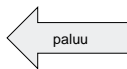
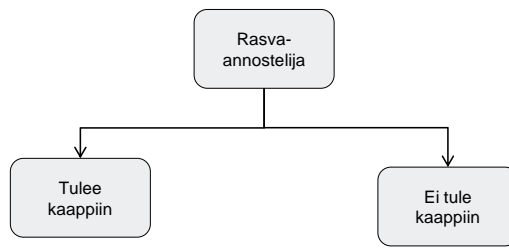
INTERNAL



INTERNAL

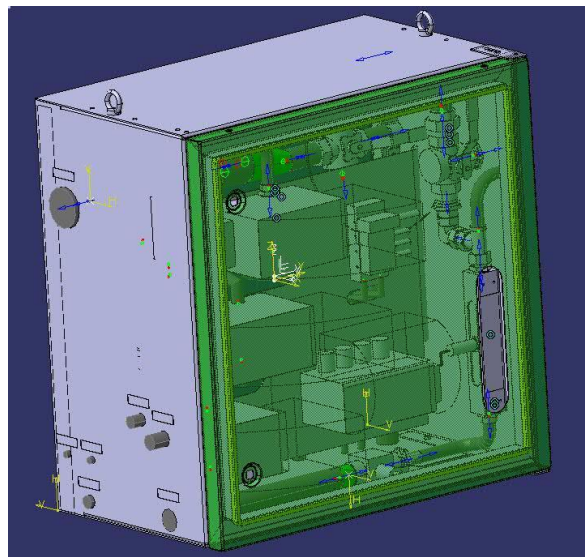


INTERNAL



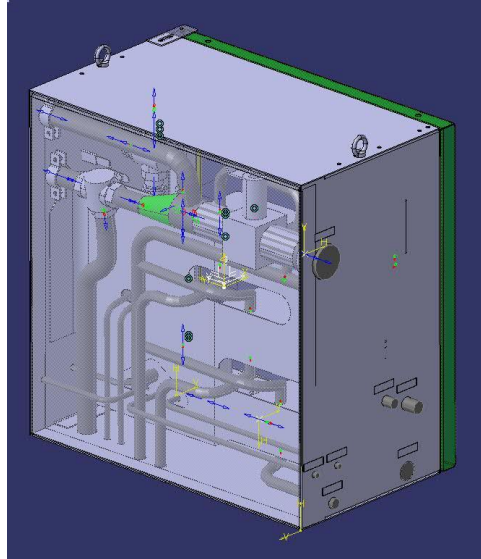
## Valmis malli

INTERNAL



## Valmis malli

INTERNAL



## Mallin sijoitus Chen PM6:n

INTERNAL

