

# MOMENTTIKIILAN LINJAUKSEN SÄÄDETTÄVYYS

Riina Siidorow

Opinnäytetyö  
Tammikuu 2012

Paperikoneteknologian koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) SIIDOROW, Riina	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 27.01.2012
	Sivumäärä 57	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus ( ) saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi MOMENTTIKIILAN LINJAUKSEN SÄÄDETTÄVYYS		
Koulutusohjelma Paperikoneteknologian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja SÄLLINEN, Pekka, lehtori		
Toimeksiantaja Metso Paper Oy, SymBelt -telasuunnittelu JÄÄSKELÄINEN, Ilkka, kehitysinsinööri		
Tiivistelmä <p>SymBelt -telan momenttikiila paikoittaa SymBelt -telan paineakselin ja laakeripesän suhteessa toisiinsa ja sitä kautta SymBelt -telan suhteessa vastatelaansa. Momenttikiilan rakenteeseen liittyvät osat valmistetaan tarkoilla toleransseilla ja paineakselin sylinteriuran ja laakeripesän kuormitusliitoksen pinnan välinen kulmaero on tarkkaan määritetty.</p> <p>SymBelt -telan kokoonpanon työntekijät olivat havainneet, että toleranssit kulmaerolle ovat ahtaat ja hankalat saavuttaa. He olivat laatineet aloitteen momenttikiilan kiinnittävän rakenteen muutoksesta niin, että momenttikiilan avulla voitaisiin hienosäätää laakeripesän asentoa suhteessa akseliin ja näin saavuttaa helpommin kulmaerolle asetetut rajat.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli ideoida aloitteessa esitetyn rakennemuutoksen lisäksi muita vaihtoehtoja ja selvittää rakennemuutoksen kannattavuutta. Työ eteni tuotesuunnitteluprosessin kaavaa löyhästi mukailen. Rakennemuutosvaihtoehtoja ideoitiin ja arvioitiin, karsittiin ja kehitettiin jäljelle jäänyttä eteenpäin.</p> <p>Uuden rakenteen viimeistelyvaiheeseen opinnäytetyön aikana ei edetty. Rakennemuutoksen tarpeellisuus kyseenalaistui työtä tehdessä. Lisäksi esiin nousi asioita, jotka vaativat lisäselvityksiä ennen kuin rakennemuutosta viedään eteenpäin. Opinnäytetyön tuloksena todetaan myös, että rakennemuutoksella ei saavuteta kaikkia aloitteessa esitettyjä etuja.</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Metso Paper Oy:n SymBelt -telasuunnitteluosastolle. Pääsääntöisesti opinnäytetyötä tehtiin Metso Paper Rautpohjan toimipisteessä, jossa tekijällä oli käytettävissään oma työpiste sekä mahdollisuus seurata telojen kokoonpanoa verstaalla ja käydä keskusteluja aiheesta sekä asentajien että suunnittelijoiden kanssa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Paperikone, puristinosa, SymBelt, kenkäpuristin, tuotekehitys, momenttikiila		
Muut tiedot Raportin kappaleet 7.2 ja 8, sekä liitteet 4 ja 5 on jätetty julkisesta raportista pois niiden sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.		



Author(s) SIIDOROW, Riina	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 27.01.2012
	Pages 57	Language Finnish
	Confidential ( ) Until	Permission for web publication ( X )
Title ADJUSTABILITY OF MOMENT KEY ALIGNMENT		
Degree Programme Degree Programme in Paper Machine Technology		
Tutor(s) SÄLLINEN, Pekka, Lecturer		
Assigned by Metso Paper Inc., Symbelt Roll engineering JÄÄSKELÄINEN, Ilkka, Development Engineer		
<p>Abstract</p> <p>In the Symbelt roll a moment key is used to position the bearing housing and the pressure beam in relation to each other and through that to position the Symbelt roll in relation to its counter roll. The components are manufactured with precise tolerances and the angular difference between the cylinder groove in the pressure beam and the surface of the load joint on the bearing housing is strictly defined.</p> <p>Symbelt assembly workers noticed that the tolerances for the angular difference are tight and difficult to achieve. They prepared an initiative on changing the moment key fastening structure so that the position of the bearing housing in relation to the pressure beam could be adjusted with the moment key and thus reach the limits of the angular difference more easily.</p> <p>The goal of the thesis was to compose other structural change options in addition to the one presented in the initiative and to assess the feasibility of the structural change in general. Working on the thesis proceeded loosely by the principle of a typical research and development process. Structural change options were assessed and evaluated, some ideas were discarded and some developed further. The finalizing phase of a new structure was not reached during the thesis process. The need for structural change was questioned as the thesis process advanced. In addition to this also other matters requiring further analyses before structural changes could be made emerged during the thesis. Also as a result of the thesis it must be stated that by the structural change all the benefits stated in the initiative cannot be reached.</p> <p>The thesis project was done for Metso Paper Ltd and the Symbelt shoe press roll design department. Working on this thesis took place at Metso Paper Rautpohja factory, where the author had both access and possibility to follow the assembly of the rolls and to discuss matters with mechanics and designers.</p>		
Keywords Paper machines, press section, Symbelt, shoe press, product development, moment key		
Miscellaneous Chapters 7.2 and 8 and appendices 4 and 5 are left out from the public report due to their confidential nature.		

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO.....</b>	<b>4</b>
<b>2 TOIMEKSIANTAJA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Metso konserni .....	5
2.2 Paperi- ja kuituteknologia .....	7
2.3 Metso Paper Rautpohja .....	7
2.4 SymBelt -telasuunnittelu .....	8
<b>3 TUOTEKEHITYSPROSESSI.....</b>	<b>9</b>
3.1 Tuotekehitys .....	9
3.2 Prosessin käynnistäminen.....	9
3.3 Luonnostelu .....	10
3.4 Kehittäminen .....	12
3.5 Viimeistely .....	13
<b>4 PURISTINOSA.....</b>	<b>14</b>
4.1 Puristinosan toiminta ja tehtävät .....	14
4.2 Nippitapahtuma.....	16
4.3 Pitkänippipuristin.....	17
4.4 SymBelt .....	20
4.5 SymBelt –telan momenttikiila.....	22
<b>6 RAKENTEEN KEHITTÄMINEN.....</b>	<b>23</b>
6.1 Lähtökohdat.....	23
6.2 Luonnostelu .....	25
6.2.1 Reuna- ja alkuehdot .....	25
5.2.2 Ideat .....	30

6.2.3 Yhteenveto ja ideoiden vertailu .....	35
<b>6.3 Kehittely.....</b>	<b>36</b>
6.3.1 Ruuvit .....	36
6.3.2 Säätopalat.....	37
<b>7 TULOKSET .....</b>	<b>44</b>
7.1 Viimeinen luonnos .....	44
7.2 Kehitystyön lopettaminen .....	45
<b>8 TULOSTEN POHDINTA.....</b>	<b>46</b>
<b>LÄHTEET.....</b>	<b>47</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>48</b>
Liite 1. Symbelt -tuotteiden kelpuutuksen tarkastuslista .....	48
Liite 2. Säätoruuvien lujuuslaskut .....	49
Liite 3. Säätopalojen kiinnitysruuvien lujuuslaskut.....	50
Liite 4. Laakeripesän välykset .....	52
Liite 5. Laakeripesän kallistuminen .....	53

## KUVIOT

KUVIO 1. Metson henkilöstö alueittain .....	5
KUVIO 2. Metson liikevaihto asiakasteollisuuksittain .....	6
KUVIO 3. Metson liikevaihto ja henkilöstö segmenteittäin .....	6
KUVIO 4. Metson Jyväskylän paperikonetehtas .....	8
KUVIO 5. Metson SymPress B -puristinosakonsepti. ....	14
KUVIO 6. Vedenpoisto puristimella. ....	15
KUVIO 7. Nippitapahtuman vaiheet.....	16
KUVIO 8. Kuormituskäyrät tela- ja pitkänipissä.....	18

KUVIO 9. Märkäpuristuksen vaikutus bulkkiin. ....	19
KUVIO 10. SymBelt -puristin. ....	20
KUVIO 11. SymBelt -telan osat numeroituna. ....	21
KUVIO 12. Laakeripesän osat. ....	22
KUVIO 13. Momenttikiilan kiinteä rakenne. ....	24
KUVIO 14. Momenttikiilan asennus. ....	26
KUVIO 15. Laakeripesän kiilauraan vaikuttava voima. ....	28
KUVIO 16. Kiilan kallistuminen D1425 -telassa. ....	29
KUVIO 17. Ensimmäinen luonnos. ....	30
KUVIO 18. Toinen luonnos. ....	31
KUVIO 19. Sääto ruuveilla. ....	32
KUVIO 20. Sääto yhdellä palalla. ....	33
KUVIO 21. Momenttikiila kallistettuna. ....	33
KUVIO 22. Pyöristetyt säätöpalat, momenttikiila kallistettuna. ....	34
KUVIO 23. Sääto ruuveilla. ....	36
KUVIO 24. Kolmas luonnos. ....	37
KUVIO 25. Kolmas luonnos, D1095 -tela. ....	38
KUVIO 26. Kolmas luonnos, D1595 -tela. ....	39
KUVIO 27. Testipenkki. ....	40
KUVIO 28. Leikkauskuva. ....	43
KUVIO 29. Viimeinen luonnos. ....	44

## 1 JOHDANTO

Paperi- ja kartonkikoneet valmistetaan suurella tarkkuudella, päämääränä koneen luotettava ja pitkäikäinen sekä kannattava toiminta ja laadukas lopputuote. Vaikka koneet itsessään ovatkin valtavia, on jokaisella pienelläkin osalla vaikutusta lopputulokseen. Tässä työssä keskityttiin yhteen pieneen osaan ja sen rakenteeseen, SymBelt -telan momenttikiilaan.

Momenttikiilalla on suoraan ja välillisesti vaikutusta SymBelt -telan, puristimen ja sitä kautta koko koneen toimintaan ja lopputuotteen laatuun. Momenttikiila kiinnittyy SymBelt -telan laakeripesään ja akseliin pitäen nämä paikallaan suhteessa toisiinsa. Työn tavoitteena oli kehittää momenttikiilan kiinnitysrakennetta niin, että telan kokoonpano ja käytettävyys paranisi, ilman että lopputuotteen laatu ja kokoonpano ja käytettävyys huononisivat toisaalla.

Tämä aihe tuli valituksi, koska se on toimeksiantajalle oikeasti merkityksellinen ja todellinen projekti, joka on tehtävä. Lisäksi työn aihe myös vastaa paperikoneteknologian opintojani erittäin hyvin, kyseessä kun on paperikoneeseen liittyvä suunnittelutehtävä.

Opinnäytetyö tehtiin Metso Paper Oy:n SymBelt -telasuunnitteluosastolle. Työ tehtiin pääasiassa Rautpohjassa, siihen varatussa työpisteessä. Toimeksiantajan puolelta työn ohjaajana toimi kehitysinsinööri Ilkka Jääskeläinen ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun puolelta työn ohjaajana toimi lehtori Pekka Sällinen.

Tämä raportti jakautuu karkeasti kolmeen osaan. Ensimmäisissä kappaleissa on esitelty työn tietoperustaa; toimeksiantaja, paperikoneen puristinosa ja SymBelt -telan asema siinä, sekä yksi tapa viedä läpi suunnitteluprojekti. Tämän osion jälkeen on kerrottu varsinaisen työn tekemisestä, sen vaiheista ja lopputuloksesta. Viimeisessä jaksossa on pohdittu työn tuloksia, niiden merkitystä ja työn tekemistä sekä siihen vaikuttaneita asioita.

## 2 TOIMEKSIANTAJA

### 2.1 Metso konserni

Metso on kestävien teknologioiden ja palveluiden kansainvälinen toimittaja, jonka asiakkaat toimivat kaivos-, maanrakennus-, öljy- ja kaasuteollisuudessa, voimantuotannossa, kierrätyksessä sekä massa- ja paperiteollisuudessa. Metso konsernissa on noin 28 500 työntekijää yli 50 maassa, kuviossa 1 on esitetty kuinka työntekijät jakautuvat alueittain. (Metso General 2011.)



KUVIO 1. Metson henkilöstö alueittain. (Metso General 2011.)

Metson liikevaihto oli vuonna 2010 noin 5,6 miljardia euroa, kuviossa 2 on esitetty kuinka liikevaihto jakautuu asiakasteollisuuksittain. 45 prosenttia liikevaihdosta muodostuu palveluliiketoiminnasta, projektikaupan osuuden ollessa 35 ja tuote-kaupan 20 prosenttia liikevaihdosta. (Mt.)



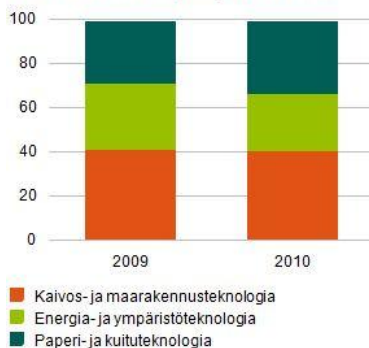
Liikevaihto  
asiakasteollisuuksittain



KUVIO 2. Metson liikevaihto asiakasteollisuuksittain. (Metso General 2011.)

Metso konsernin liiketoiminta on jaettu kolmeen segmenttiin; Kaivos- ja maarakennusteknologia, Energia- ja ympäristöteknologia sekä Paperi- ja kuituteknologia. Liikevaihdon ja henkilöstön jakautuminen eri segmentteihin on esitetty kuviossa 3. (Mt.)

Liikevaihto segmenteittäin  
2010 liikevaihto 5,6 miljardia euroa



Henkilöstö segmenteittäin  
Noin 28 500 työntekijää



KUVIO 3. Metson liikevaihto ja henkilöstö segmenteittäin. (Metso General 2011.)

## 2.2 Paperi- ja kuituteknologia

Paperi- ja kuituteknologia segmentti koostuu Paperit, Kuidut, Pehmopaperit ja Kuidokset -toimintalinjoista. Segmentin liikevaihto oli vuonna 2010 noin 1,9 miljardia euroa, palveluliiketoiminnan osuus liikevaihdosta oli 41 prosenttia. (Liiketoimintamme lyhyesti 2010.)

Paperi- ja kuituteknologian asiakkaita ovat paperin, pehmopaperin sekä kartongin valmistajat ja mekaanisen ja kemiallisen massan valmistajat. Se tarjoaa asiakkailleen laajalti palveluita ja tuotteita kokonaisista tuotantolinjoista asiantuntija- ja huoltopalveluihin sekä vara- ja kulutusosiin. (Mt.)

Paperi- ja kuituteknologiasegmentin tuotantolaitoksia, myyntikonttoreita, huolto-toimintaa ja lisenssivalmistusta on yli 50 paikkakunnalla 28 eri maassa, kaikilla Euroopan, Pohjois- ja Etelä-Amerikan, Aasian ja Australian keskeisillä markkina-alueilla. (Rautpohjan perehdyttämisosas 2010, 3.)

Metson toimittamat paperi-, kartonki- ja sellunkuivatuskoneet ovat tunnettuja tuotantonsa laadusta ja tehokkuudesta. Useiden tuotantolajien tuotantonopeuksien maailmanennätyksiä on ajettu Metson toimittamilla koneilla. Kaikkiaan noin 40 prosenttia maailman paperista tuotetaan Metson ja sen edeltäjien toimittamilla paperikoneilla. (Mts. 3.)

## 2.3 Metso Paper Rautpohja

Valtion tykkitehtaana 1938 toimintansa aloittanut tehdas on nykyisin Metson suurin toimipaikka. Ensimmäisen paperikoneensa tehdas toimitti 1953 ja nykyisin yksikön toimittamia paperikoneita ja niiden osia on käytössä kaikissa maanosissa. Rautpohjassa viedään läpi vuositasolla 20-30 paperikone- ja uusintaprojektia. Komponentti- ja varaosatoimituksia on satoja ja tarjousprojekteja käsitellään lähes 300 vuosittain. (Rautpohjan perehdyttämisosas 2010, 3.)



KUVIO 4. Metson Jyväskylän paperikonetehtas. (Omien perehdytys 2010.)

Rautpohjan tehdasalue levittäytyy noin 50 hehtaarin alueelle, kuvio 4. Alueella työskentelee keskimäärin 2000 henkilöä, heistä noin 1700 on metsolaisia ja 300 yhteistyökumppaneiden henkilöstöä. Toimihenkilöiden osuus metsolaisista on noin 71 prosenttia ja työntekijöiden noin 29 prosenttia. Tehdasalueella sijaitsevat paperi- ja kartonkikonetehtas, teknologiakeskus, paperikoneiden huoltokeskus sekä valimo. Metson lisäksi alueella toimivat esimerkiksi Rautpohjan konepaja Oy ja ISS Oy. (Omien perehdytys 2010.)

## 2.4 SymBelt -telasuunnittelu

Ensimmäinen SymBelt -tela valmistui Ruotsin Karlstadissa vuonna 1990. SymBelt -telojen suunnittelu alkoi Rautpohjassa vuonna 2005, tuolloin telojen suunnitteluun perustettiin oma ryhmä. Vuotta myöhemmin telojen suunnitteluvastuu siirtyi kokonaisuudessaan Karlstadista Rautpohjaan. Vuodesta 2009 lähtien SymBelt -telat on suunniteltu ja kokoonpantu Rautpohjassa.

SymBelt -telasuunnittelu työllistää hieman yli kymmenen henkeä, alihankkijoiden palkkalistoilla olevat suunnittelijat mukaan luettuna. Pääasiallisina työkaluina käytetään Catia V5R17-ohjelmaa, siihen yhdistettyä Virtual Product Management (VPM) -

ohjelmaa, materiaalihallinnollisia ja tuotannonohjauksellisia PDM ja BaaN -ohjelmia sekä Lotus Notesia, joka toimii sekä yhteydenpitovälineenä pikaviestimiseen ja sähköpostieineen että tietolähteenä lähes kaikkeen.

## **3 TUOTEKEHITYSPROSESSI**

### **3.1 Tuotekehitys**

Tuotekehitys on toimintaa jonka tavoitteena on kehittää kokonaan uusi tuote tai parantaa jo olemassa olevaa tuotetta. Olemassa olevan tuotteen parantamisella tavoitellaan usein pienempiä valmistuskustannuksia ja/tai teknisiä parannuksia tuotteeseen. Yrityksen on huolehdittava tuotekehityksestä jatkuvasti, se on keskeisiä edellytyksiä yrityksen menestymiselle. Ilman tuotekehitystä tuotteet lopulta vanhenevat jonka seurauksena myynti vähenee ja lopulta loppuu kokonaan. (Jokinen 1999, 9-10.)

Tuotekehitysprosessi voidaan jaotella neljään vaiheeseen jotka seuraavat toisiaan. Vaiheita ovat tuotekehityksen käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. (Mts. 14.)

### **3.2 Prosessin käynnistäminen**

Yrityksen menestymisen kannalta on tärkeää käynnistää oikeita tuotekehityshankkeita. Pelkkä tarve ei ole riittävä syy tuotekehityshankkeen käynnistämiseksi, tarpeen lisäksi tulee olla myös mielikuva tuotteen tai parannuksen toteuttamismahdollisuuksista. (Jokinen 1999, 14, 17.)

Tuotekehityshankkeen tarve ja toteuttamismahdollisuus voidaan havaita sattumalta tai ne voivat olla järjestelmällisen hakutoiminnan tuloksia. Tarve uudelle tai parannelulle tuotteelle voi tulla asiakkailta tai yrityksen sisältä. Tuotekehitystä ei voida kuitenkaan perustaa yksinomaan sattuman varaan, vaan menestyäkseen yrityk-

sen on järjestelmällisesti haettava uusia tuoteideoita ja ideoita vanhojen tuotteiden parantamiseksi. Ideoiden löytämiseksi tarvitaan tietoa sekä yrityksen ulko- että sisäpuolelta. Yrityspotentiaalin analysointi voi osaltaan myös selvittää yrityksen kannattavimpia tuotealueita. (Mts. 18-19.)

Yrityksen ulkopuolelta tarvitaan tietoa yrityksen ja sen tuotteiden asemasta. Sen saamiseksi voidaan tehdä markkina-analyyskejä sekä analysoida kilpailijoiden tuotteita, myös asiakkaiden kyselyt ja tarjouspyynnöt kertovat yrityksen ja tuotteiden asemasta. Lisäksi yleiset kehityssuunnitteet voivat antaa suuntia tuotekehitykselle. (Mts. 19-20.)

Yrityksen sisältä tarvittava tieto on yrityksen voimavarat joilla se voi toimia, ts. Yrityspotentiaali, joka osaltaan voi myös selvittää yrityksen kannattavimpia tuotealueita. On selvitettävä, mikä on käytettävissä oleva henkilökunta ja sen tietotaso, millaiset on käytettävissä olevat tutkimusresurssit sekä valmistuskapasiteetti. Omat ja kilpailijoiden patentit ja lisenssit on selvitettävä ja lisäksi on arvioitava taloudelliset mahdollisuudet sekä myyntiorganisaation resurssit ja tietotaito. Jos todetaan, että omat voimavarat eivät ole riittävät, on niitä vahvistettava tai vaihtoehtoisesti on etsittävä yhteistyökumppani tai -kumppaneita. (Mts. 20.)

Käynnistysvaiheen lopputuloksena laaditaan kehitysehdotus jossa esitellään kehitettävä tuote, sen tekniset ja taloudelliset vaatimukset, käytettävissä olevan kehityspanoksen sekä hankkeen aikataulu. Jos kehitysehdotus hyväksytään, tehdään kehityspäätös ja hanketta aletaan viedä läpi. (Mts. 21.)

### **3.3 Luonnostelu**

Luonnosteluvaiheessa etsitään vaihtoehtoja ja laaditaan luonnoksia jotka selvittävät ideoituja ratkaisuperiaatteita. Mittakaavassa olevia tarkkoja ja yksityiskohtaisia piirustuksia ei luonnosteluvaiheessa tehdä. Tärkeimpiä työmenetelmiä luonnosteluvaiheessa on erilaiset ideointimenetelmät. (Jokinen 1999, 21.)

Luonnostelu alkaa usein tehtävän analysoinnilla, koska kehityspäätös ei vielä sisällä kaikkea sitä tietoa mitä luonnostelussa vaaditaan. Analysoitaessa tehtävää pyritään löytämään ongelman ydin sekä kirjoittamattomia toiveita ja odotuksia. Lisäksi määritellään reuna- ja alkuehdot kehitystyölle. Usein selvitetään myös, mitä asiakkaat toivovat, millaisia standardeja ja turvallisuusmääräyksiä on otettava huomioon sekä pyritään arvioimaan millaisia vaatimuksia tekniikan ja yhteiskunnan kehittyminen tuo tulleessaan. (Mts. 23-24.)

Tehtävän analysoinnin jälkeen asetetaan tavoitteet ja vaatimukset. Tavoitteet on asetettava riittävän korkealle, tavoitteena ei voi olla yhtä hyvä tuote kuin tämän hetken markkinoiden paras, näin tehtäessä olisi kehityshankkeen tuloksena jo auttamattomasti vanhentunut tuote. Usein tavoitteita on paljon ja eri alojen ihmiset painottavat kokemuseräisesti eri asioita. Jotta tavoitteet saataisiin tasapainoiksi, olisi luonnosteluvaiheeseen hyvä saada osallisiksi ihmisiä organisaation eri puolilta. (Mts. 27-29.)

Ratkaisuideoiden arvioinnin helpottamiseksi tavoitteet ja vaatimukset on hyvä ryhmitellä kolmeen ryhmään; kiinteät vaatimukset jotka ratkaisun tulee ehdottomasti täyttää, vähimmäisvaatimukset joilla on raja-arvo joka on saavutettava sekä toivomukset, jotka otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan. (Mts. 30.)

Kehitettävän tuotteen analysointi, sille vaatimusten ja tavoitteiden asettaminen synnyttää helposti tekijöille jos varhaisessa vaiheessa mielikuvan siitä, millainen tuotteen tulisi olla. Tällaiset ennakkokäsitykset estävät herkästi vapaan ideoinnin. Siksi tehtävän yleistäminen on hyvä tapa aloittaa ratkaisujen etsiminen; lähdetään suunnittelemaan kuljetimen käyttömootoria, ei kuljetinta käyttävää 50 kW, 380 V oikosulkumootoria. (Mts.30.)

Tuotteilla on jotkut reunaehdot joiden puitteissa niiden tulee täyttää jokin määrätty tehtävä. Tehtävä voidaan määritellä toimintokuvauksella kuten pyörittää kuljetinta. Jos tehtävä on monimutkainen, on se syytä jakaa osatoiminnoiksi mahdollisimman yleisessä muodossa ja etsiä ensin ratkaisut näille. (Mts. 32)

Ratkaisuvaihtoehtoja eri osatoiminnoille ja toiminnoille voidaan kartoittaa erilaisilla ideointimenetelmillä. Ideointimenetelmiä on lukuisia, esimerkiksi aivoriihi, kirjallinen aivoriihi 635, tuplatiimi ja tuumatalkoot. Parhaista vaihtoehtoista pyritään koostamaan ratkaisu kokonaistoimintoon. (Mts. 73.)

Luonnosteluvaiheen lopputuloksena on luonnos lupaavimmasta tuoteideasta, joka päätetään suunnitella yksityiskohtia myöten lopulliseksi tuotteeksi. Tarkkoja mittakaavaisia työ- ja kokoonpanopiirustuksia ei tässä vaiheessa vielä ole, vaan ratkaisuluonnos on vielä periaatteellisella tasolla. (Mts. 89.)

### **3.4 Kehittäminen**

Kehittelyvaiheessa laaditaan ensimmäisenä piirustus konstruktiosta mittakaavassa, pohjana käytetään luonnosteluvaiheen ratkaisuluonnosta. Tässä vaiheessa on hyvä käydä vielä läpi tuotteelle asetetut tavoitteet ja vaatimukset joista saadaan selville esimerkiksi tuotteen mittavaatimukset, toiminnalliset vaatimukset sekä raaka-ainevaatimukset. (Jokinen 1999, 90.)

Karkean suunnittelun tulos arvostellaan laskemalla sen tekninen ja taloudellinen arvo, tarvittaessa verrataan näitä vanhan tuotteen vastaaviin arvoihin. Näin arvostelemalla saadaan tietoa mahdollisista teknisistä ja taloudellisista heikkouksista jotka seuraavassa vaiheessa pyritään poistamaan ideoimalla uusia ratkaisumahdollisuuksia ja suunnittelemalla karkeasti kyseiset kohdat uudelleen. (Mts. 90.)

Näin aikaan saadun parannetun konstruktion tekninen ja taloudellinen arvo määritellään ja verrataan sitä aikaisempiin konstruktioihin. Jos heikkouksia löytyy edelleen, jatketaan uusien ratkaisuvaihtoehtojen etsimistä ja arvottamista niin pitkään, että lopputulos on tyydyttävä. Kun heikot kohdat konstruktiosta on saatu riittävän hyvin poistetuksi jatkuu työ yksityiskohtien suunnittelulla, etsitään kohteita joiden optimointi saattaa vielä olennaisesti parantaa tuotteen arvoa. (Mts. 90-91.)

Kehittelyvaiheen lopputuloksena on tuotteesta sellainen suunnitelma jonka pohjalta työpiirustukset ja osaluettelot ovat yksiselitteisesti tehtävissä viimeistelyvaiheessa. Kehitysvaiheen lopuksi konstruktiolle saadaan vahvistuspäätös. (Mts. 91.)

### 3.5 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa kehitetty tuote viimeistellään ja valmistellaan niin, että sen tuotanto voidaan aloittaa. Tuotteen tuotantoa ja käyttöä varten tarvitaan työpiirustukset, työselitykset sekä asennus- ja käyttöohjeet. Viimeistelyvaiheessa päätetään tuotteen lopulliset raaka-aineet, valmistustavat, toleranssit sekä pintakäsittelyt. Piirustusten, osaluetteloiden ja ohjeiden tulee olla standardien ja yrityksen omien työtapojen mukaisia. Niiden tulee olla yksiselitteisiä ja valmistusystävällisiä sekä täydellisiä niin, että ne sisältävät tarvittavat erityisvalmistusohjeet ja ottavat huomioon raaka-aineiden hankintanäkökohdat. (Jokinen 1999, 96-97.)

Viimeistelyvaiheessa voidaan tehdä myös prototyyppejä sekä nollasarjoja tehtyjen ratkaisujen oikeellisuuden varmistamiseksi sekä teknisten ja taloudellisten ominaisuuksien selvittämiseksi ja/tai edullisempien valmistusmenetelmien löytämiseksi. Kalliiden tuotteiden kohdalla tehdään pienoismalleja tai kriittisimmistä osista täysmittaisia koekappaleita. Jos tuotteesta on tarkoitus tehdä prototyyppi, ei piirustuksia, ohjeita ja luetteloita tehdä valmiiksi ennen prototyypin testausta. Prototyypin testauksesta saadaan tietoa, joka on otettava huomioon edellä mainittuja dokumentteja laadittaessa. (Mts. 96,98.)

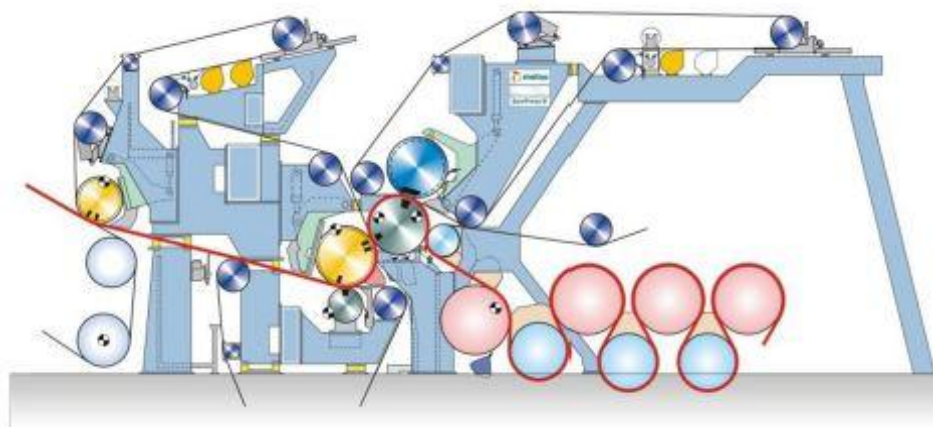
Tuotekehitys ei pääty täydellisesti edes tuotannon alkaessa. Tuotetta on kehitettävä jatkuvasti, jotta se pysyy kilpailukykyisenä mahdollisimman kauan. Tiedot tuotteen vioista, esiin tulevista käyttöhäiriöistä ja asiakkaiden valituksista ovat erittäin arvokkaita tuotekehityksen jatkon kannalta ja niistä kannattaa pitää tilastoa. (Mts. 99.)



## 4 PURISTINOSA

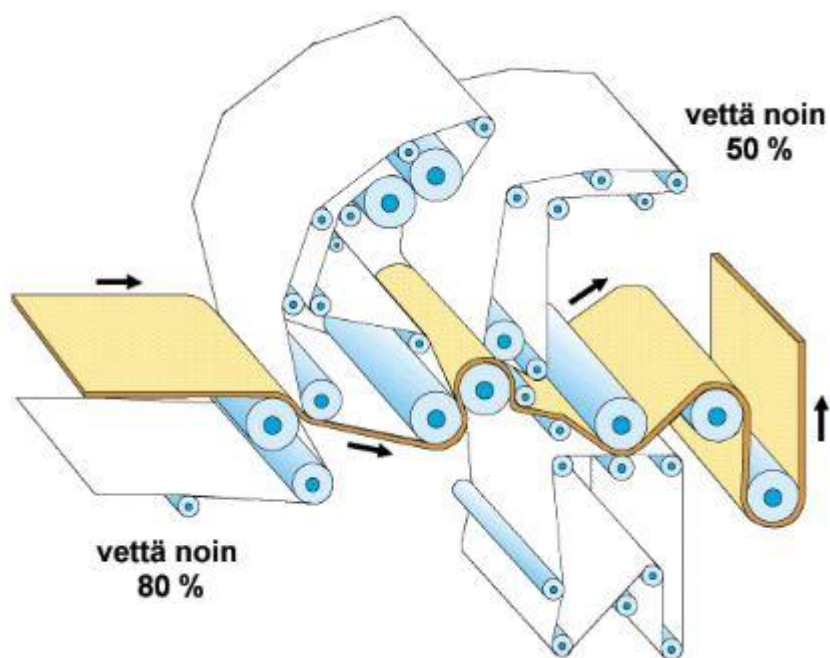
### 4.1 Puristinosan toiminta ja tehtävät

Puristinosa, kuviossa 5, on osa paperi- ja kartonkikonelinjaa. Se sijaitsee koneen määrässä päässä, viiraosan ja kuivatusosan välissä. Puristimen tehtävä on poistaa rainasta mahdollisimman paljon vettä ja nimensä mukaisesti se tekee sen mekaanisesti puristamalla. (KnowPap 2010.)



KUVIO 5. Metson SymPress B -puristinosakonsepti. (Björn 2010.)

Rainan saapuessa konelinjalla puristinosalle, kuviossa 6, on sen kuiva-ainepitoisuus 15-20 prosenttia, puristinosan jälkeen kuiva-ainepitoisuus on noussut 40-55 prosenttiin. Vaikka kuiva-ainepitoisuus nouseekin puristimella merkittävästi, poistuu rainasta puristimella viiraosaan verrattuna vain vähäinen määrä vettä rainan alkuperäisestä vesimäärästä. Tärkeimpiä veden rainasta huopaan siirtymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat huovan ja telan rakenne, lämpötila, massan koostumus ja jauhatuste, koneen nopeus sekä viivakuorma ja viipymäaika nipissä. (Hägglom-Ahnger ym. 2003, 155.)



KUVIO 6. Vedenpoisto puristimella. (KnowPap 2010.)

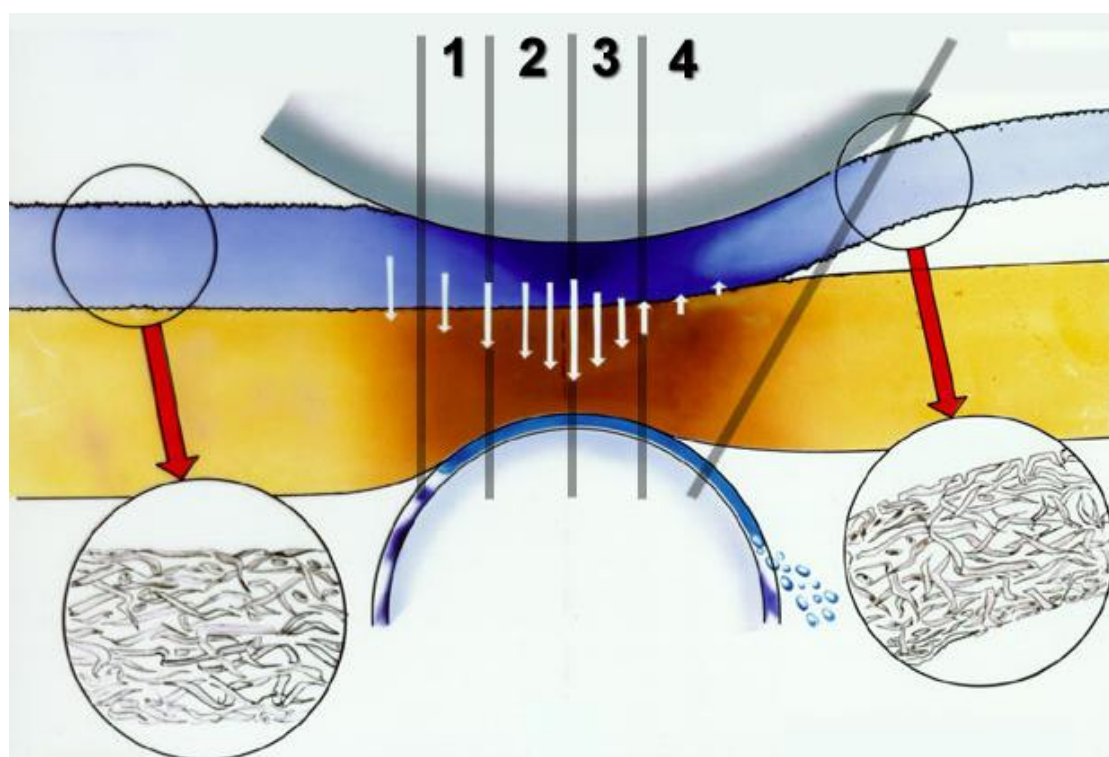
Vaikka puristinosalla tavoitellaankin korkeaa kuiva-ainepitoisuutta, ei rainaa kuitenkaan voida puristaa niin kovalla paineella kuin laiteteknisesti olisi mahdollista. Liiallisella puristuksella lopputuotteen bulkki jää liian pieneksi, lisäksi puristinhuopien käyttöikä lyhenee ja lopputuotteeseen voi tulla telojen tai huopien aiheuttamaa kuvioitumaa. Bulkin lisäksi puristinosalla on vaikutusta muihinkin lopputuotteen laatuominaisuuksiin, kuten hienoainejakaumaan, sileyteen ja sen symmetrisyyteen. Puristin vaikuttaa myös lopputuotteen huokoisuuteen ja pölyävyyteen sekä kosteuteen ja kosteusprofiileihin, joilla on merkitystä myöhemmin linjastolla sekä lopputuotteessa. Lisäksi raina on kannattavaa viedä kuivatusosalle mahdollisimman suurissa kuiva-ainepitoisuuksissa, koska kuivattaminen höyryllä on kallista. (KnowPap 2010.)

Hyvän lopputuotteen valmistamisen lisäksi puristinosalta vaaditaan hyvää ajettavuutta, eli sitä että tuotantokoneella voidaan ajaa halutulla nopeudella mahdol-

lisimman vähin katkoin. Puristinosa voi aiheuttaa katkoja joko puristimella itsellään tai myöhemmin linjastolla. Lisäksi puristinosa tulee olla taloudellinen, eli sen tulisi olla tehonkulutukseltaan pieni, huopien vaihtoväli täytyisi pysyä pitkänä sekä sen tulisi olla helppo huollettava, huopien ja telojen vaihdon tulisi olla nopeita. (Mt.)

## 4.2 Nippitapahtuma

Rainan märkäpuristus tapahtuu yleisimmin kahden toisiaan vasten puristetun telan avulla. Telat muodostavat nipin, jonka läpi raina kulkee yhden tai kahden huovan tukemana, tätä tapahtumaa kutsutaan nippitapahtumaksi. Tapahtuma voidaan jakaa neljään vaiheeseen kuvion 7 mukaisesti. (KnowPap 2010.)



KUVIO 7. Nippitapahtuman vaiheet. (KnowPap 2010.)

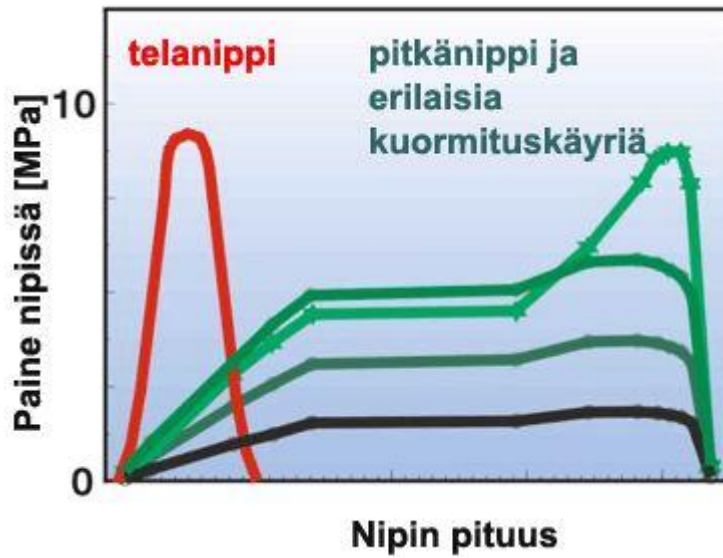
- Ensimmäisessä vaiheessa sulkeutuvan nipin paine alkaa kasvaa. Tässä vaiheessa suurin osa ilmasta poistuu nipistä, telojen välinen voima välittyy kuitujen kimmoisten voimien välityksellä sekä huovassa että rainassa, hydraulisia voimia ei esiinny.
- Toisessa vaiheessa raina on täysin veden kyllästämä ja hydraulinen paine alkaa kasvaa, alueen lopussa kokonaispaine on suurimmillaan. Rainasta virtaa vettä huopaan, jonka kyllästyttyä vedestä alkaa rainan vesi poistua telan suuntaan.
- Kolmannessa vaiheessa nippi laajenee ja kokonaispaine alkaa laskea, raina saavuttaa suurimman kuiva-ainepitoisuutensa nipissä.
- Neljännessä vaiheessa tapahtuu rainan jälleenkastuminen, raina imee vettä rakenteellisesti harvemmasta huovasta itseensä. (Mt.)

### 4.3 Pitkänippipuristin

Paksuilla paperilaaduilla sekä kartongilla on kuivaaminen ollut perinteisesti haastavaa koska rainasta poistettava vesimäärä on suuri. Kahden telan muodostamassa nipissä puristusimpulssi on lyhyt eikä vedelle jää aikaa virrata pois rainasta, nippi on virtausrajoitteinen. Myös ohuemmillä laaduilla nopeuksien kasvaessa voi nippi muodostua virtausrajoitteiseksi. (KnowPap 2010.)

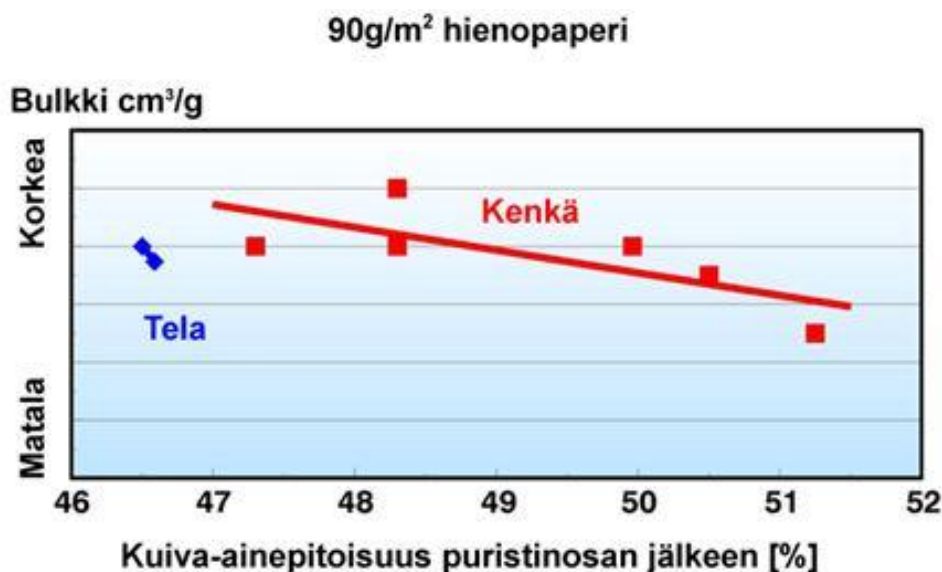
Tilannetta on pyritty helpottamaan lisäämällä tilaa jonne vesi voi nipissä poistua. Suuremmilla nopeuksilla kaksoishuovitettu 1. puristin on välttämätön. Lisäksi nipin pituutta kasvattamalla, pitkänippipuristimella, annetaan vedelle enemmän aikaa virrata pois rainasta. Nykyisellään nipin pituus voi olla jopa 300 millimetriä. (Mt.)

Pitkänippipuristimella pystytään tuottamaan perinteistä telapuristinta suurempi puristusimpulssi pienemmällä maksimipaineella. Käytettävät viivakuormat ovat suuruudeltaan 1 000 kN koneen leveysmetriä kohden, maksimin ollessa 1 500 kN per metri. Pitkänippipuristimella pystytään tekemään puristuksesta loppua kohti kasvava niin, että loppuvaiheeseen saadaan telanippiä muistuttava paineimpulssi, kuvio 8. Impulssin jälkeen paine putoaa nopeasti jolloin rainan jälleenkastuminen on pienempää kuin perinteisessä telanipissä. (Mt.)



KUVIO 8. Kuormituskäyrät tela- ja pitkänipissä. (KnowPap 2010.)

Pitkänippipuristimella kuiva-aineen määrä saadaan 3-8 prosenttiyksikköä suuremmaksi kuin perinteisillä puristimilla. Suurempi kuiva-ainepitoisuus parantaa koneen hyötysuhdetta. Rainan märkäluku kasvaa kun kuiva-ainepitoisuus nousee, pitkänippipuristimella saadaan myös parempi bulkki samassa kuiva-ainepitoisuudessa kuin telapuristimella, tai vastaavasti korkeampi kuiva-ainepitoisuus jos bulkki pidetään vakiona, kuvio 9. (Hägglom-Ahnger ym. 2003, 158–159.)



KUVIO 9. Märkäpuristuksen vaikutus bulkkiin. (KnowPap 2010.)

Pitkänippipuristin koostuu vastatelasta ja sitä vasten kuormitettavasta kengästä, joka on muotoiltu vastatelan pinnan mukaisesti. Raina johdetaan telan ja kengän välistä huovan tai huopien tukemana. Lisäksi nipistä kulkee läpi nestettä läpäisemätön nauha, jonka tarkoituksena on estää kengän koveran pinnan voiteluöljyä pääsemästä kosketuksiin rainan tai huopien kanssa. (Mts. 158.)

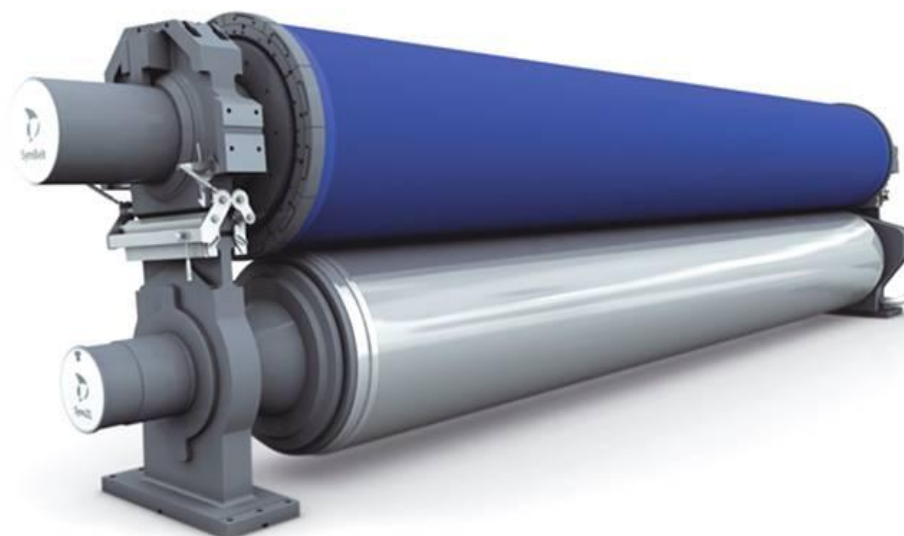
Nykyisin käytetään yleisesti suljettua telarakennetta, jossa nestettä läpäisemätön nauha, belt, joka on kiinnitetty pyöriviin päätykappaleisiin, muodostaa telan vaipan. Kuormituskenkä on rakennettu nauhan muodostaman telan sisään. Tällainen rakenne estää tehokkaasti kengän voiteluöljyn pääsyn rainaan ja toisaalta myös epäpuhtauksien pääsyn telan ja kengän rakenteisiin. Suljettu rakenne parantaa telan toimintavarmuutta. (Mts. 159.)

## 4.4 SymBelt

SymBelt on Metson tuotenimi valmistamalleen pitkänippipuristimelle. SymBelt -teloja käytetään osana Metson tarjoamia puristinosia sekä paperi- että kartonkikoneilla. SymBelt -telat on suunniteltu suurille viivakuormille. (Telakirja.)

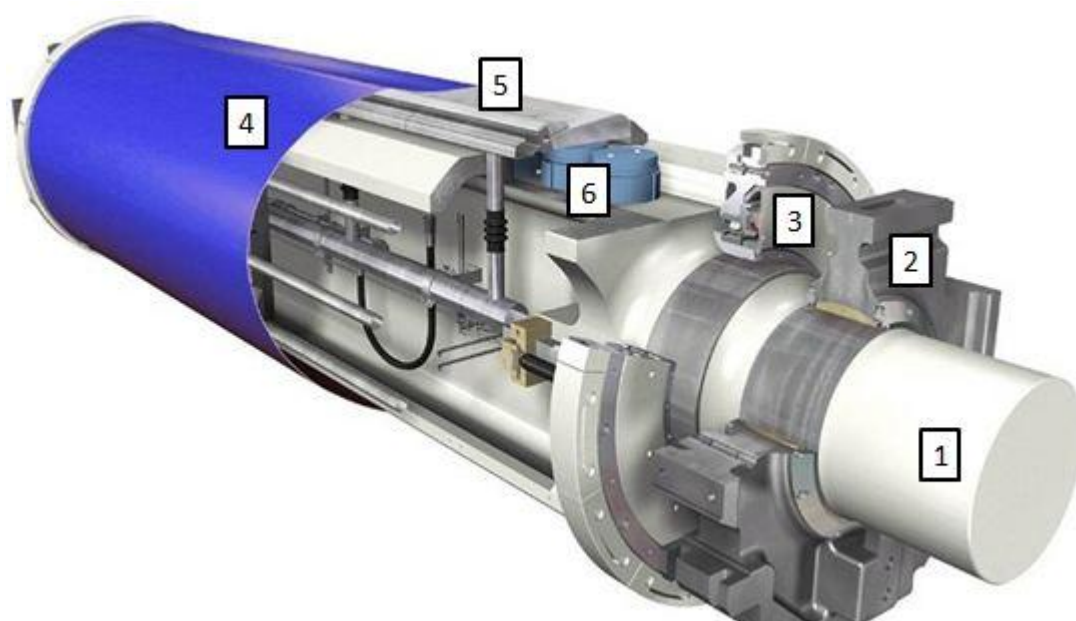
SymBelt -teloja valmistetaan neljää kokoa; 1095, 1250, 1425 ja 1595. Koko kertoo kyseisen telan beltin sisähalkaisijan. Teloista pienin, 1095, on uusin koko ja eniten käytetty koko on 1425. Kaikkiaan maailmalla on noin 230 SymBelt -telaa. (Standard features 2009.)

SymBelt -tela on suljetulla rakenteella toimiva taipumakompensoitu kenkätela, jossa on hydraulisesti kuormitettava kenkä polyuretaanista valmistetun beltin sisällä. Päätykiekkoihin kiinnitetty belt muodostaa telan vaipan. Telan sisäinen paine yhdessä päädyistä aiheutuvan kiristysvoiman kanssa saa beltin kiristymään telavaipan muotoon. SymBelt -telalla ei ole omaa käyttöä, sen belt ja päädyt pyörivät vastatelan vetämänä paineakselin pysyessä paikallaan. Vastatelana SymBelt -telalle käytetään taipumakompensoitua tai jäykkää Solid -telaa, kuvio 10. (Telakirja.)



KUVIO 10. SymBelt -puristin. (SymBelt Rolls sales presentation 2010.)

SymBelt -telan pääosat on esitetty kuviossa 11 numeroituna. Tela rakentuu paineakselin (1) ympärille, paineakseli on laakeroitu molemmista päistä nivellaakereilla laakeripesiin (2). Telan vaipan muodostaa päätyihin (3) kiinnitetty polyuretaanista valmistettu belt (4), päädyt on laakeroitu paineakselin kauloille. Telan sisällä on painekenkä (5), muotoon koneistettu palkki, sekä sitä kuormittavat sylinterit (6), yksi- tai kaksitoimisina. Lisäksi telan sisällä on esimerkiksi öljynpoistomekanismi. (Mt.)



KUVIO 11. SymBelt -telan osat numeroituna. (SymBelt Rolls sales presentation 2010, muokattu.)

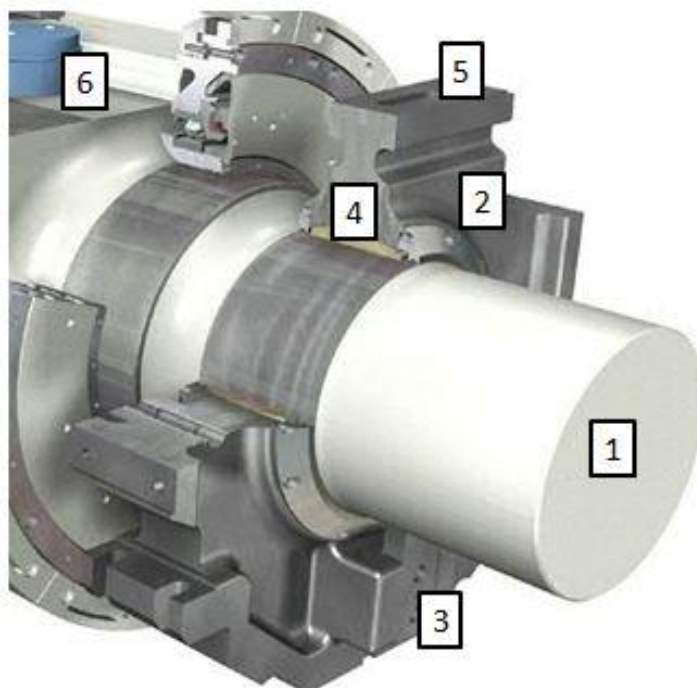
Painekenkä saadaan painumaan vastatelan vaippaa vasten kuormittamalla sitä SymBelt -telan sylintereillä. Painekenkä on muotoiltu niin, että kitka minimoituu ja halutut nippipaine ja -profiili saavutetaan. Kaksitoimisilla sylintereillä voidaan painekenkä erottaa vastatelan vaipasta. Voiteluöljy syötetään painekengän keskelle jolloin painekengän ja beltin väliin syntyy öljykalvo joka varmistaa beltin pitkän kestoian. Pyörivä belt mahdollistaa öljyn kerääntymisen öljykaukaloon, kaukalosta öljy



johdetaan poistoputkia pitkin takaisin öljysäiliöön. Telan sisällä oleva paine helpottaa öljyn poistumista. (Mt.)

#### 4.5 SymBelt –telan momenttikiila

Kuviossa 12 on esitetty SymBelt -telan laakeripesän kokoonpanon rakenne. Paineakseli (1) on laakeroitu laakeripesään (2) nivellaakerilla (4) sekä koneen hoitoettä käyttöpuolella. Nivellaakerit mahdollistavat paineakselin taipumisen sekä lämpölaajenemisen. Momenttikiila (3) on kiila, joka estää akselin kääntymisen laakeripesässä. Momenttikiila kiinnittyy laakeripesään koneistettuun uraan kahdella ruuvilla, akseliin on vastaavalle kohdalle koneistettu ura kiilan toista päätä varten. Kiilaa varten koneistetaan kiilaurat tarkoilla geometrisilla ja mittatoleransseilla; kiilan pinnat ja laakeripesän kiilaura millin sadasosien ja akselin kiilaura millin kymmenesosien tarkkuudella. Akselin kiilaura on koneen poikkisuuntaan tilava, jotta akselin lämpölaajeneminen ja taipuma pystyy tapahtumaan.



KUVIO 12. Laakeripesän osat. (SymBelt Rolls sales presentation 2010, muokattu.)

Momenttikiila ottaa vastaan paperikoneen käynnin aikana akseliin kohdistuvan väännön johtaen sen laakeripesään ja estäen akselia kääntymästä. Tämän lisäksi momenttikiila paikoittaa laakeripesän suhteessa akseliin.

SymBelt -tela liitetään vastatelaansa kuormitusliitoksella telan kummassakin päässä. Kuormitusliitokset estävät kuormitusvoiman siirtymisen puristimen runkorakenteisiin. Kuormitusliitoksen toinen puoli on SymBelt -telan laakeripesässä, kuviossa 12 osa numero (5), toinen puoli liitoksesta on vastatelan laakeripesässä. Pienimmässä telakoossa liitoksessa ei ole lukitusleukoja vaan se on toteutettu kuormitusvarsilla.

Kenkäpuristimen toimivuuden takaamiseksi tulee kuormituskengän ja vastatelan kosketuskohdan/pinnan olla tarkasti oikean suuntainen, siksi kuormitusliitoksen pinnan (5) ja akselin sylinteriuran pohjan (6) välinen kulmaero saa, tapauksesta riippuen, olla 2-5 millimetriä yhtä metriä kohden.

Kahteen pienimpään telaan, halkaisijat 1095 ja 1250 millimetriä, käytetään samankokoista kiilaa leveydeltään 100 millimetriä ja kahteen suurimpaan, halkaisijat 1425 ja 1595 millimetriä, samaa kiilaa leveydeltään 120 millimetriä.

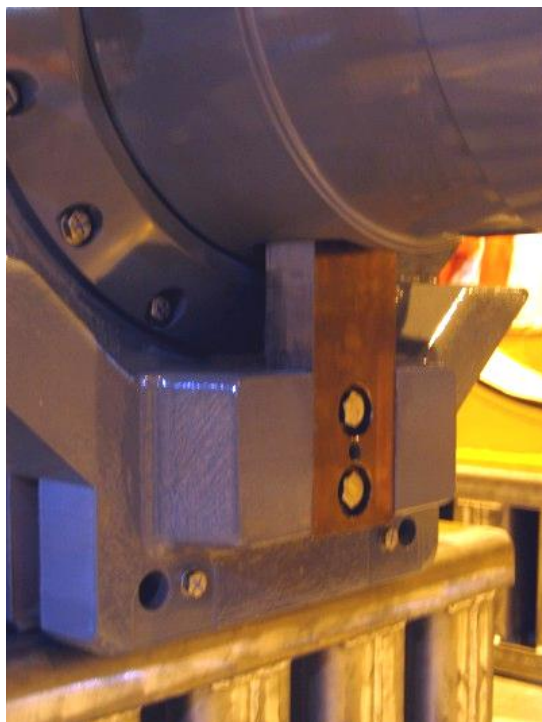
## **6 RAKENTEEN KEHITTÄMINEN**

### **6.1 Lähtökohdat**

SymBelt -telan kokoonpanossa työskentelevät asentajat olivat laatineet aloitteen laakeripesän kiilauran rakenteen ja momenttikiilan kiinnityksen muuttamisesta niin, että momenttikiilan asennon ja paikan hienosäätö olisi mahdollista. Aloitteessa on myös esitetty yksi tapa muuttaa nykyistä rakennetta niin, että säätäminen mahdollistuisi.

Nykyinen rakenne on kiinteä, kuvio 13, eikä momenttikiilan asentoa pystytä säätämään. Jos telan tarkistusmittauksissa todetaan, että laakeripesän kuormitusliitok-

sen ja akselin sylinteriuran pohjan välinen kulmaero ylittää sallitun, joudutaan osia korjaamaan koneistamalla.



KUVIO 13. Momenttikiilan kiinteä rakenne.

Aloitteessa on esitetty useita etuja, joita rakennemuutoksella mahdollisesti saavutettaisiin. Rakenteen muuttaminen mahdollistaisi, edellä esitetyn kulmaeron korjaamisen lisäksi, osien koneistamisen väljemmillä toleransseilla ja välyksettömän rakenteen. Mahdollisuus säätää akseli ja laakeripesä tarkasti haluttuun asentoon parantaisi kokoonpanon laatua ja lisäksi mahdollistaisi asennon säätämisen vielä koneessa, jolloin telaa ei tarvitsisi purkaa jos pieni korjaus riittäisi. Rakennemuutoksella kokoonpanon purkaminen myöhemmässä vaiheessa helpottuisi.

## 6.2 Luonnostelu

### 6.2.1 Reuna- ja alkuehdot

Ennen ideointia ja luonnosten tekemistä oli tarpeen selvittää erilaisia ehtoja ratkaisulle. Niinpä kävin kokoonpanopaikalla seuraamassa momenttikiilan asennusta sekä tarkastusmittausten tekemistä käytännössä. Ennen luonnostelun aloittamista selvitettiin myös, millaisia voimia rakenteeseen kohdistuu sekä kiilan liikkeitä rajoittavia tekijöitä.

Suunnittelussa oli otettava huomioon myös SymBelt -tuotteille laadittu kelpuutuksen tarkastuslista, liite 1, jossa on listattuna asioita jotka on tehtävä ja selvitettävä ennen kuin uusi tuote voidaan kelpuuttaa.

### Momenttikiilan asennus

Käytännön ymmärtämiseksi kävin esikokoonpanopaikalla seuraamassa kolmen momenttikiilan asennusta. Kaksi kiiloista oli samaan pienimmän kokoluokan, D1095, telaan ja kolmas toiseksi suurimman kokoluokan telaan, D1425.

Asennus kävi kokeneelta asentajalta helposti. Asennusvaiheessa tela on tuettu akseliltansa, jolloin laakeripesät pääsevät vapaasti kääntymään akselin kauloilla. Tela on asennusvaiheessa asennossa, jossa momenttikiilan paikka asettuu akselin ja lattiapinnan välille. Momenttikiila tuetaan paikalleen tunkin avulla, kuvio 14, ja tarvittaessa laakeripesää pyöritetään akselilla niin, että kiila saadaan osumaan akselin kiilauraan. Laakeripesän ura on isommassa kokoluokassa sen verran ahdas, että momenttikiilan saamiseksi uran pohjaan asti on apuna käytettävä kumivasaraa. Toisaalta ahtaus myös helpottaa asennusta, kun kiila pysyy urassa itsestään. Kun kiila on saatu kohdalleen, se kiinnitetään paikalleen kahdella M16 ruuvilla jotka kiinnitetään momenttiavaimella määrättyyn momenttiin.



KUVIO 14. Momenttikiilan asennus.

### **Tarkastusmittaus**

Telan valmistuttua, kun kokoonpano on saatu valmiiksi, suoritetaan Symbelt -telalle tarkastusmittaukset ennen sen toimittamista asiakkaalle. Telasta mitataan useita asioita, mutta tämän työn kannalta olennaisin mittaus on kuormitusliitoksen pinnan ja akselin sylinteriuran pohjan kulmaeron mittaaminen. Mittauksen ja tulosten kirjaamisen mittauspöytäkirjaan suorittavat asentajat. Mittavälineenä käytetään digitaalista vesivaakaa ja lisäksi tarvittaessa lisäpaloja, jotta mittaväline saadaan sijoitettua oikeaan kohtaan.

D1095 -telaa mitattaessa tela lepää laakeripesien varassa, laakeripesien alla on asennuspukit joiden avulla pesät saadaan irti lattiapinnasta. Mitattaessa koko akselin paino on laakeripesien varassa. Mittausta varten laakeripesän kuormitusliitoksen

niveltappien päälle laitetaan palikat, joiden päälle laitetaan yksi pitkä lista jolla aikaan saadaan mittaustaso. Sen jälkeen varmistetaan että tämä taso on vaakasuorassa. Mittavälineenä käytettiin vesivaakaa joka näyttää tuloksen kahden sadosan tarkkuudella, millimetriä yhtä metriä kohden. Jos laakeripesä ei ole vaakasuorassa, on se vaakitettava ennen mittaamista. Vaakittaminen tapahtuu nostamalla telaa akselitapista nosturilla ja laittamalla laakeripesän alle toiseen reunaan, kallistuksen suunnasta riippuen, ohut peltiluiska. Liuskoja lisätään niin paljon, että laakeripesä on vaakasuorassa kun akselin paino lasketaan sen vaaraan. Kun laakeripesä on saatu oikeaan asentoon voidaan mitata kulmaero kuormitusliitoksen ja akselin sylinteriuran pohjan välillä.

Jos mitattaessa joudutaan hakemaan laakeripesän vaakasuoruutta samalla lailla nosturia ja peltiliuskoja käyttämällä sekä hoito- että käyttöpäässä, on hyvin todennäköistä että jo vaakasuoraan saatu laakeripesä liikkuu. Tämä ongelma on suurimmillaan lyhyiden akseleiden kanssa. Jos näin käy, täytyy palata ensin vaakitetun pesän luo ja hakea se vaakasuoraan uudestaan, jolloin taas toinen pää todennäköisesti pääsee liikahtamaan. Pesien vaakasuoraan asettamista jatketaan niin pitkään, että molemmat ovat vaakasuorassa riittävällä tarkkuudella, jonka jälkeen voidaan mitata kuormitusliitoksen ja akselin sylinteriuran kulmaero. Asentajien kertoman mukaan, tätä laakeripesien vaakittamista on joskus pahimmillaan tehty kahdeksan tuntia.

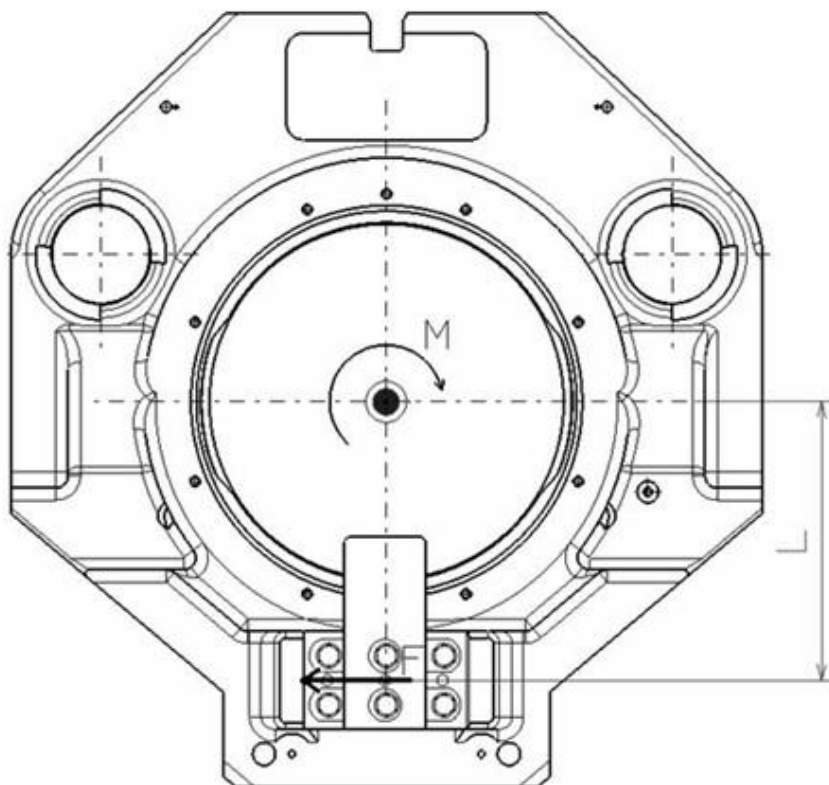
D1425 -tela, kuten myös D1250 ja D1595 -telat, mitataan kuljetusalustalle kiinnitettyinä. Näissä teloissa laakeripesässä kuormitusliitoksen vastapuolella ei ole vaakasuoraa pintaa jonka varaan telan voisi laskea mittaamisen ajaksi, kuten useissa D1095-telan laakeripesissä on.

Muilta osin D1425 -telan mittaaminen tapahtuu saman kaavan mukaan kuin D1095 -telan, laakeripesät pyritään saamaan vaakasuoraan kuljetusalustaa nosturilla nostamalla ja toisen reunan alle peltiä lisäämällä.

### Laakeripesän kiilauraan vaikuttavat voimat

Koneen käynnin aikana akselia kääntävä konesuuntainen momentti, kuvion 15 voima  $M$ , laskettiin Excel -taulukolla, joka on tehty telassa vaikuttavien voimien laske-  
miseksi. Sekä momentti että siitä aiheutuva konesuuntainen voima kiilauran seinä-  
mään laskettiin pienimmälle ja suurimmalle telakoolle.

Telaa kääntävä momentti on D1095 -telalla 34 kNm, kun mitoitusarvoina oli nippi-  
leveys 5500 mm, nippikuorma 1000 kN/m ja puristimen nopeutena 1800 metriä  
minuutissa. Momentin jakautuessa kahdelle laakeripesälle, on yhteen laakeripesään  
vaikuttava momentti 17 kNm. Akselin keskikohdan etäisyys kiilauran keskikohdasta,  
kuvion 15 mitta  $L$ , on pienimmässä telassa 340 mm, kiilauraan konesuuntaisesti  
vaikuttavaksi voimaksi saadaan siis 50 kN.

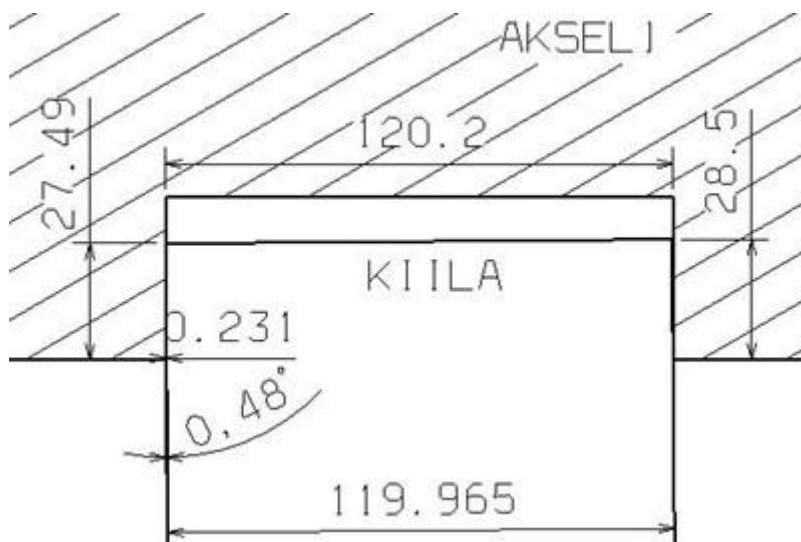


KUVIO 15. Laakeripesän kiilauraan vaikuttava voima.

Suurimmalle, D1595 -telalle saadaan akselia kääntäväksi momentiksi 83 kNm kun mitoitusarvoina oli nippileveys 10850 mm, nippikuorma 1500 kN/m ja puristimen nopeutena 2000 m/min. Yhteen laakeripesään kohdistuva momentti on 41,4 kNm. D1595 -telalla akselin keskikohdan etäisyys kiilauran keskikohdasta on 475 mm, kuvion 15 etäisyys L. Laakeripesän kiilauraan konesuunnassa vaikuttavaksi voimaksi saadaan 87,4 kN.

### Akselin kiilaura

Akselin kiilaura sallii momenttikiilan kallistamista konesuuntaan vain hyvin vähän, D1425 -telan kiilaura sallii momenttikiilan kallistua enimmillään  $\pm 0,48^\circ$ , kuvio 16. Pienikin momenttikiilan konesuuntainen kallistuma aiheuttaa sen, että momenttikiilaan akselista kohdistuvat voimat vaikuttavat hyvin pienillä alueilla.



KUVIO 16. Kiilan kallistuminen D1425 -telassa.

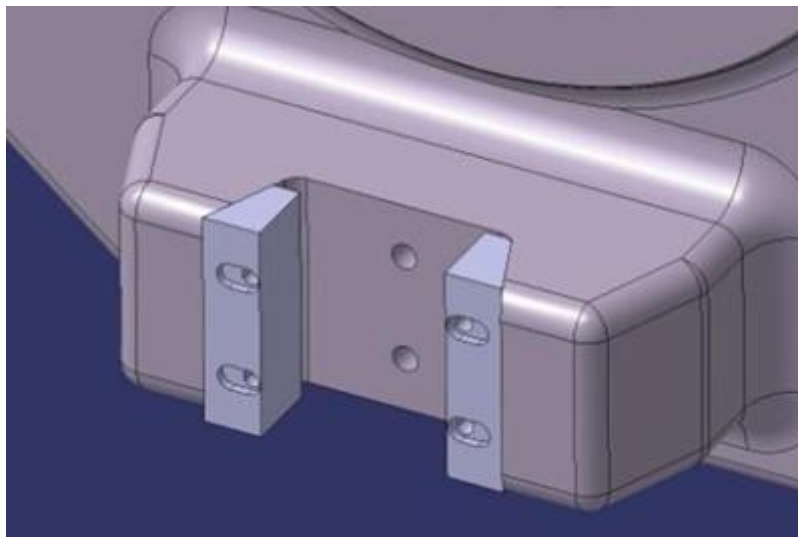


## 5.2.2 Ideat

### Säätö säätöpaloilla

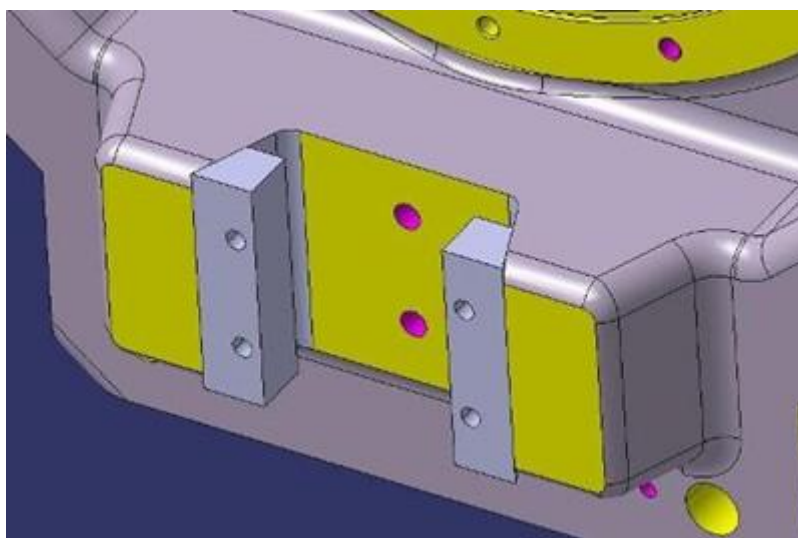
Aloitteessa ehdotetaan, että laakeripesä varustettaisiin viistotuilla säätöpaloilla joiden väliin momenttikiila asettuisi. Laakeripesän kiilauraa levennettäisiin ja sen reunat viistottaisiin samaan kulmaan kuin säätöpalat. Säätöpalat kiinnittyisivät laakeripesään kahdella ruuvilla ja ruuvien kiristystä muuttamalla saataisiin säätöpalojen ja momenttikiilan paikkaa sekä asentoa muutettua konesuunnassa. Kun momenttikiila on säädetty oikeaan kohtaan, kiinnitetään toinen säätöpala paikalleen pysyvästi esimerkiksi hitsaamalla.

Kuvion 17 luonnos on tehty aloitteessa olleiden kuvien ja aloitteen tekijän haastattelun pohjalta. Aloitteen mukaista mallia en suoraan voinut käyttää, koska se oli tehty uudemmalla Catia -versiolla, eikä käyttämäni Catia V5R17 sitä pystynyt avaamaan.



KUVIO 17. Ensimmäinen luonnos.

Ensimmäisestä luonnoksesta todettiin heti, että säätöpalojen mittoja täytyy muuttaa. Säätöpalat ovat koneen poikkisuuntaan niin paksut, että ne mahdollistavat momenttikiilan siirtyä konesuunnassa olemattoman vähän koska uran pohjaan päin painuva säätöpala ei mahdu painumaan riittävän syvälle. Lisäksi säätöpalojen konesuuntainen leveys, ts. kapeus aiheuttaa sen, että ruuvireikien ja säätöpalan pitkän suoran sivun välinen seinämävahvuus jää olemattomaksi. Niinpä tehtiin heti toinen luonnos, kuvio 18, jossa näitä asioita pyrittiin parantamaan.



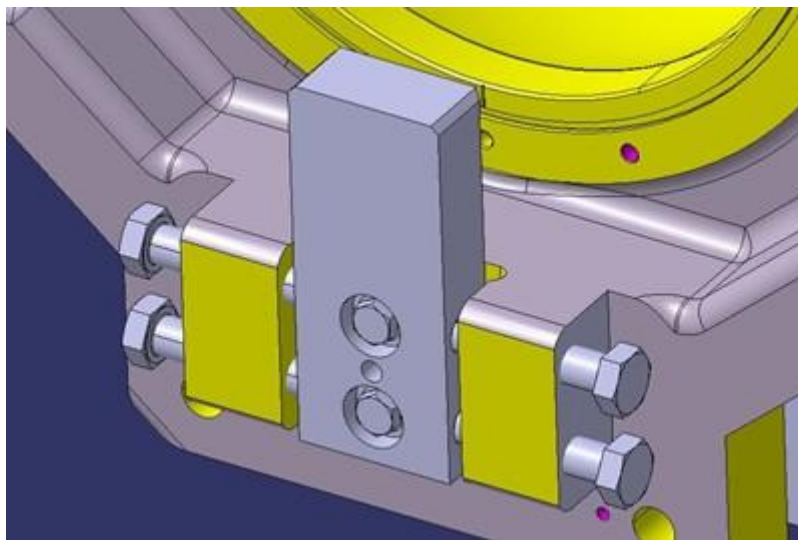
KUVIO 18. Toinen luonnos.

Momenttikiilan asennon ja paikan muuttaminen säätöpalloilla tapahtuisi käytännössä kiristämällä ja/tai löysäämällä säätöpalojen kiinnitysruuveja, toinen säätöpaloista painuu kohti laakeripesän kiilauran pohjaa ja toinen nousee urasta ylöspäin.

### **Säätö ruuveilla**

Idea paikan ja asennon säätämiseen suoraan suurilla ruuveilla on lähtöisin erään asiakkaan omaan SymBelt -telaansa tekemästä korjauksesta. Kuvion 19 mukainen rakenne mahdollistaisi momenttikiilan konesuuntaisen paikan säätämisen sinänsä

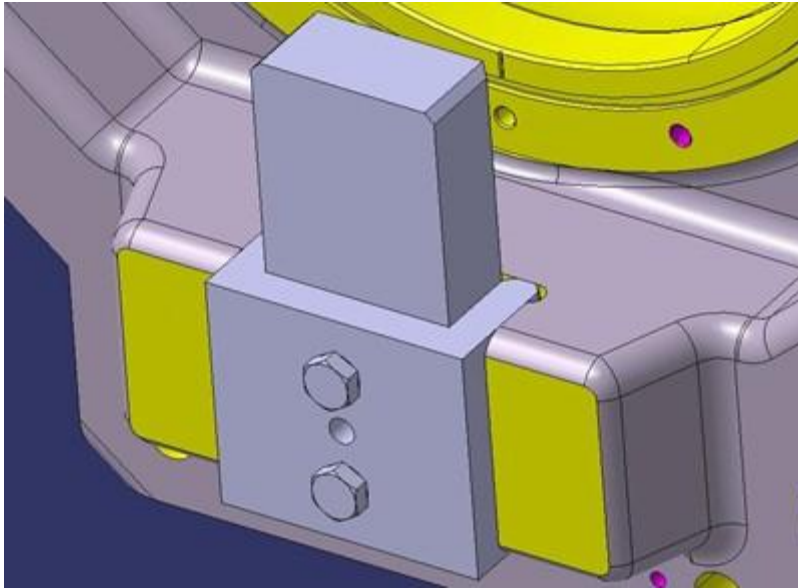
helposti, säätöruuveja kiristämällä tai löysäämällä. Rakenne mahdollistaa myös kokoonpanon helpon purkamisen jos siihen sen elinkaaren aikana tulee tarvetta. Toisen puolen ruuvit voinee myös hitsata, tai muuten pysyvästi kiinnittää, paikalleen kun momenttikiila on saatu asennettua oikeaan kohtaan.



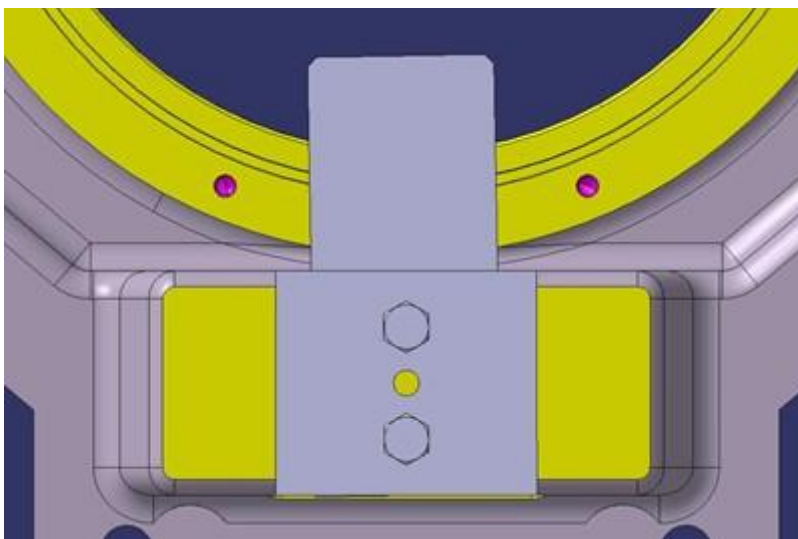
KUVIO 19. Säätö ruuveilla.

### **Säätö yhdellä palalla**

Idea säädön toteuttamisesta yhdellä palalla, kuvio 20, tuli SymBelt -kokoonpanon asentajalta. Ajatuksena on, että säätö toteutettaisiin vain yhdellä U-profiilisella palalla jota tarvittaessa koneistettaisiin niin, että momenttikiilan paikka ja/tai asento muuttuisi. Kuviossa 21 momenttikiilaa on kallistettu konesuunnassa yhden asteen verran vasemmalle.



KUVIO 20. Sääto yhdellä palalla.



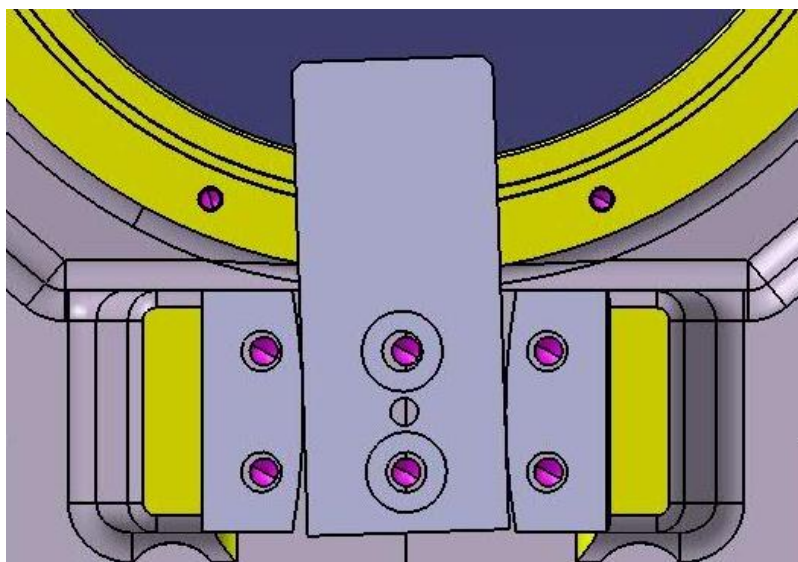
KUVIO 21. Momenttikiila kallistettuna.

Täällä ratkaisulla ei päästä eroon osien koneistamisesta ongelmatilanteessa. Rakente ei myöskään ole välyksetön ja momenttikiilan paikaltaan purkaminen olisi edel-

leen työlästä. Rakenne on kuitenkin sellainen, että se kestäisi varmasti siihen kohdistuvat voimat.

### **Pyöristetyt säätöpalat**

Tuotantotekniikan harjoittelijalta tullut idea. Ajatuksena on, että koneistamalla säätöpalojen sisäreunat kaareviksi, niin että pyöristyksen säde on sama kuin kiilauran keskikohdan etäisyys akselin keskikohdasta, saataisiin momenttikiilaa samalla kertaa sekä liikutettua että kallistettua konesuunnassa, kuvio 22.



KUVIO 22. Pyöristetyt säätöpalat, momenttikiila kallistettuna.

Pyöristetyillä säätöpalloilla saavutettaisiin samat edut kuin suoraseinämaisillä säätöpalloilla toteutetussa rakenteessa; rakenne on välyksetön, helposti purettavissa ja momenttikiilan paikan ja asennon säätäminen onnistuu säätöpalojen ruuveja kiristämällä tai löysäämällä. Säätöpalojen ja momenttikiilan väliset kosketuspinnat jäävät kuitenkin hyvin pieniksi, kiilan paikallaan pysyminen kuormitettaessa epäilyttää.

### 6.2.3 Yhteenveto ja ideoiden vertailu

Kaikki ideat ovat periaatteellisella tasolla toteutettavissa. Ne vaativat vain pieniä muutoksia laakeripesään, vanhat laakeripesät olisivat helposti koneistettavissa uuden rakenteen mukaisiksi. Kaikki rakennevaihtoehdot lisäävät kokoonpanon osia, yhdellä palalla toteutettava vähiten, säätöpalaratkaisut vaativat säätöpalojen lisäksi lisää ruuveja.

Kaikkien rakennevaihtoehtojen kanssa ongelmana on momenttikiilan konesuuntainen kallistaminen. Mikään vaihtoehdoista ei poista akselin kiilauran asettamia rajoja kallistumiselle.

Rakenteellisesti kestävin olisi varmasti yhden säätöpalan ratkaisu, heikoimmalta vaikuttaa pyöristetyt säätöpalat, koska kosketuspinnat jäävät niin pieniksi. Yhdellä säätöpalalla toteutettuna rakenne olisi myös suljettu, rakenteeseen ei juuri jää koiloja ja rakoja jonne epäpuhtaudet alkavat kerääntyä. Isoilla säätöruuveilla rakenne taas jää niin avoimeksi, että se olisi helppo pitää puhtaana.

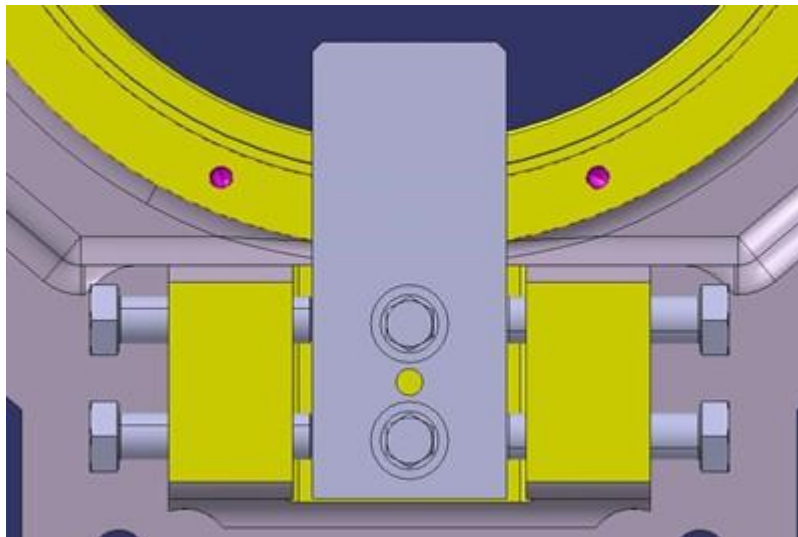
Vaikka yhden säätöpalan ratkaisu monilta osin vaikuttikin hyvältä, ei se kuitenkaan mahdollista momenttikiilan säätämistä ilman koneistamista, siksi se jätettiin sivuun tässä vaiheessa. Pyöristetyillä säätöpaloilla toteutettu rakenne taas vaikuttaa huteralta suoraseinämäisiin säätöpaloihin verrattuna. Lisäksi palojen pyöristämisellä ei saavuteta sen suurempia etuja kuin suoraseinämäisillä, lisättäisiin vain valmistuskustannuksia, niinpä pyöristetyt säätöpalat jätettiin myös sivuun.

Kehittelyssä pääpaino päätettiin laittaa säätöpaloilla toteutettavalle rakenteelle, säätöruuviratkaisua tarkasteltaisiin vielä hieman lisää.

## 6.3 Kehittely

### 6.3.1 Ruuvit

Kuviossa 23 kiilauran leveys on 120 mm ja säätöruuveina on neljä M24x100 ruuvia. Momenttkiilan leveys on 100 mm, joten rakenteeseen jää reilusti säätövaraa. Kuvion mukaisen rakenteen kestävyyttä tarkasteltiin laskemalla voima joka murtaisi säätöruuvit, laskut ovat liitteenä 2.



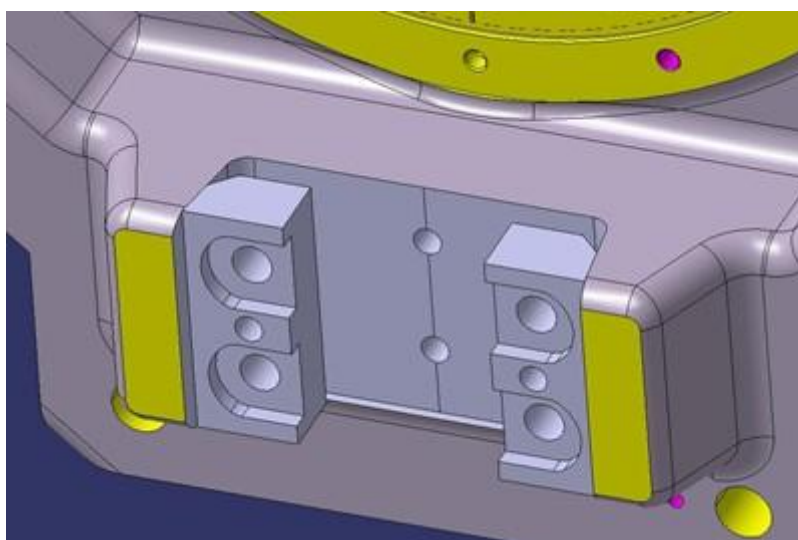
KUVIO 23. Säätö ruuveilla.

Säätöruuvit murtuvat kun niihin kohdistuva voima on 360 kN. Koneen käynnin aikana momenttkiilasta konesuunnassa välittyvä voima on 50-87 kN, joten ruuvit kestävät. Rakenteessa ruuveihin kohdistuu kuitenkin puristusta, ei vetoa kuten ”normaalissa” ruuviliitoksessa. Ensimmäisenä vauriona ruuveille niiden kierteet leikkautuisivat. Voidaan kuitenkin todeta, että jos ruuvit kestävät 360 kN vetojännitystä, kestävät ne tässä rakenteessa niihin kohdistuvan puristusjännityksenkin.

Kuvion 23 mukaisella rakenteella momenttikiilan asentaminen ja säätäminen haluttuun paikkaan ja asentoon vaatisi paljon mittauksia asennuksen aikana. Konesuuntaisen paikan lisäksi momenttikiilan korkeussuuntainen paikka täytyisi varmistaa, koska momenttikiilan vapaareiät mahdollistaisivat sen valumisen liian alas. Rakenne todettiin myös epäluotettavan näköiseksi ja siitä syystä tämä vaihtoehdon jatkokehittäminen lopetettiin.

### 6.3.2 Säätopalat

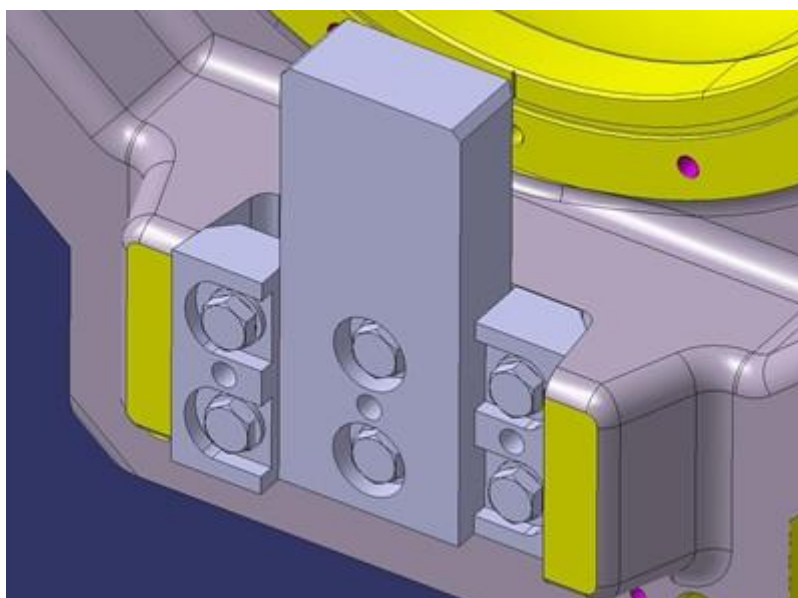
Rakenteen kehittelyä jatkettiin siitä mihin ideointivaiheessa jäätin. Toisen luonnoksen mukaisessa rakenteessa ongelmaksi muodostui se, että säätopalojen kiinnitysreiät laakeripesässä olisivat tulleet laakeripesän kiilauran pohjassa olevien pyöritysten päälle. Kolmanteen luonnokseen, kuvio 24, laakeripesän kiilauraa levennettiin huomattavasti ja sen reunat muutettiin  $8^\circ$  -kulmaan koska Kourunen (2008, 21) on todennut  $8^\circ$  -kulman itsepidättäväksi. Lisäksi varmistettiin koneistajalta, että laakeripesän kiilauran reunojen koneistaminen  $8^\circ$  -kulmaan onnistuu vaikeuksitta.



KUVIO 24. Kolmas luonnos.

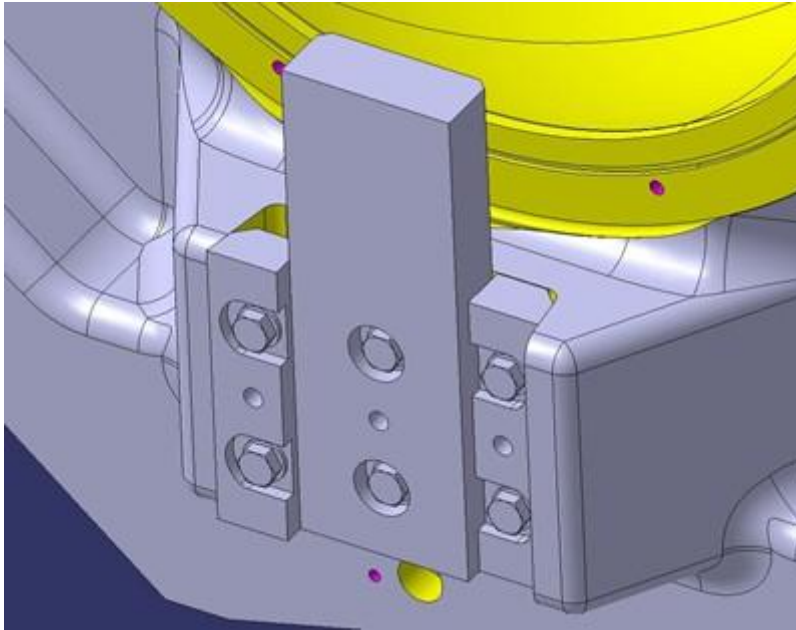


Säätöpaloissa on vapaareiät halkaisijaltaan 20 millimetriä. Säätöpalojen kiinnitysreiät asettuvat kiilauran tasaiselle pohjalle eivätkä mene pyöritysten päälle. Säätöpalat kiinnitetään M16-kokoisilla ruuveilla joten 20 mm:n vapaarei'illä säätövaraa saadaan  $\pm 2$  millimetriä. Säätöpaloihin on lisätty ulosvetoreiät sekä viisteet vinon seinämän pohjan kulmaan asentamisen helpottamiseksi. Koneistamisen helpottamiseksi upotukset ruuvien kantoja varten tehtiin jatkumaan pitkälle suoralle sivulle saakka.



KUVIO 25. Kolmas luonnos, D1095 –tela.

Kuviossa 25 rakenteen osat on kiinnitettyinä M16x60-A4-80 ruuveilla, aluslaattoina on 16-140HV-A4-50 laatat. Momenttikiilan paikkaa on siirretty konesuunnassa 2 millimetriä keskiasennosta vasemmalle. Oikean puoleinen säätöpala painuu lähes uran pohjaan, mutta ei mene kuitenkaan pohjassa olevan pyörityksen päälle. Vasemman puoleinen kiila nousee reilusti urasta ylös, mutta on kosketuksessa viereisiin pintoihin molemmiin puolin vielä yli puolella sivujensa pinta-alasta.



KUVIO 26. Kolmas luonnos, D1595 -tela.

Isoimman kokoluokan, D1595, telaan säätöpalat saadaan sopiviksi kasvattamalla niiden pituutta, kuvion 26 esittämään kokoonpanoon muita muutoksia pienemmän laakeripesän kokoonpanoon verrattuna ei ole tehty.

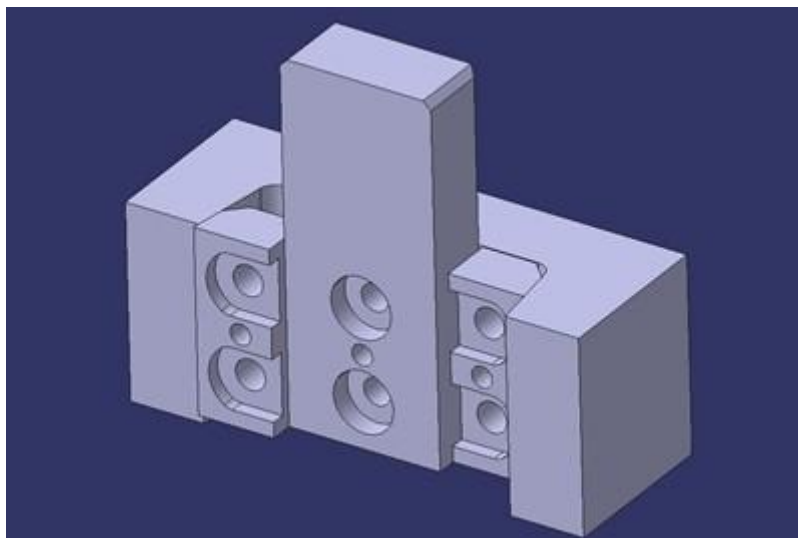
### **Rakenteen kestävyys**

Kolmannen luonnoksen mukaisen rakenteen kestävyttä arvioitiin karkeasti laske-  
malla voima, joka murtaisi ruuvit. Laskut ovat liitteenä 3. Laskujen mukaan säätöpa-  
lojen kiinnitysruuvit kestävät murtumatta 1 140 kN:n voiman. Laskuissa ei huomioi-  
tu liitospintojen välistä kitkaa.

Tämä yksinkertainen tarkastelu todettiin riittäväksi, koska normaalitilanteessa mo-  
menttiilasta välittyvä voima on pienimmällä telalla 50 kN ja suurimmalla 87,4 kN.

## Testipenkki

Käytännön kokemusten saamiseksi teetettiin protopajalla testipenkki kolmannen luonnoksen mukaisesta rakenteesta. Testissä oli käytössä pienempi, 100 mm leveä, momenttikiila eräästä asiakasprojektista. Säätopalojen vapaareikien halkaisijan oli 20 millimetriä, mutta nyt käytössä olevissa momenttikiiloissa vapaareikien halkaisija on 18 millimetriä, joten  $\pm 2$  millimetrin säätömahdollisuutta ei saavutettu. Säätopalat ja penkki johon kokonaisuus kasattiin, tehtiin mitoiltaan vastaamaan todellista tilannetta D1095 kokoluokan laakeripesässä, testipenkin materiaalina oli S355J2G3 ja säätopalojen LDX 2101. Kokoonpanoa testatessa käytettiin M16x60-A4-80 ja M16x50 8.8 sinkittyjä ruuveja aluslevyineen.



KUVIO 27. Testipenkki.

Testipenkkiä, kuviossa 27, testattiin esikokoonpanopaikalla 6.7.2011, asennuksesta vastasi asentaja Mauri Kouvalainen. Testipenkin kokoonpano kävi asentajalta helpposti. Testiasennus tehtiin asennuspöydällä, jolloin palat saatiin aseteltua kohdalleen hyvin ennen ruuvien kiinnitystä. Kiilan paikoittaminen vaatii kuitenkin hie-

nosäätöä ja useita mittauksia. Testipenkissä mittaaminen onnistui hyvin, koska penkin ulkoreunat olivat suorat ja pinnanlaadultaan mittaamiseen soveltuvat.

Asennettaessa säätöpalat pääsivät kallistelemaan koneen poikkisuunnassa, palan toinen pää painuu syvemmälle ja toinen nousee ylöspäin. Kallistuma riippuu ruuvi- en kiristyksestä; jos toinen ruuvi kiristetään ensin hyvin tiukalle, ei säätöpalaa saa enää suoristettua toista ruuvia kiristämällä vaan ensimmäistä on löysättävä.

Aloitteen oletuksen mukaisesti testipenkin mukainen rakenne on kokoonpantuna välyksetön. Myös momenttikiilan paikan hienosäätö konesuuntaan onnistuu, mutta vaatii tarkkuutta ja useita mittauksia. Asentajan mielestä ehdotettu rakenne tekisi kiilan asentamisesta helpompaa mitä se nykyisellä rakenteella on.

Ongelmallisena asentaja koki jo kokoonpannun telan momenttikiilan säätämisen vaikka rakennetta säädettäväksi muutettaisiinkin. Telan tarkastusmittaukset tehdään, kun tela on kuljetusalustalla laakeripesiltä tuettuna, D1095-tela yleensä lattialla laakeripesiensä varassa. Tällöin akselin koko paino on laakeripesillä ja tarvittaisiin valtavia voimia, jotta säätöpalojen ruuveilla saataisiin momenttikiilan paikkaa säädettyä. Jos tarkastusmittauksessa todetaan että kuormitusliitoksen ja sylinteriuran pohjan välinen kulmaero on liian suuri ja että momenttikiilan sijaintia tulisi säätää, olisi telan tuenta muutettava. Tela tulisi tukea joko kokonaan akselilta tai ainakin olisi kevennettävä laakeripesille tulevaa kuormaa esimerkiksi akselia nosturilla nostaen, jotta momenttikiilan paikan tai asennon säätäminen olisi mahdollista.

Telan tuennan muuttaminen tarkastusmittausten jälkeen joudutaan tekemään myös nykyisellä rakenteella jos kulmaero on sallittua suurempi. Kuljetusalustalla mitattavat telat joudutaan myös purkamaan alustalta jotta momenttikiila saadaan irti ja koneistettavaksi.

### **Testauksen tulokset**

Testipenkin mukaisella rakenteella momenttikiilan paikoittaminen vaatii useita mittauksia niin konesuunnassa, koneen poikkisuunnassa kuin korkeussuunnassakin.

Mittausten mahdollistamiseksi tulisi laakeripesään koneistaa mittaustasot mittaukseen soveltuvalla pinnankarheudella.

Akselin kiilauran sivujen ja säätöpalojen sivujen viistous, kulma, vaikuttaa suoraan siihen, kuinka paljon momenttikiila liikkuu konesuunnassa säätöpalan liikkeessä koneen poikkisuunnassa. Säätöpalan liikettä koneen poikkisuunnassa määrittää säätöruuvien kierteen nousu. Näistä tekijöistä voidaan muodostaa yhtälö, joka kertoo kuinka paljon kiinnitysruuvia on käännettävä, jotta momenttikiilan paikka siirtyy halutun verran.

Säätöpaloja koneen poikkisuuntaan kallistamalla on mahdollista säätää hieman momenttikiilan konesuuntaista kallistumista. Nykyinen akselin kiilauran rakenne ei kuitenkaan mahdollista momenttikiilan kallistamista, lisäksi säätöpalojen kallistelu hankaloittaa asentamista ja lisää tarkastusmittausten tarvetta. Kallistuminen voitaisiin ehkäistä tekemällä vastakappaleisiin ohjausurat ja -ulokset. Toinen vaihtoehto olisi lisätä säätöpaloihin yhdet ruuvit, jotka olisivat palan keskellä. Tällä keskimmaisella ruuvilla voitaisiin ohjata ensin säätöpala paikalleen oikeassa asennossa ja sen jälkeen kiristää reunimmaisilla ruuveilla. Ruuvien lisääminen mahdollistaisi myös pienempien ruuvien käyttämisen säätöpalan kiinnityksessä.

Testipenkissä säätöpalojen ja momenttikiilan kiinnittämiseen käytettiin samoja M16x60 -ruuveja, joilla momenttikiila kiinnitetään laakeripesään D1095 -kokoluokan telassa. 3D -malleja tutkiessa ja testipenkkiä testatessa huomattiin, että nykyiset 60 millimetriä pitkät ruuvit ovat liian lyhyet säätöpalojen kiinnittämiseen jos momenttikiilan konesuuntaista paikkaa siirretään 2 millimetriä. Momenttikiilan paikkaa siirrettäessä säätöpalojen koneen poikkisuuntainen paikka muuttuu, toinen nousee kiilaurasta ulospäin ja toinen painuu pohjaan. Ulospäin nouseva säätöpala siirtyy niin paljon, että 60 millimetrinen ruuvi ottaa kiertellessä vain noin 1,78 millimetriä, kuvio 28.



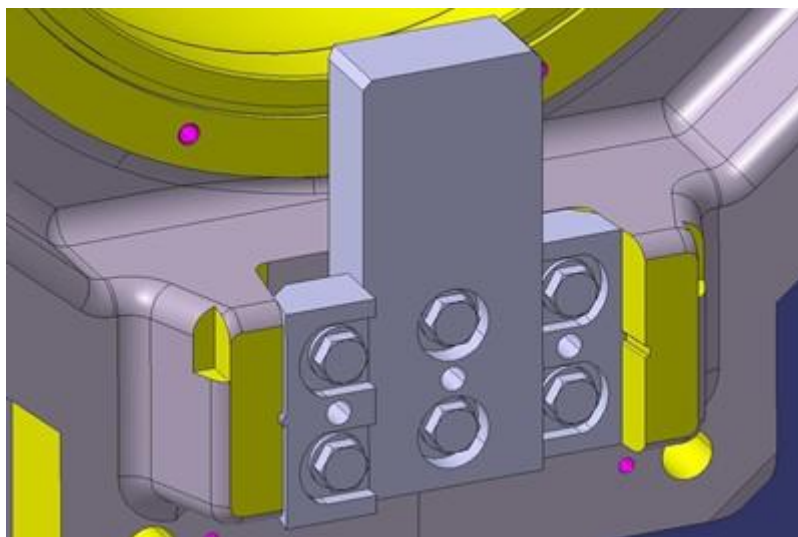
KUVIO 28. Leikkauskuva.

Metson standardissa PMMS0005.08 Ruuviliitosten suunnittelu määritellään, että minimi pituus kantavalle kierteelle tulisi olla enemmän kuin  $1,5d$ , d:n ollessa ruuvin nimellishalkaisija. M16 kokoiset kiinnitysruuvit täytyisi saada siis kierteelle vähintään 20 millimetrin matkalta. Säätopalojen kiinnitysruuvien on siis oltava pidempiä kuin 60 millimetriä ja laakeripesän kiilauran ruuvireikien syvyyttä on kasvatettava niin että ruuvi saadaan kiristettyä myös silloin, kun säätopala on kiilauran pohjaan asti painuneena.

## 7 TULOKSET

### 7.1 Viimeinen luonnos

Viimeisessä luonnoksessa, kuvio 29, on huomioitu kolmannessa luonnoksessa olleet puutteet ja testipenkin testauksen yhteydessä esiin tulleet puutteet. Säätopalojen koneen poikkisuuntaisen kallistumisen ehkäisemiseksi on säätopaloihin lisätty ohjausulokkeet ja laakeripesän kiilauran reunoihin urat, joihin säätopalojen ulokkeet käy. Kallistumisen estämiseksi ei lisätty ruuveja, koska kokoonpanon osien määrää ei haluttu lisätä.



KUVIO 29. Viimeinen luonnos.

Momenttikiilan vapaareikien halkaisijaksi muutettiin 20 millimetriä, jotta  $\pm 2$  millimetrin konesuuntainen siirto on mahdollinen. Laakeripesään on lisätty myös mittaustasot, jotka mahdollistavat momenttikiilan konesuuntaisen paikan mittaamisen. Korkeussuuntaista mittaamista varten tasoja ei tarvita. Säätopalojen ohjausurat

paikoittavat säätöpalat korkeussuunnassa oikealle paikalle ja momenttikiila saadaan paikoitettua riittävällä tarkkuudella vertaamalla säätöpaloihin.

Säätöpalojen kiinnitysruuveiksi jokaisessa telakoossa käytetään M16x80-A4-80 ruuvit. 80 millimetriä pitkällä ruuveilla saadaan kantavaksi kierrepituudeksi vähintään 20 millimetriä kun kiinnitettävä säätöpala nousee momenttikiilan konesuuntaisen säädön seurauksena kiilauran pohjasta pois päin. Vastaavasti kiinnitysreikien kierresyvyyden tulisi olla vähintään 52 millimetriä, jotta momenttikiilan konesuuntaisen säädön seurauksena kiilauran pohjaan painuva säätöpala saadaan kiristettyä paikalleen. Edellä mainitut mitat on laskettu sen mukaan, että momenttikiilaa siirretään konesuunnassa enistään 2 millimetriä.

Momenttikiilan kiinnitysruuvit ovat pienimmässä telakoossa M16x60-A4-80 ruuveja ja muissa kokoluokissa M16x70-A4-80 ruuveja. Momenttikiilan kiinnitykseen on mahdollista käyttää samoja ruuveja kuin säätöpalojen kiinnitykseen, tällöin momenttikiilan kokoonpano hoituisi yhden kokoisilla ruuveilla eikä kiilauraan tarvitsisi koneistaa kuin yhden mittaisia kiinnitysreikiä.

## **7.2 Kehitystyön lopettaminen**

Kappale on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.



## **8 TULOSTEN POHDINTA**

Kappale on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

## LÄHTEET

Airila, M. et.al. 2003. Koneenosien suunnittelu. 4. painos. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Björn, K. 2010. JAMK puristinkoulutus 14.10.2010. PowerPoint-esitys. Metson puristinsuunnitteluosaston koneuusintojen suunnittelupäällikön luentomateriaali.

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2003. Paperin ja kartonginvalmistus. 3.p. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino.

Jokinen, T. 1999. Tuotekehitys. 4. tarkastettu ja korjattu jatkopainos. Helsinki: Valopaino.

Kourunen, J. 2008. Puristintelan kiinnityksien kehittäminen. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Tekniikan ja liikenteen yksikkö, paperikoneteknologian koulutusohjelma.

KnowPap 2010. Paperitekniikan ja automaation oppimisympäristö. VTT: 12.0. Viitattu 28.9.2011.

Liiketoimintamme lyhyesti, 2010. Artikkelit Metso Paper Oyn:n sivustolla. Viitattu 14.9.2011. [Http://www.metso.com/fi](http://www.metso.com/fi), metso yrityksenä, metso lyhyesti, liiketoiminnot, paperi- ja kuituteknologia.

Metso General. 2011. PowerPoint-esitys. Metson sisäisen tietokannan yleiskalvosarja. Viitattu 13.9.2011.

Omien perehdytys. 2010. PowerPoint-esitys. Metson sisäisen tietokannan yleiskalvosarja. Viitattu 15.9.2011.

PMMS 0005.08. 2009. Ruuviliitosten suunnittelu. Metson standardi. Metson sisäisientietokannan tiedosto. Viitattu 23.8.2011.

Rautpohjan perehdyttämisopas. 2010. Uusille työntekijöille jaettava Metson Rautpohjaa esittelevä lehtinen.

Standard features. 2009. PowerPoint-esitys. Metson sisäisen tietokannan yleiskalvosarja. Viitattu 31.10.2011.

SymBelt Roll sales presentations. 2010. PowerPoint-esitys. Metson sisäisen tietokannan yleiskalvosarja. Viitattu 13.9.2011.

Telakirja. n.d. SymBelt-telan sisältäneen paperikonetoimituksen asiakasdokumentaatio. Metson sisäisientietokannan tiedosto. Viitattu 2.11.2011

## LIITTEET

### Liite 1. SymBelt -tuotteiden kelpuutuksen tarkastuslista

KELPUUTUKSEN TARKASTUSLISTA SYMBELT-TUOTTEILLE	
Kelpuutuksen kohde:	
Tarkastanut/pvm:	
Laatinut:	

N:o	Tarkastettava asia	Tehty	Huom
1	Muutos- / kehitystarpeen perustelut selvitetty		
2	Tuotteen kehityshistoriaan tutustuttu huolellisesti		
3	Toimintovaatimukset listattu kattavasti		
a)	- normaaleissa ajotilanteissa		
b)	- normaalista poikkeavissa tilanteissa, kuten nostot ja kuljetukset, asennus koneeseen, huovan vaihto, ajo huoltoasentoon yms		
4	Ratkaisuvaihtoehtoja listattu ja vertailtu keskenään		
5	Ideointivaiheessa tuotettu riittävästi vaihtoehtoisia ratkaisuja (3-4)		
6	Materiaali- ja valmistusmenetelmävaihtoehtoja selvitetty riittävästi		
7	Lujuuslaskemat tehty riittävän perusteellisesti, tarvittaessa hyödynnetty FEM menetelmää		
a)	- normaalit ja poikkeavat kuormitusolosuhteet huomioitu laskelmissa		
b)	- kaikki mahdolliset häiriötilanteet huomioitu		
c)	- vaikutus värähtelyihin selvitetty ja värähtelyherätteet minimoitu		
d)	- lämpölaajenemiset ja lämpötilajakautumat huomioitu		
e)	- materiaaliominaisuudet huomioitu. mm kovuus, sitkeys, kimmokerroin, työstettävyys, kulutuskestävyys, korroosionkestävyys		
8	Koeajo tehty koelaitteella => soveltuvuus tuotantokoneelle tarkistettu		
9	Valitun ratkaisun toiminta-alue määritetty		
10	Muutoksen vaikutus työturvallisuuteen huomioitu, myös poikkeustilanteissa		
11	Ympäristövaikutukset huomioitu		
12	Muutoksen vaikutus sidosryhmiin mietitty		
a)	- muutoksen vaikutus hydraulikan mitoitukseen selvitetty		
b)	- muutoksen vaikutus ohjausjärjestelmään ja lukituksiin selvitetty		
c)	- muutoksen vaikutus rakenneryhmään ja prosessiin selvitetty		
d)	- muutoksen vaikutus valmistukseen selvitetty: verstaas, valimo, toimittajat		
e)	- muutoksesta tiedottaminen varmistettu (vakiojakelu ?)		
11	Muutoksen vaikutus käyttö- ja huolto-ohjeisiin selvitetty		
12	Muutoksen vaikutus kunnossapitoon ja varaosiin mietitty		
13	Kustannusvaikutus selvitetty ja tiedotettu siirtohintamuutoksena		
14	Patenttiselvitys. Kilpailijoiden patentit selvitetty ja omat keksinnöt suojattu.		
15			
16			

## Liite 2. Säätöruuvien lujuuslaskut

Säätöruuveina on neljä M24x100-A4-80 ruuvia.

M24 ruuvien jännityspinta-ala  $A_s = 353 \text{ mm}^2$  (Airila, M. et.al. 2003, 165).

M24 ruuvien jännitys 0,2 %:n pysyvällä venymällä  $R_{p0,2} = 600 \frac{N}{\text{mm}^2}$  (Mts. 182).

Metson standardi PMMS0005.8 Ruuviliitosten suunnittelu määrittelee, että haponkestävien teräsruuvien A4-80 ruuvien esikiristysvoima  $F_{ek}$  on 85 prosenttia ruuvin myötökuormasta ensisijaisilla voiteluaineilla. Esikiristysvoimaksi  $F_{ek}$  saadaan kaavalla (1)  $510 \frac{N}{\text{mm}^2}$ .

$$F_{ek} = 0,85 * R_{p0,2} \quad (1)$$

Käyttäen kaavaa (2) saadaan yhden ruuvin myötövoimaksi  $F_r$  180 030 N.

$$F_r = F_{ek} * A_s \quad (2)$$

jossa  $F_{ek}$  = Ruuvin esikiristys

$A_s$  = Ruuvin jännityspinta-ala

Koska ruuveja on kaksi, saadaan kokonaismyötövoimaksi 360 kN.

### Liite 3. Säästöpalojen kiinnitysruuvien lujuuslaskut

Ruuveina kaksi M16 A4-80 ruuvia.

M16 ruuvien jännityspinta-ala  $A_s = 157 \text{ mm}^2$  (Airila, M. et.al. 2003, 165).

M16 ruuvien jännitys 0,2 %:n pysyvällä venymällä  $R_{p0,2} = 600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$  (Mts. 182).

Metson standardissa PMMS0005.08 Ruuviliitosten suunnittelu määrittellään, että haponkestävien teräsruuvien A4-80 ruuvien esikiristysvoima  $F_{ek}$  on 85 prosenttia ruuvien myötökuormasta ensisijaisilla voiteluaineilla. Esikiristysvoimaksi  $F_{ek}$  saadaan kaavalla (1)  $510 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ .

$$F_{ek} = 0,85 * R_{p0,2} \quad (1)$$

Käyttäen kaavaa (2) saadaan yhden ruuvien myötövoimaksi  $F_r$  80 070 N.

$$F_r = F_{ek} * A_s \quad (2)$$

jossa  $F_{ek}$  = Ruuvien esikiristys  
 $A_s$  = Ruuvien jännityspinta-ala

Seuraavaksi ratkaistaan vapaakappalekuvan mukaiset voimat  $F_x$  ja  $N$ :

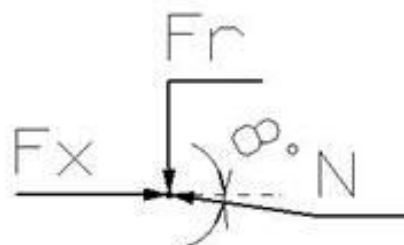
$$F_r = 80\,070 \text{ N}$$

$$F_x =$$

$$N =$$

$$\sum F \uparrow: -F_r + N \sin 8^\circ = 0$$

$$\sum F \rightarrow: F_x - N \cos 8^\circ = 0$$



Ratkaistaan ensin tukivoima N:

$$-F_r + N \sin 8^\circ = 0$$

$$N = 575\,326,694 \text{ N}$$

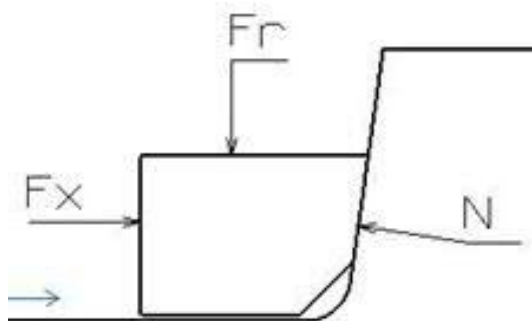
Sijoitetaan saatu tukivoiman arvo toiseen tasapainoyhtälöön ja ratkaistaan voima

$F_x$ :

$$F_x - N \cos 8^\circ = 0$$

$$F_x = 569\,727,654 \text{ N}$$

$$F_r = 89\,250 \text{ N}, \quad F_x = 569\,727,654 \text{ N}, \quad N = 575\,326,694 \text{ N}$$



Koska ruuveja on kaksi:

$$F_x * 2 = 1\,139\,455,308 \text{ N} \\ = 1\,140 \text{ kN}$$

1140 kN on voima, jonka säätöpalan kiinnittävät ruuvit, 2 kappaletta, kestävät.

#### **Liite 4. Laakeripesän välykset**

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.

## **Liite 5. Laakeripesän kallistuminen**

Liite on jätetty pois julkisesta työstä sen sisältämän luottamuksellisen tiedon vuoksi.