



# Paperikoneen viiraosan reunailmastointien konseptointi ja suunnittelu

Markus Airaksinen

Opinnäytetyö, AMK

12/2023

Tekniikan ala

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

**Airaksinen, Markus**

## **Paperikoneen viiraosan reunailmastointien konseptointi ja suunnittelu**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Joulukuu 2023, 53 sivua

Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### **Tiivistelmä**

Paperikoneiden ajonopeus nousee nykyaikana jatkuvasti ja tämä kohottaa ilmastoinnin tärkeyttä etenkin paperikoneen viiraosalla. Nopeasti liikkuva viira, eli suodatinkangas kuljettaa mukanaan viiraosalla syntyvää vesisumua ja tietyissä kohdissa viiraosaa se ei enää pääse kulkemaan viiran mukana, vaan törmää johonkin koneenosaan, kuten telaan ja näin ollen se leviää koneen sivuille ja yläpuolelle aiheuttaen jatkuvaa ja em. ajonopeuksien nousun vuoksi suurenevaa räsitusta konesalin ilmastoinnille, haittaa koneen käyttäjälle sekä aiheuttaa ongelmia koneen ja sen ympäristön puhtaanapitoon.

Työn toimeksiantajana oli Valmet Technologies Oy, joka on suuri prosessiteollisuuden ratkaisujen toimittaja ja kehittäjä. Tavoitteena oli kehittää jo olemassa olevia monimuotoisia, valmistettavuudeltaan sekä käytettävyydeltään epäsuotuisia viiraosan ilmastointien osia, reunailmastointilaatikoita palvelemaan paremmin mm. valmistusta, kokoonpanoa sekä kunnossapitotöitä, joihin nämä laatikot vaikuttavat. Kehitystyön tavoitteena oli luoda 3D- malli, joka on sovitettu oikeaan ympäristöönsä viiraosalle. Työ suoritettiin kehittämistutkimuksena eli tässä tapauksessa kehitystyön ja laadullisen tutkimuksen yhdistelmänä. Aluksi työssä tutkittiin reunailmastointien toimintaperiaatetta, niiden ympäristöjä, niihin liittyvää suunniteluohjetta sekä suoritettiin eri asiantuntijoiden haastatteluja tukemaan tutkimusta, jonka jälkeen siirryttiin kehitystyön ideointi ja konseptointi vaiheisiin.

Työn tuloksena oli paljon tehtyä arvokasta tutkimusta erilaisista toteutus mahdollisuuksista reunailmastointilaatikoille materiaalien ja valmistustapojen muodossa sekä 3D- malli joka on sovitettu viiraosalle omaan ympäristöönsä. 3D- mallin mukainen rakenne on erittäin yksinkertainen valmistettavuudeltaan, kokoonpantavuudeltaan ja käytettävyydeltään. Myös reunailmastointilaatikon suorituskykyä parannettiin peittävyden paranteluilla ja rakenteesta saatiin universaali.

### **Avainsanat (asiasanat)**

3D- mallinnus, konseptointi, suunnittelu, valmistettavuus, käytettävyys, kehitystyö, ilmastointi

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

Liitteet 1 ja 3 ovat salassa pidettäviä ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perusteena on viranomaisten toiminnantoiminnan julkisuudesta annetun lain (621/1999) 24 §:n kohta 21. Salassapitoaika on seitsemän (7) vuotta ja se päättyy 9/2030.

**Airaksinen, Markus**

**Conception and design of side ventilation for paper machines forming section**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2023, 53 pages

Degree Programme in Mechanical engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

**Abstract**

Today, the speed at which paper machines are running is constantly increasing and this increases the importance of air conditioning, especially in the paper machine's forming section. The fast-moving filter fabric carries the mist generated in the forming section and at certain points in the forming section it can no longer travel with the fabric but hits a part of the machine such as a roll, spreading to the sides and top of the machine and placing a constant and increasing strain on the air conditioning of the machine room due to the above mentioned increase in speed. The mist also creates challenges for the user of the machine and makes it challenging to keep the machine and surrounding area clean.

The work was commissioned by Valmet Technologies Oy, a major supplier and developer of solutions for the process industry. The objective of the work was to develop the existing non- universal edge suction boxes, which are unfavourable in terms of manufacturability and usability, and to make them better serve manufacturing, assembly and maintenance operations affected by these boxes. The aim of the development work was to create a 3D model adapted to the real environment of the forming section. The work was carried out as a development study, in this case a combination of development work and qualitative research.

Initially, the work involved studying the principle behind the edge ventilation of the forming part, their environments, the associated design guidelines and also interviews were done with various experts to support the research, before moving on to the ideation and conceptualisation phases of the development work.

The result of this work was a lot of valuable research on the different implementation possibilities for edge suction boxes in terms of materials and manufacturing methods, as well as a 3D model adapted to a 3D-model of a whole forming section. The structure of the 3D- model is very simple in terms of manufacturability, assemblability and usability. The performance of the edge suction box was also improved through improvements in the space covered by the box and the structure was made universal to fit every position on the reference forming part.

**Keywords/tags (subjects)**

3D- modeling, conception, designing, manufacturability, usability, development work, ventilation

**Miscellaneous (Confidential information)**

Attachments 1 and 3 are confidential and have been removed from the public thesis. Secrecy is based on part 21 of section 24 of the law of Publicity. The confidentiality period is seven (7) years and it ends on 9/2030.

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>5</b>
1.1	Työn tausta, tavoitteet ja rajaus	5
1.2	Valmet Technologies Oy	7
<b>2</b>	<b>Tutkimusasetelma</b>	<b>10</b>
2.1	Kehittämistutkimus	12
2.2	Laadullinen tutkimus	13
2.3	Määrällinen tutkimus	13
2.4	Teemahaastattelu	14
2.5	Kehittämistutkimuksen eettisyys	14
<b>3</b>	<b>Tietoperusta</b>	<b>15</b>
3.1	Paperikone	15
3.2	Viiraosa	16
3.2.1	Viiraosan ilmastointi	17
3.2.2	Reunailmastoinnit	20
3.3	Koneturvallisuus	21
3.4	Tietokoneavusteinen suunnittelu	21
3.5	Teollinen muotoilu	22
<b>4</b>	<b>Reunailmastointilaitikoita koskettavat kunnossapitotoimenpiteet</b>	<b>22</b>
4.1	Viiran vaihto	22
4.2	Keraamisten listojen vaihto	24
<b>5</b>	<b>Kehitystyö</b>	<b>26</b>
5.1	Aloitutus	26
5.2	Tutkimus	26
5.3	Vaatimuslista	27
5.4	Ideointi	28
5.5	Ideointipalaveri	30
5.6	Konseptointi	30
5.6.1	Ideoiden suoriutuminen matriisissa	35
5.6.2	Konseptit	36
5.7	Lopullinen konsepti	38

<b>6 Työn pohdinta ja johtopäätökset .....</b>	<b>41</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>44</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>46</b>
Liite 1. Työn lähtötason vaatimuslista, tarkennettujen vaatimusten pistematriisi ja ideoiden vertailumatriisi (salassa pidettävä) .....	46
Liite 1. Työn lähtötason vaatimuslista, tarkennettujen vaatimusten pistematriisi ja ideoiden vertailumatriisi (salassa pidettävä) .....	47
Liite 1. Työn lähtötason vaatimus vaatimuslista, tarkennettujen vaatimusten pistematriisi ja ideoiden vertailumatriisi (salassa pidettävä) .....	48
Liite 2. Ideointivaiheen skissauksia .....	49
Liite 3. Rakenteesta luotu kokoonpanopiirustus (salassa pidettävä) .....	50
Liite 4. Lopullisen konseptin suoriutuminen projektin vaatimuksissa .....	51

## Kuviot

Kuvio 1. Punaisella ympyröitynä tyypilliset positiot, joissa reunaimastointilaatikoita on viiraosalla (Valmet 2023).....	5
Kuvio 2. Esimerkki nykyisestä reunaimastointilaatikosta (Valmet 2023). .....	6
Kuvio 3. Valmet maailmalla (Valmet lyhyesti 2023). .....	8
Kuvio 4. Valmetin merkkipaaluja (Valmetilla on yli 220 vuoden teollinen historia). .....	9
Kuvio 5. Kehittämistutkimus prosessi (Kananen 2012, 52). .....	10
Kuvio 6. Michael French:n malli tuotekehityksestä (Cross 2008, 31). .....	11
Kuvio 7. Eräänlainen paperikoneen rakenne (Paperin ja kartongin valmistus – tiivistelmä 2023). .....	15
Kuvio 8. Optiformer Multi ja Optiformer Hybrid SB viiraosa (Valmet 2023). .....	17
Kuvio 9. Esimerkki ilmastoinnista SpeedFormer- viiraosalla (Viiraosan ilmajärjestelmät 2023.)	18
Kuvio 10. Vesisuihkujen positioita OptiFormer- viiraosalla (Viiraosan ilmajärjestelmät 2023). .....	19
Kuvio 11. Reunaimastointilaatikko imemässä vesisumua. ....	20
Kuvio 12. Liimajäämiä viirassa (Märkäviiran kunnossapito 2023). .....	23
Kuvio 13. Viira kannateltuna saloilla (Valmet 2023). .....	24
Kuvio 14. Vedenpoisto Vacufoil- imulaatikolla (Valmet 2023). .....	25
Kuvio 15. Alkuvaiheen ideointia ja skissauksia. ....	29
Kuvio 16. Idea 1 vertailumatriisissa. ....	31

Kuvio 17. Idea 2 vertailumatriisissa. ....	32
Kuvio 18. Idea 3 vertailumatriisissa. ....	33
Kuvio 19. Idea 4 vertailumatriisissa. ....	34
Kuvio 20. Idea 5 vertailumatriisissa. ....	34
Kuvio 21. 3D- mallinnettu konsepti ideasta 1. ....	36
Kuvio 22. 3D- mallinnettu konsepti ideasta 2. ....	37
Kuvio 23. 3D- mallinnettu konsepti ideasta 3. ....	38
Kuvio 24. Edelleen kehitetty versio idean 1 konseptista. ....	39
Kuvio 25. Vino laippakiinnitys mahdollistaa pienen kaadon pohjalevyn tasaiselle pinnalle. ....	40
Kuvio 26. Työn lähtökohdan erilaisia reunailmastointilaatikoita (Valmet 2023). ....	41
Kuvio 27. Sarana nopeasti purettavalla lukkosokka ratkaisulla. ....	43

## **Taulukot**

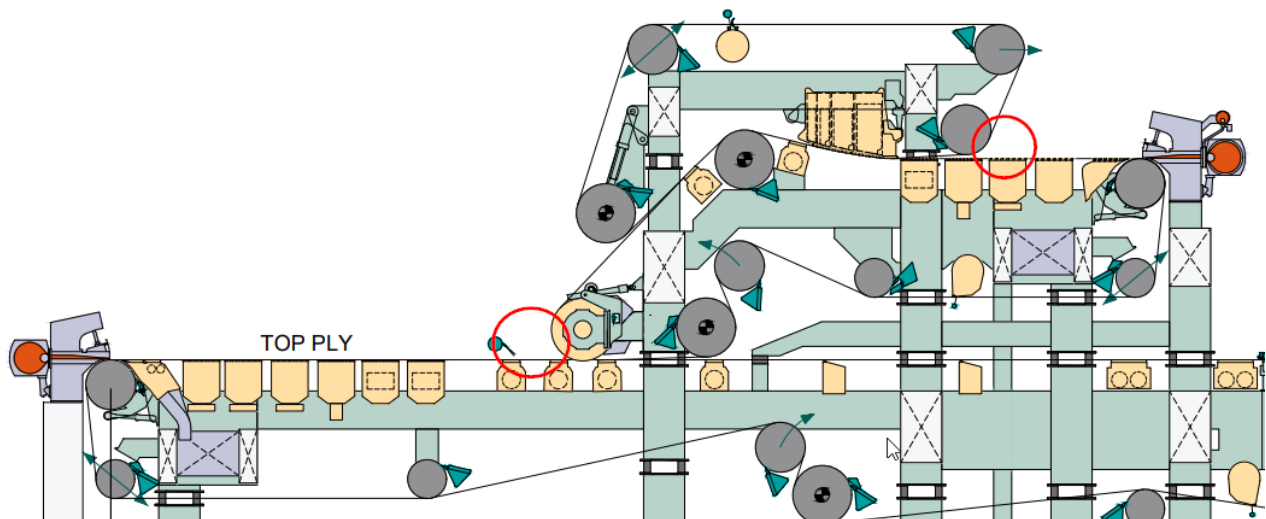
Taulukko 1. Ideoiden pisteet vertailumatriisissa. ....	35
--	----

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta, tavoitteet ja rajaus

Paperikoneen viiraosalla syntyy paljon vesisumua, joka aiheuttaa rasitusta mm. konesalin ilmastoinnille, epämukavat olosuhteet hoitosilloilla ja nykyään nopeammiksi muuttuvat ajonopeudet aiheuttavat sumun leviämisen entistä hankalammaksi kontrolloida. Tätä sumun leviämistä vastaan on luotu reunailmastoinnit, joiden tarkoitus on kaapata tätä vesisumua mahdollisimman paljon.

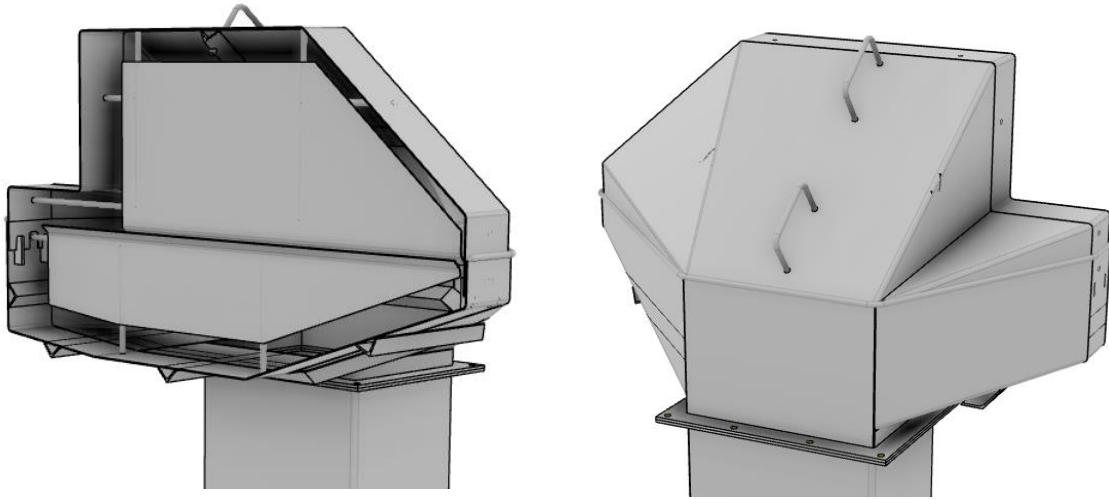
Tarkemmin tämän kehitystutkimuksen aiheena oli Valmet Technologies Oy:n OptiFormer Hybrid-viiraosalla yläviirayksikön etutelan alueen reunailmastoinnit ja tärkkisuihkuputken kohdalla olevat reunailmastoinnit sekä OptiFormer Multi monitasoviiraosan alaviiran liitoskohdan reunailmastoinnit, joista edeltävistä positioista on esitetty esimerkki kuviossa 1.



Kuvio 1. Punaisella ympyröitynä tyypilliset positiot, joissa reunailmastointilaatikoita on viiraosalla (Valmet 2023).

Nykyään laatikot valmistetaan hitsaamalla erittäin runsas määrä taitettuja levyleikkeitä sekä erilaisia teräs profiileja, kuten tankoja ja kulmapaloja yhteen, muodostaen esimerkkinä kuviossa 2 näytetyn kaltaisen rakenteen, jota ei siis ole optimoitu valmistuksen näkökulmasta. Valmistuksen lisäksi laatikot nykyisillään aiheuttavat ylimääräistä resurssikulua myöhemmin esiteltyihin

kunnossapitotehtäviin mm. niiden raskaan rakenteen vuoksi. Rakenteen painon vuoksi niitä joudutaan nostamaan esimerkiksi kattonosturilla, joka on enemmän aikaa vievää kuin esimerkiksi yhden ihmisen tekemä nosto.



Kuvio 2. Esimerkki nykyisestä reunailmastointilaatikosta (Valmet 2023).

Muutostarve on kasvanut sitä mukaa, kun laatikoista on jouduttu tekemään eri projekteihin hieman toisistaan eroavia versioita. Rakenne on myös raskaasti vahvistettu, joka ei ole välttämätöntä ottaen huomioon, että kyseinen rakenne ei esimerkiksi kannattele mitään oman painonsa lisäksi.

Työn tavoitteena oli kehittää pitkälle viety konsepti reunailmastointilaatikon rakenteesta, joka olisi valmistuksen ja kokoonpantavuuden puolesta parempi kuin nykyinen toteutus sekä käytettävyydeltään hyvä, helposti poistettava tai edestä väistyvä rakenne. Pitkälle viedyllä konseptilla tarkoitetaan 3D- mallia, joka on sovitettu oikeaan ympäristöönsä ja todistettu näin toimivaksi ratkaisuksi. 3D- mallin lisäksi luotaisiin valmistus- ja kokoonpanopiirustukset reunailmastointilaatikosta. Kehitystyö keskittyi ilmastointikanavan päässä sijaitseviin kotelomaisiin rakenteisiin, jotka toimivat ns. suulakkeena ja imevät kuituja ja vesisumua ilmastointikanavistoon.

Työssä edettiin tyyppillisen tuotekehitysprosessin mukaan ja käytettiin hyväksi todettuja työkaluja ja työtapoja.



## 1.2 Valmet Technologies Oy

Valmet Technologies Oy on maailman johtava prosessiteollisuuden ratkaisujen toimittaja ja kehittäjä. Näihin teollisuuden aloihin suurimpina kuuluu mm. sellu- paperi- ja energiateollisuus ja niiden automaatoratkaisut (Valmet sijoituskohteena 2023).

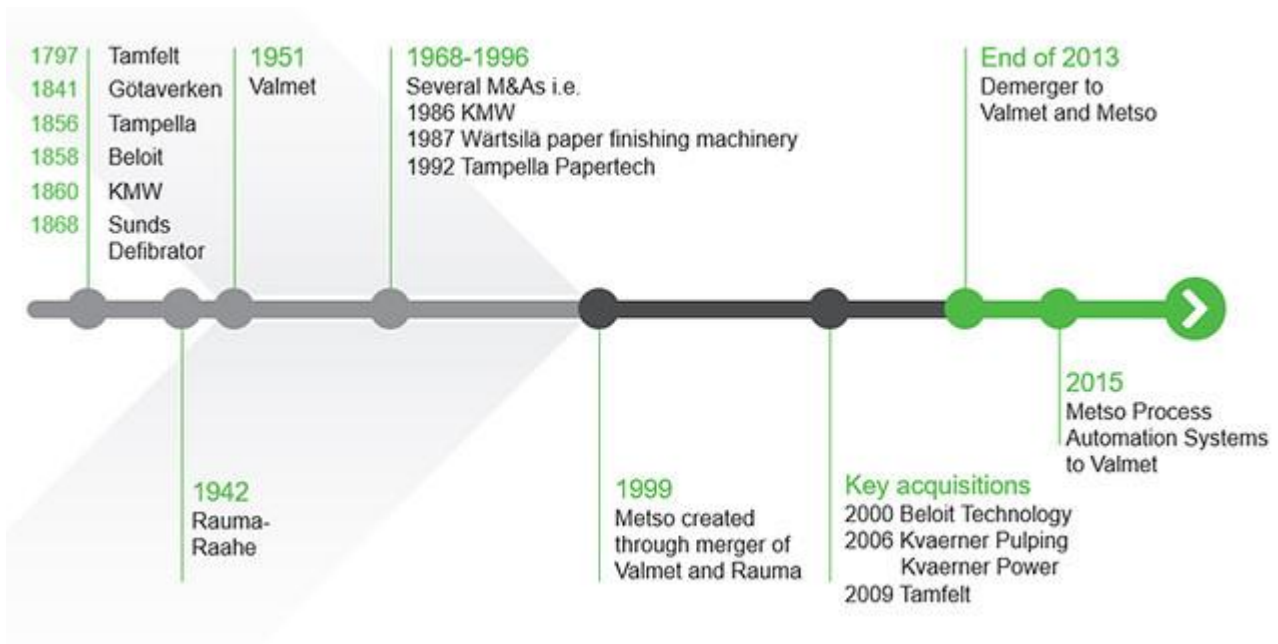
Liiketoiminta Valmetilla on jaettu viiteen osaan liiketoimintalinjoittain sekä maantieteellisiin alueisiin. Liiketoimintalinjojen jako on seuraava: Palvelut, Virtauksensäätö, Automaatiojärjestelmät, Sellu ja energia ja viidentenä Paperit. Maantieteelliset alueet ovat Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, Kiina, Aasian ja Tyynenmeren alue sekä EMEA- alue johon kuuluu Eurooppa, Lähi-itä ja Afrikka. Paperit- liiketoimintalinja, jota tämä opinnäytetyö palvelee on kokonaisten konetuotantolinjojen, koneusintojen ja prosessikomponenttien toimittaja pehmopaperin ja paperin valmistukseen. Teknologiat edistävät prosessi- ja ympäristötehokkuutta ja ovat luotettavia sekä turvallisia. Valmetin modularisoidut ja standardisoidut ratkaisut saavat aikaan helppokäyttöisyyttä ja kustannustehokkuutta (Valmet lyhyesti 2023).

Valmet työllistää yli 17 500 ihmistä, joista suurin osa, noin 11 000 työskentelee em. EMEA- alueella. Kuviossa 3 on esitettyä Valmetin toiminta maailmalla, jossa EMEA- alueella on 20 tutkimus- ja tuotekehityskeskusta, 86 palvelukeskusta, 24 tuotantoyksikköä ja 76 myyntikonttoria sekä yrityksen pääkonttori Espoossa (Valmet lyhyesti 2023).



Kuvio 3. Valmet maailmalla (Valmet lyhyesti 2023).

Valmetilla on pitkä historia teollisuuden alalla, joka jatkuu aina 1750- luvulle asti. Ennen nykyaikaa Valmet on valmistanut paperikoneiden lisäksi mm. laivoja, lentokoneita, aseita kuten tykkejä ja rynnäkkökivääreitä, vetureita, traktoreita ja laivamoottoreita sekä hissejä. Itse paperikoneiden valmistus alkoi 1950- luvulla Jyväskylän Rautpohjassa. Monimuotoinen teollisuus alkoi keskittymään voimakkaammin paperikoneisiin 1980- ja 1990- luvulla jättäen pois mm. laivat, hissit ja traktorit valmistuksesta. Tästä eteenpäin Valmet on laajentanut teknologia osaamistaan paperikoneiden ympärillä yritysostoilla (ks. kuvio 4) ja jatkuvan parantamisen periaatteella (Valmet lyhyesti 2023; Valmetilla on yli 220 vuoden teollinen historia 2023).



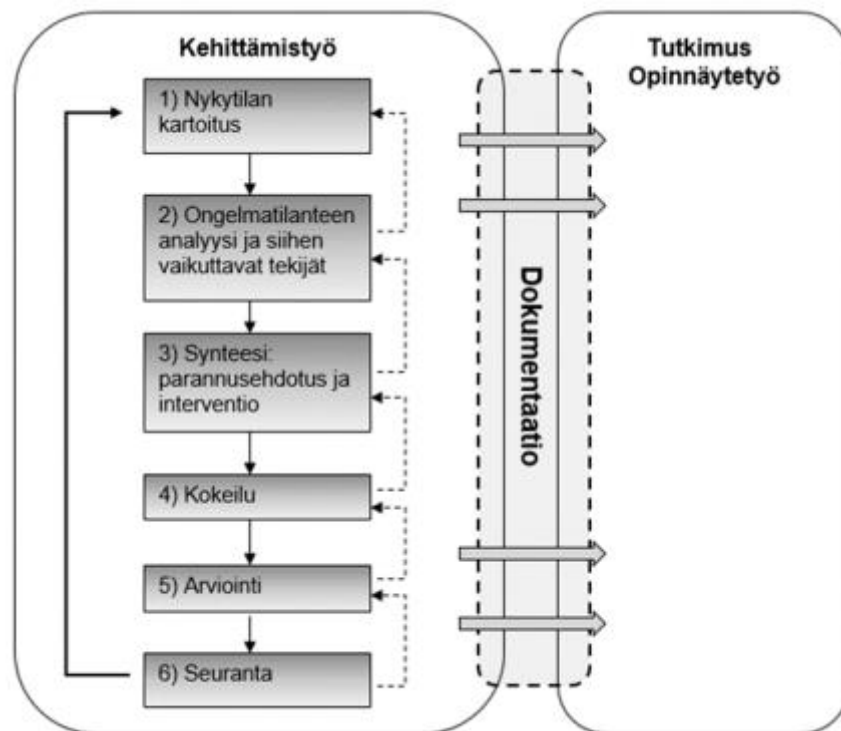
Kuvio 4. Valmetin merkkipaaluja (Valmetilla on yli 220 vuoden teollinen historia).

Merkittävänä saavutuksena mainittakoon vielä Valmetin ja suuren prosessiteollisuuden venttiilien valmistajan Neleksen sulautuminen vuonna 2022. Perusteena sulautumiselle oli mm. Neleksen ja Valmetin suurelta osin sama asiakaskunta, Neleksen hyvä suoriutuminen yrityksenä, Neleksen tuoma suuri hyöty Valmetille sekä pitkän aikavälin positiivinen omistaja-arvonäkökulma (Sulautuminen Neleksen kanssa 2022).

Valmetin liikevaihto oli vuoden 2022 tilinpäätöksessä 5074 miljoonaa euroa ja vertailukelpoinen EBITA 533 miljoonaa euroa. Suurin osa liikevaihdosta, 2428 miljoonaa euroa oli Prosessit- liiketoimintalinjasta ja Paperit- liiketoimintalinjan osuus liikevaihdosta oli 1347 miljoonaa euroa. Suurin liikevaihto tuli EMEA- alueelta. Saadut tilaukset nousivat 10 prosenttia 5194 miljoonaan euroon verrattuna edelliseen vuoteen. Paperit- liiketoimintalinjan saadut tilaukset laskivat 21 prosenttia 1285 miljoonaan euroon johtuen mm. COVID-19:sta ja Jyväskylän Rautpohjassa sattuneen tulipalon vuoksi. Oman pääoman tuotto (ROE) oli 18 prosenttia ja omavaraisuusaste 49 prosenttia. (Tilinpäätös ja tietoa sijoittajille 2022).

## 2 Tutkimusasetelma

Tutkimusasetelmana eli lähestymistapana tässä opinnäytetyössä käytettiin kehittämistutkimusta. Kehittämistutkimus koostuu pääpiirteittäin kahdesta eri osasta; kehitystyöstä ja tutkimuksesta. Kehittämistutkimus vastaa kysymyksiin mitä, miksi ja miten (Kananen 2012, 25). Aiheena työssä oli uuden paperikoneen viiraosan reunailmastointilaatikon konseptin luominen ja ongelma on niiden huono nykytila, joka haittaa komponenttia ympäröiviä toimintoja. Kysymykseen miten vastaa taas perinteinen kehittämistutkimuksen prosessi, kuten kuviossa 5 on ilmennetty. Koska tätä ilmiötä koskevaa ongelmaa ei voida ratkaista ainoastaan laadullisen tai määrällisen tutkimuksen keinoin, eikä opinnäytetyötä voi suorittaa pelkkänä kehitystyönä, päädyttiin käyttämään kehittämistutkimusta, jonka tukena on käytetty pääasiassa laadullisen tutkimuksen piirteitä.

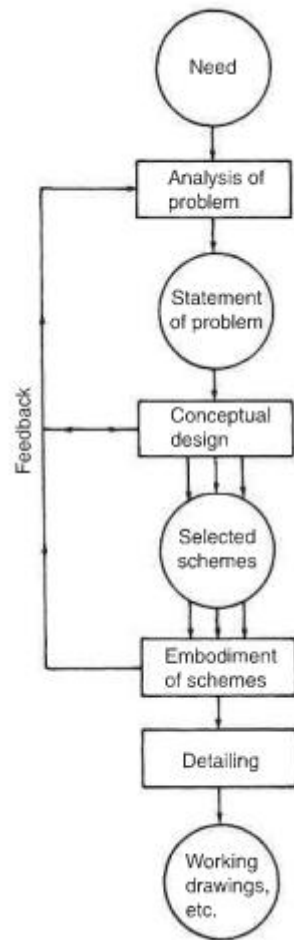


Kuvio 5. Kehittämistutkimus prosessi (Kananen 2012, 52).

Kanasen kehittämistyön vaiheistus onkin hyvä lähtökohta tälle opinnäytetyölle, koska siitä on jätetty pois esimerkiksi perinteiseen Robert Cooperin Stage-Gate tuotekehitysprosessiin kuuluvia vaiheita, joita ei tässä opinnäytetyössä toteuteta kuten markkinakatsaus ja tuotteen julkaisun jäl-

keinen seuranta. Tämä johtuu siitä, että parannetaan olemassa olevaa tuotetta, jolle markkinakatsaus on jo tehty ja työssä pääasiassa kehitettiin konseptia, eikä lopullista suoraan tuotantoon vievää ratkaisua.

Eritoten Kanasen malli ei ole tarkka itse design- vaiheesta, johon tässä opinnäytetyössä keskityttiin. Näin ollen mallia on yhdistetty Michael French:n malliin, joka on esitetty kuviossa 6.



Kuvio 6. Michael French:n malli tuotekehityksestä (Cross 2008, 31).

Tämä malli valikoitui käytettäväksi, koska siinä on myös sisällytettyä palaute ongelman analyysin ja konseptien kuvannollistamisen välisenä aikana, jota yleensä opinnäytetyötä tekevä saa kehitystyön aikana muun ohjeistuksen lisäksi. Työhön kuului myös 3D- mallin luomisen lisäksi teknisten piirustusten teko Catia V6 CAD- ohjelmalla.

Aluksi French:n mallissa, kuten yleensä tuotekehitykseen ryhdyttäessä täytyy olla tarve kehitykselle tai muutokselle. Seuraavaksi selvitetään ongelma tuotteen tai palvelun nykytilassa ja kehitetään sille ratkaisuja ideoinnin ja konseptien avulla. Lopuksi suoritetaan esimerkiksi tässä työssä käytetyllä, myöhemmin esitellyllä matriisivertailulla vaatimusten ja ideoiden vertailu, joka rajaa mahdolliset ratkaisut, joilla työ viedään detail- suunnitteluun ja näin ollen päätökseen.

Cross:n (2008, 32) mukaan French (1999) määrittelee konseptointi vaiheen synnyttävän ongelmaan laajasti ratkaisuja luonnosten ts. ideoiden muodossa. Tässä vaiheessa insinööritieteet, käytännön tietotaito, tuotantomenetelmät ja kaupalliset näkökohdat tuodaan yhteen ja tehdään tärkeimmät tuotekehityksen päätökset. Yhdessä kaikki tämä asettaa suunnittelijalle suuret vaatimukset ja samalla tässä vaiheessa on mahdollisuus tehdä suurimmat parannukset kehitettävään kohteeseen.

## 2.1 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimus yhdistää kehittämistyön ja tutkimuksen syklisessä prosessissa (Edelson 2002; Kananen 2012, 19). Yleinen kysymys on miten kehitystyöstä eli kehittämisestä, jota organisaatioissa tapahtuu koko ajan, saadaan tutkimusta. Kehittämistutkimuksessa on aina alussa jokin muutoksen tarve, johon kehitetään parannus nojaamalla teoriaan. (Kananen 2012, 19; viitattu Barab & Squire 2004)

Kanasen (2012, 25) mukaan kehittämistutkimukseen ei ole olemassa omia menetelmiä, vaan tämän menetelmän käyttäjä joutuu turvautumaan aina määrällisen ja laadullisen tutkimuksen menetelmiin. Peruskysymyksiä, joihin kehittämistutkimus pyrkii yleensä vastaamaan ovat esimerkiksi:

- Mitkä tekijät vaikuttavat kehitettävään ilmiöön?
- Miten tekijät vaikuttavat ilmiössä?
- Miten kehitystyö tai muutos onnistui?
- Millaisia vaikutuksia kehitystyöllä on?
- Miten kehitystyö koettiin?

Nämä kysymykset ovat Kanasen (2012, 25) mukaan todettavia laadullisen tutkimuksen perinteiksi tutkimuskysymyksiksi ja osaan niistä vastaus saadaan käyttämällä määrällisen tutkimuksen tutkimuskysymyksiä.

Tässä kehitystutkimuksessa tärkeimpiä tutkimuskysymyksiä olivat:

- Miksi reunailmastointilaitikoita täytyy kehittää?
- Miten reunailmastointilaitikon konseptin valmistettavuutta ja käytettävyyttä voidaan parantaa?
- Mitä ovat reunailmastointilaitikon vaatimukset?
- Voiko reunailmastointilaitikoista tehdä universaaleja?

## 2.2 Laadullinen tutkimus

Laadullisen eli kvalitatiivisen tutkimuksen tarkoituksena on Kanasen (2012, 29) mukaan jonkin ilmiön kuvaaminen, ymmärtäminen ja siitä mielekkään tulkinnan antaminen. Laadullisella tutkimuksella kehittämistutkimuksessa on siis oma paikkansa kehitystyön aiheen ymmärtämisessä. Laadullisen tutkimuksen yleisimpiä tiedonkeruumenetelmiä ovat mm. havainnointi ja haastattelu (mts. 94-100). Tässä työssä käytettiin yhtenä havainnointi tapana tutkimuspäiväkirjaa, johon kirjattiin päivän jälkeen tiivistelmä tapahtumista sinä päivänä. Näistä kirjatusta havainnoista tehdään jatkuvaa analyysiä työn aikana. Tämä havainnointi keino valittiin, koska se on helppo tapa kerätä muistiin asioita prosessin aikana ja siihen voi palata keräämään ajatuksia, joka johtaa käsityksen ja ymmärryksen kasvuun tutkittavaa ilmiötä kohtaan. Tämän lisäksi työhön kuului paljon ns. arkipäiväistä havainnointia, jota tapahtuu koko ajan lähes huomaamatta. (mts. 97-98)

## 2.3 Määrällinen tutkimus

Määrällisessä eli kvantitatiivisessa tutkimuksessa käsitellään ilmiötä teorioiden ja mallien avulla, eli tutkijalla täytyy olla tutkittavasta ilmiöstä ymmärrystä (Kananen 2012, 31). Tässä tutkimusotteessa käytetään mitattavia arvoja. Määrällistä tutkimusta voi siis käyttää apuna esimerkiksi haastattelussa, tuottaen niiden tueksi erilaisia tilastoja ja numeerisia arvoja. (mts. 32)

## 2.4 Teemahaastattelu

Kuten aiemmin todettu, haastattelu on yksi yleisimmistä tiedonkeruumenetelmistä kehittämistutkimusta tehdessä. Teemahaastattelussa haetaan hyvää kuvausta jostakin ilmiöstä eri kulmista aiheesta lähestymällä. (Kananen 2012, 100). Teemahaastatteluun valitaan henkilöitä sillä perusteella, että tutkittava ilmiö liittyy heihin, kuten tässä työssä esimerkiksi viiran- ja keramiikan vaihto liittyvät reunailmastointeihin, eli näistä operaatioista tietävät henkilöt kuuluvat haastateltavien piiriin. (mts. 100)

Tämän työn aikana suoritettavat haastattelut olivat teemahaastattelun ja avoimen haastattelun yhdistelmiä. Aiheita lähestyttiin eri näkökulmista, mutta kuitenkin annettiin haastateltavana olevan itse puhua vapaasti aiheesta omien kokemusten perusteella.

## 2.5 Kehittämistutkimuksen eettisyys

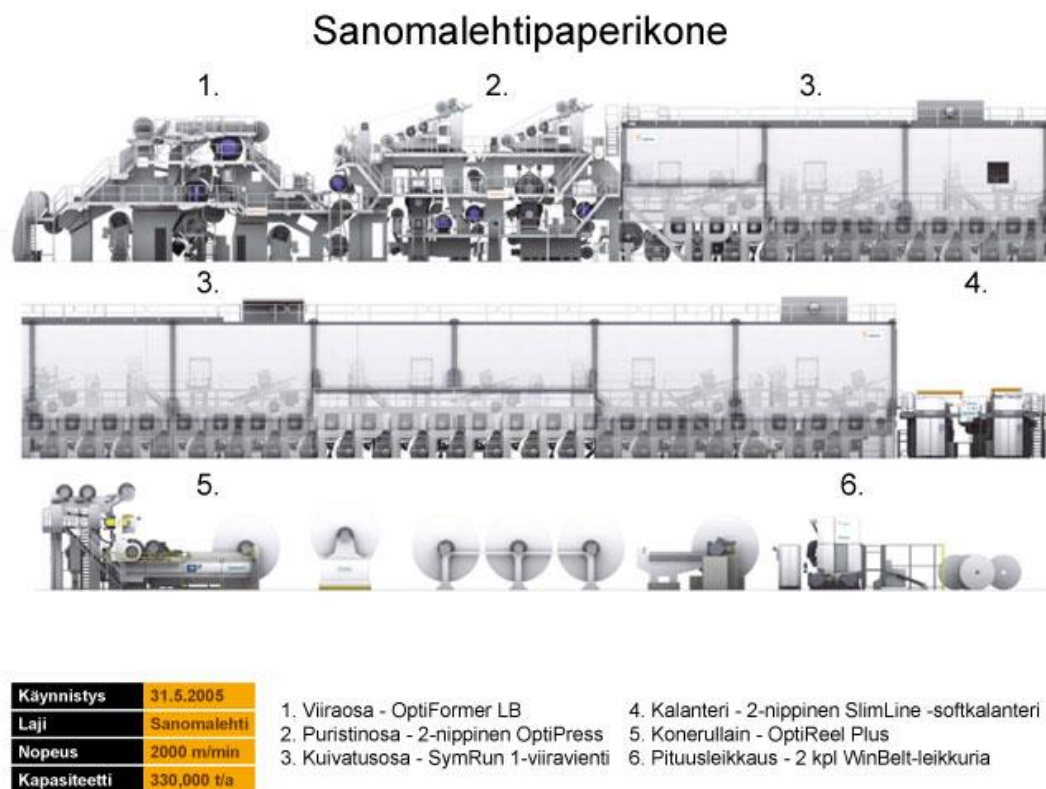
Tässä opinnäytetyössä noudatettiin tutkimuseettisen neuvottelukunnan ja suomalaisen tiedeyhteisön yhteistyönä laadittua ohjetta hyvästä tieteellisestä käytännöstä. Ohjeeseen sisältyviä toimintatapoja eli rehellisyyttä ja yleistä huolellisuutta noudatettiin tutkimustyössä, tulosten esittämisessä ja tallentamisessa sekä tutkimusten ja niiden tulosten arvioinnissa (Hyvä tieteellinen käytäntö 2023). Tutkimuksessa lähteitä käytettiin Jamk:n ohjeiden mukaan, eikä muiden töitä plagioitu sekä lähteiden arvioinnissa käytettiin lähdekriittisyyttä. Haastatellut henkilöt omaavat riittävästi työkokemusta, jotta heidän sanomaansa voidaan käyttää luotettavana tietona. Tutkimus toteutettiin käyttämällä tieteellisen tiedon luonteeseen kuuluvaa avoimuutta sekä vastuullista tiedeviestintää. (mt. 2023)



### 3 Tietoperusta

#### 3.1 Paperikone

Paperin valmistusprosessissa raaka-ainekomponentit kuten puukuidut, kemialliset lisäaineet ja päällystysaineet sekoitetaan veteen, josta muodostuu massaseos joka levitetään paperikoneen linjalle tasaisena massarainana. Tämä tapahtuu niin kutsutussa märässä päässä paperikonetta, jossa myös former- eli viiraosa sijaitsee (ks. kuvio 7). (Paperin ja kartongin valmistus – tiivistelmä 2023)



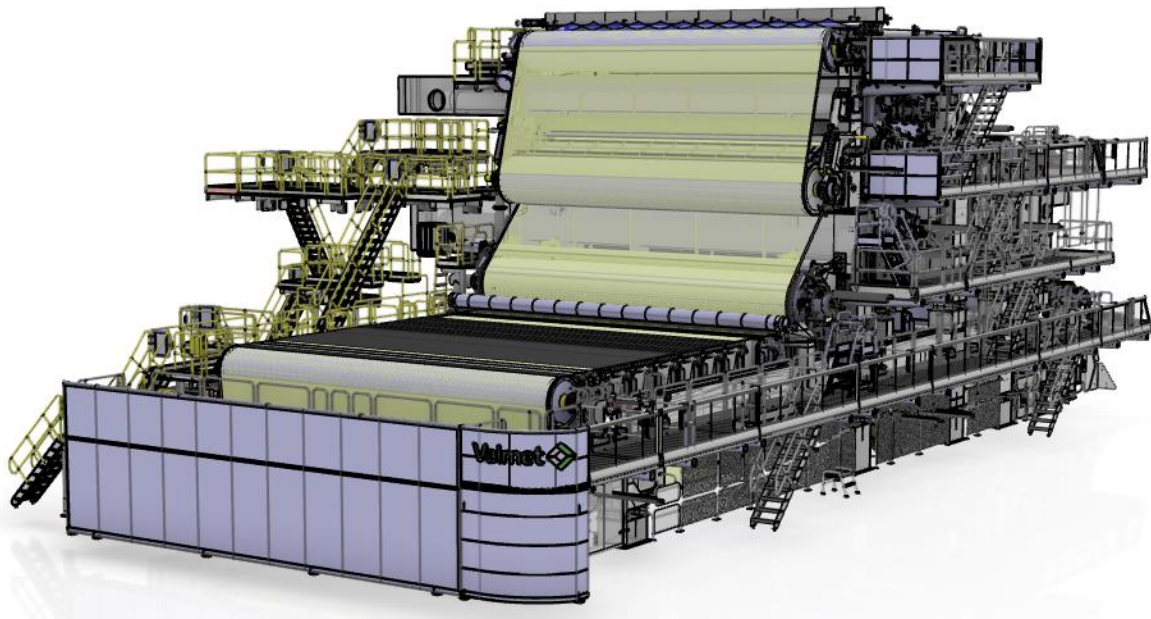
Kuvio 7. Eräänlainen paperikoneen rakenne (Paperin ja kartongin valmistus – tiivistelmä 2023).

Koneenosaa, josta massaseos suihkutetaan tasaisesti viiraosalla kulkevalle viiralle on perälaatikko. Rainan kulkiessa viiraosalla siitä poistuu noin 98 prosenttia vettä ja sen kuiva-ainepitoisuus nousee noin 16-20 prosenttiin. Viiraosalta raina siirretään alipaineen avulla puristimelle, jossa rainasta poistetaan kosteutta puristamalla sitä huopien tai huovan ja sileän telan väliin. Kosteuden poistamisen lisäksi puristin myös tiivistää rainaa, joka mahdollistaa kuitujen välisten sidosten muodostumisen. Rainan poistuessa puristimelta sen kuiva-ainetaso on laajalti rainan lajista sekä puristimesta riippuen noin 35-50 prosenttia. (Paperin ja kartongin valmistus - tiivistelmä 2023)

Puristimelta raina kulkee kuivatusosalle, jossa vettä haihdutetaan tuomalla radalle lämpöä, joka haihduttaa vettä pois rainasta, jonka jälkeen rainasta irronnut vesi poistetaan radan läheisyydestä ilmavirtaa käyttämällä. Yleisimmät menetelmät kuivatukseen ovat sylinteri, puhallus ja säteilykuivatus. Sylinterikuivatuksessa raina kulkee useiden sylintereiden ympäri, joissa on sisällä lämpölistat, jotka lämmittävät sylinteriä ja näin ollen rainaa. Puhalluskuivatuksessa nimensä mukaisesti koneellisesti puhalletaan rainaan, joka aiheuttaa kosteuden poiston. Säteilyskuivatuksessa käytetään samaa ideaa, kuin sylinterikuivatuksessa, mutta lämpöä säteilevä laite on sijoitettu rainan viereen ja se säteilee rainaan lämpöä, joka poistaa kosteutta. Kun kuivatusosalla saavutetaan noin 70-80 prosentin kuiva-ainepitoisuus, syntyy rainassa olevien kuitujen välille vetysidoksia, jotka saavat paperin pysymään koossa. Kuivatusosan jälkeen kuiva-ainepitoisuus on 90-96% riippuen paperilajista ja paperi on valmis jälkikäsittelyihin kuten kalanterointiin tai päällystyksen vaatimuksien mukaan. Kalanteroinnissa muovataan mm. paperin paksuutta ja pintaominaisuuksia. (Paperin ja kartongin valmistus – tiivistelmä 2023)

### **3.2 Viiraosa**

Viiraosalla on tärkeä rooli paperikoneen rainanmuodostusprosessissa. Muun muassa tärkeät ominaisuudet kuten paperin neliömassavaihtelu- eli paperin rakenteen tasaisuus, läpinäkyvyys, huokoisuus, sileys, vetolujuussuhde ja paperin silmin nähtävä tasaisuus riippuvat viiraosasta. (Yleistä rainanmuodostuksesta 2023)



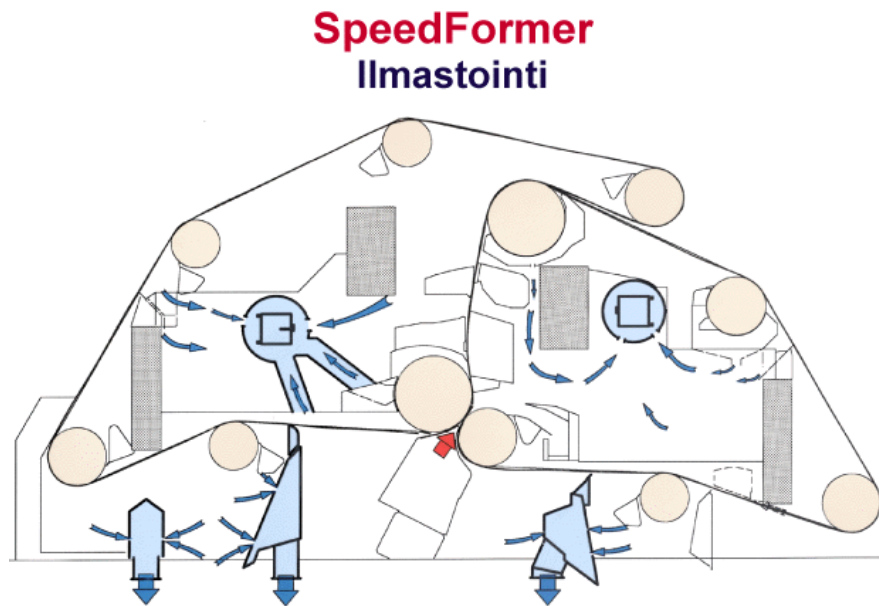
Kuvio 8. Optiformer Multi ja Optiformer Hybrid SB viiraosa (Valmet 2023).

Vedenpoisto viiraosalla perustuu viiran läpi suotautumiseen, jota toteutetaan eri tavoin kuten alipaineella tai ajamalla viiraa kaavaavien kiilamaisten listojen ts. vedenpoistoelementtien tai keramiikkojen yli. Nykyään käytetään tyypillisesti molempia tapoja, kuten esimerkiksi kuvion 8 koneessa. Riittävän kuiva-ainepitoisuuden saavutus on tärkeä tehtävä viiraosalla, jotta rainan siirto puristimelle olisi ongelmaton. (Yleistä rainanmuodostuksesta 2023; Asiantuntija 3 2023)

### 3.2.1 Viiraosan ilmastointi

Viiraosalla rainasta ei ainoastaan poistu vettä, vaan sen mukana siitä irtoaa massassa olevia kuituja ja muita likaavia partikkeleja. Koska irtoavat partikkelit ovat suurimmaksi osaksi kosteaa massaa, se voi kerääntyä epäsuotuisiin paikkoihin aiheuttaen paperiin laatuongelmia ja ratakatkoja sekä koneeseen kohdistuvia ajettavuusongelmia kuten telojen päälle massakertymiä tai massan kulkeu-

tumista takaisin kierron alkuun aiheuttaen radalle paukkuja, jotka taas eteenpäin kulkeutuessa puristimelle voivat aiheuttaa lisää haittaa. Edellä mainitut asiat voivat johtaa jopa konerikkoon. (Viiraosan ilmajärjestelmät 2023; Asiantuntija 1 2023)

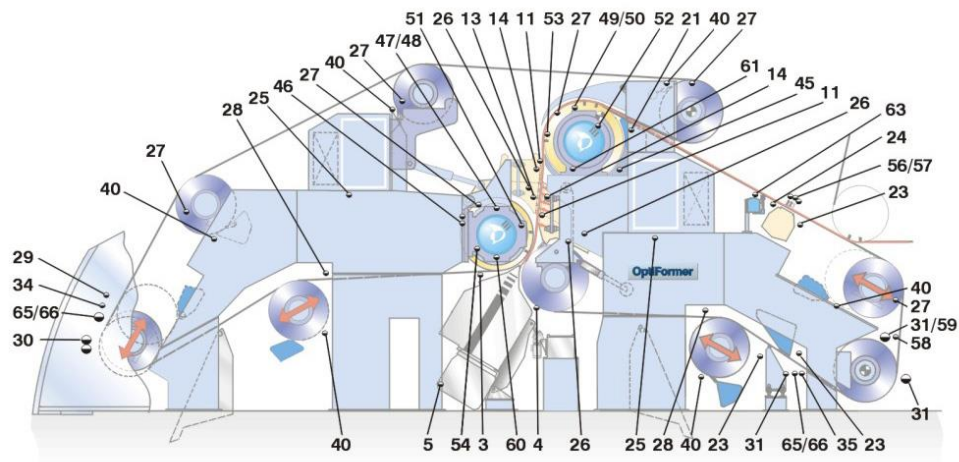


Kuvio 9. Esimerkki ilmastoinnista SpeedFormer- viiraosalla (Viiraosan ilmajärjestelmät 2023.)

Toinen ongelmallinen ilmiö, joka syntyy viiraosalla ja jota ilmajärjestelmät (ks. kuvio 9) koittavat ehkäistä on vesisumu, jota nopeasti liikkuva viira kuljettaa mukanaan rataa pitkin ympäri viiraosaa muiden partikkeleiden lisäksi. Mm. konosalin ilmastoinnille suurin kuormitus tulee vesisumusta. Vesisumun ja likaavien partikkeleiden leviämistä viiraosalla estetään esimerkiksi ohjaamalla vesi- ja ilmavirtoja koteloinneilla ja pintojen muotoilulla. Ennen ilman ohjaamista ulos siitä myös erotetaan vesi ja partikkelit yleisimmin keskipakoisjärjestelmällä. Myös yksi massa kerääntymiä ehkäisevä järjestelmä, vesisuihkut ovat osasyynä vesisumuun, näistä esimerkki kuviossa 10. Edellä mainituilla ehkäisevillä menetelmillä on tutkimusten mukaan suuri vaikutus koko paperikonelinjan hyötysuhteeseen esimerkiksi pesuseisokkien tarpeen vähenemisen kautta. (Viiraosan ilmajärjestelmät 2023.)

## OptiFormer

Suihkuputket (kuormitettavat listat)

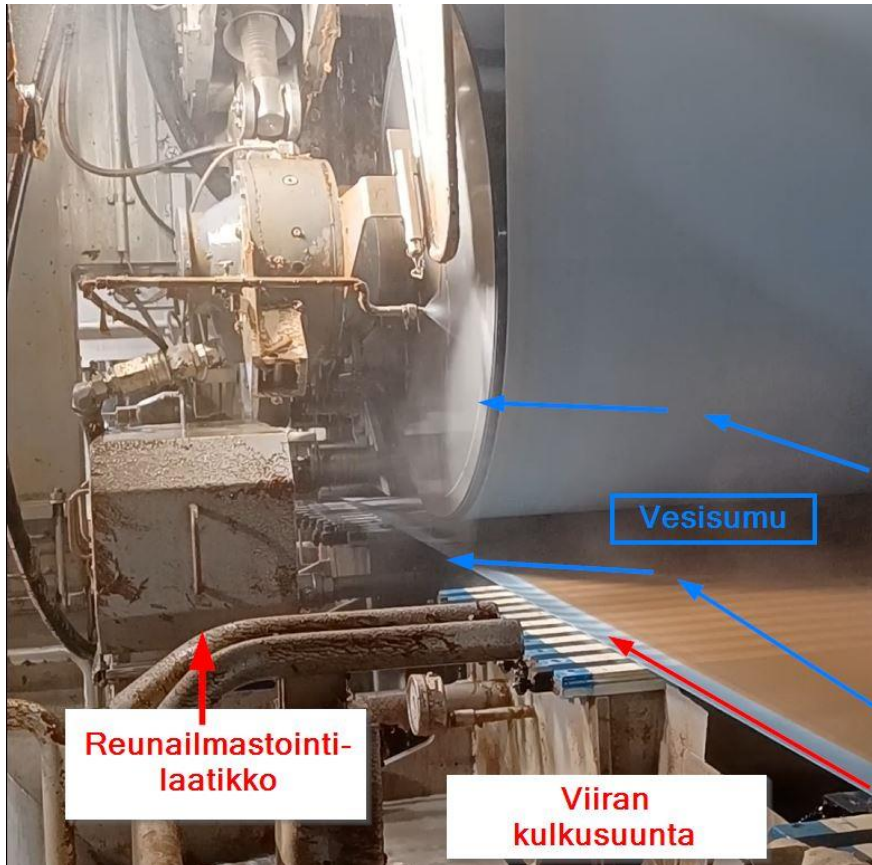


Valmet 

Kuvio 10. Vesisuihkujen positioita OptiFormer- viiraosalla (Viiraosan ilmajärjestelmät 2023).

### 3.2.2 Reunailmastoinnit

Työn aiheena olleiden reunailmastointilaatikoiden tehtävänä on toimia ns. imurin suulakkeena ja ne imevät vesisumua, jota viira kuljettaa esimerkiksi etutelan eteen. Tälle alueelle syntyy ylipaine, joka aiheuttaa vesisumun leviämisen sivuille kun se törmää telaan kuten nähty kuviossa 11.



Kuvio 11. Reunailmastointilaatikko imemässä vesisumua.

Työn aikana tehtyjen havaintojen, haastatteluiden ja ideointipalaverin perusteella näiden laatikoiden tulisi olla peittävyydeltään mahdollisimman hyviä, mahdollisimman lähellä telaa jotta vesisumua pääsee ohi laatikosta esimerkiksi runkojen päälle mahdollisimman vähän. Nämä ovat nykyisten ratkaisujen toiminnallisuuden ongelmia. Muun muassa näitä ongelmia yritettiin ratkaista myöhemmin esiteltyjen tälle työlle määriteltyjen vaatimusten avulla.

Reunailmastointilaatikoiden toimintaa on parannettu esimerkiksi lisäämällä laatikoiden suuaukolle keskilevy joka jättää ainoastaan laatikon aukon reunat auki, joka aiheuttaa paremman sieppausnopeuden laatikon reunoille ja näin ollen laatikko sieppaa myös ohi menevää ilmaa reunoilta käsin kiihdytetyllä imunopeudella. Koneen poikkisuunnassa olevien pääilmastointiputkien ja niistä ylös

päin lähtevien, radan läheisyyteen nousevien yhdeputkien poikkipinta-alat täytyy mitoittaa Valmetin ilmastointiohjeen mukaan niin, että ilmastoinnin teho säilyy optimaalisena.

### 3.3 Koneturvallisuus

Koneturvallisuusstandardia SFS-EN-1005-2:2003+A1:2008 on noudatettu mahdollisimman pitkälle tämän opinnäytetyön suunnitteluvaiheessa. Standardi määrittää koneensuunnitteluun ergonomisia suosituksia, jotka koskevat käsin tehtävää yli 3 kg painavien koneiden ja koneiden osakomponenttien käsittelyä ammattimaisessa sekä kotitalouskäytössä (SFS-EN-1005-2:2003+A1:2008, 5).

Edellä mainittu standardi asettaa suosituksia muun muassa käsiteltävän koneenosan massalle, sen jakautumiselle, osan koolle, sen kahvoille, käytön taajuudelle sekä osan käsittelyn ergonomialle monin tavoin (SFS-EN-1005-2:2003+A1:2008, 7-9).

Tässä työssä tärkeässä osassa oli kappaleen massa, sen kahvat sekä painopiste. Yhden henkilön nostama osa ei saa painaa yli 25 kiloa, kahvojen tulee olla riittävän tilavat ihmisen kädelle, niistä tulisi olla helppo tarttua ja pitää kiinni sekä painopisteen täytyy olla mahdollisimman keskellä kappaletta ja jakautua molemmille käsille nostettaessa mahdollisimman tasaisesti (SFS-EN-1005-2:2003+A1:2008).

### 3.4 Tietokoneavusteinen suunnittelu

Insinöörit ja suunnittelijat käyttävät säännöllisesti CAD- eli tietokoneavusteisia suunnittelu ohjelmia. CAD- ohjelmilla pystyy luomaan kaksi- tai kolmiulotteisia esityksiä esimerkiksi tuotteista tai järjestelmistä. Esityksien luominen auttaa ohjelmiston käyttäjää optimoimaan ja hiomaan designin oikeanlaiseksi ennen kuin tuote valmistetaan oikeasti. CAD- ohjelmilla pystyy myös luomaan teknisiä piirustuksia, joihin sisällytetään mm. mitta- ja toleranssitietoja, jotka ohjaavat tuotteen valmistusta (Chiradeep 2022).

CAD on nykyään ratkaisevan tärkeä työkalu tuotteiden suunnittelussa, joka mahdollistaa tuotteiden kehityksen, testauksen ja optimoinnin turvallisessa simuloitussa ympäristössä ilman oikeaa fyysistä tuotetta tai prototyypin valmistusta (Chiradeep 2022).

### 3.5 Teollinen muotoilu

Teollinen muotoilu tarkoittaa teollisesti valmistettävien tuotteiden muotoilua niin, että tuotteista tulisi käytettävyydeltään, estetiikaltaan ja ekologisuudeltaan mahdollisimman hyviä (Jokela 2021).

Teollisen muotoilun osuus tässä työssä kohdistui eniten tuotteen muotoon kahdella eri tavalla sekä käytettävyyteen mukailien koneturvallisuusstandardia. Tuotteen täytyi olla designiin istuva, joka tarkoittaa sitä että tuote näyttää kuuluvan muuhun ympäröivään rakenteeseen. Lisäksi reunailmastointilaatikossa ei tulisi olla suuria vaakasuuntaisia pintoja, jotka keräävät likaa aiheuttaen ongelmia koneen ajettavuudessa, kuten edellä selitetty.

## 4 Reunailmastointilaatikoita koskettavat kunnossapitotoimenpiteet

### 4.1 Viiran vaihto

Viiraosan suodatinkangas eli viira joudutaan vaihtamaan silloin, kun sen ajo-ominaisuudet eivät ole enää riittävät. Viiran vaihdon aikaväliin vaikuttaa monet tekijät, kuten ajonopeus ja ajettava massa (Asiantuntija 2 2023). Viiran puhtaanapito on tärkeää vedenpoistokyvyn kannalta. Vaihtoa voi aikaistaa esimerkiksi raina, joka on juuttunut viiran rakenteeseen ja aiheuttaa ylimääräistä kulumaa viiraan. Lähivuosina viiran puhtaanapidon tärkeyteen vaikuttaneita asioita ovat esimerkiksi viirojen pidentynyt elinikä sekä lisääntynyt kierrätysmateriaalien käyttö rainassa. Kuluessaan viiraa on hankalampi pitää puhtaana ja esimerkiksi OCC (Old Corrugated Container)- kierrätysmassoista irtoaa kuviossa 12 näkyviä liimajäämiä, jotka tarttuvat viiraan ja keräävät mukaansa muuta likaa radan varrelta (Märkäviiran kunnossapito 2023).



## Tahmolikoja viiran paperipuolella



Kuvio 12. Liimajäämiä viirassa (Märkäviiran kunnossapito 2023).

Viiran vaihto tapahtuu raottamalla koneen runkoa joko kantileveeraus- menetelmällä tai FIU (Fabric Insertion Unit)- laitteella. Kuviossa 13 viiraa kannatellaan käyttämällä apuna salkoja, jotka asetetaan niille määrättyihin paikkoihin koneen rungostossa ja vetämällä viira näitä salkoja pitkin koneen sisään tarraimia käyttäen.

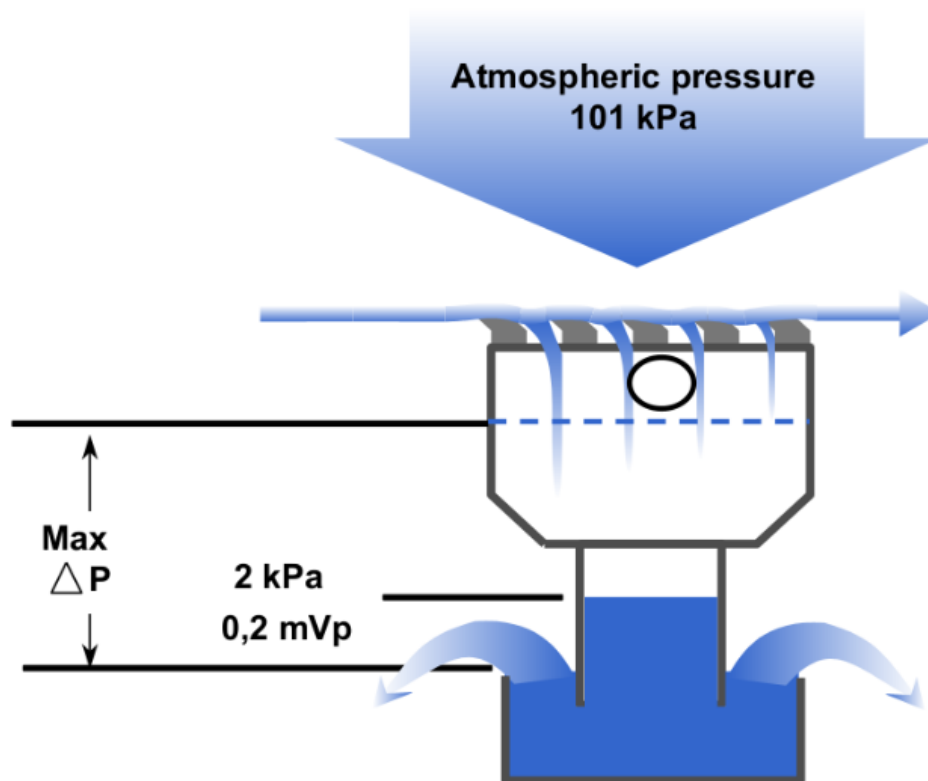


Kuvio 13. Viira kannateltuna saloilla (Valmet 2023).

Asiantuntijan 2:n mukaan reunilmastoinnit eivät ole olleet suuri vaiva viiran vaihdossa, vaan niiden poisto viiran tieltä on ollut vain yksi työvaihe muiden seassa. Asiantuntija koki, että olisi hyvä jos laatikoiden rakennetta ja käytettävyyttä parannettaisiin niin että nosturia ei tarvitsisi enää käyttää niiden nostoihin tai niin ettei laatikkoa tarvitsisi enää nostaa pois vaan ratkaisu olisi kiinteä ja käytöltään mahdollisimman looginen.

## 4.2 Keraamisten listojen vaihto

Keramiikkojen tehtävänä on poistaa vettä radalta kaavaamalla. Listojen väliin muodostuu paineeroja, jotka edesauttavat veden suotautumista viiran läpi, kun se kulkee listojen yli kuten kuviossa 14.



Kuvio 14. Vedenpoisto Vacufoil- imulaatikolla (Valmet 2023).

Kuviossa 14 listat ovat harmaalla sinisen vaakasuuntaisen nuolen alla. Imulaatikkoon joka on listojen alapuolella luodaan alipaine joka edelleen vahvistaa veden suotautumista pois radalta.

Keraamiset listat ovat asennettuna kiilamaisen uran avulla imulaatikon rungossa, josta ne täytyy suoraan vetämällä ottaa pois ja samaan tapaan asentaa uudet tilalle, joten listojen vaihto vaatii tilaa noin koneen leveyden verran koneen poikkisuunnassa. Listojen lisäksi myös koko kansi, jossa listat ovat kiinni voidaan joutua vaihtamaan. Kannen vaihto tapahtuu suotuisimmalla tavalla, joka imulaatikon positiossa toimii. Tyypillisin tapa vaihtaa kansi on myös vetämällä sivulle, mutta niitä voidaan myös nostaa (Asiantuntija 3 2023).

## 5 Kehitystyö

### 5.1 Aloitus

Työn aloituksessa käytiin toimeksiantaja yrityksen ohjaajien kanssa palaveri, jossa käytiin tarkemmin läpi kehitettävä tuote ja referenssi kokoonpanoja, joissa reunailmastointilaatikoita on käytössä. Palaverissa myös käytiin läpi kevyesti syitä reunailmastointien olemassaoloon sekä ympäröiviä koneenosia ja niiden toimintaa. Syvempi tutustuminen ympäristöön sekä huomioitaviin kunnossapitotehtäviin tapahtui itsenäisesti ja/tai aiemmin esitellyn vapaan- ja teemahaastattelun avulla.

Nopeasti tyypillisiin ympäristöihin ja Valmetin sisäisen ilmastointikanavaohjeeseen tutustumisen jälkeen haastateltiin kolmea asiantuntijaa. Haastateltavilta kysyttiin jatkokysymyksiä sekä mahdollisia hyödyllisiä dokumentteja työn suhteen. Koska haastatteluihin jätettiin vapaan keskustelun mahdollisuus, saattoi tämä saattaa haastateltavan kertomaan jotakin, jota ei välttämättä haastattelevalta olisi osannut kysyä, jos haastattelumuoto olisi ollut teemahaastattelu. Haastattelujen jälkeen muistiinpanot tiivistettiin ja nämä tiivistetyt tiedot antoivat paljon arvokasta lisätietoa työn toteutusta varten.

Haastatteluissa saatuja tietoja voidaan pitää luotettavana, koska haastateltavina olleet henkilöt olivat haastattelun aihealueen ydinosajia ja näin ollen pystyivät vastaamaan kysymyksiin asiantuntevasti.

### 5.2 Tutkimus

Haastattelujen suorituksen jälkeen ja aikana tutkija suoritti syvempää tutkimusta esimerkiksi ilmastointiohjeen asettamiin vaatimuksiin ja rajoituksiin sekä tarkemmin tutkimalla ilmastoinnin toimintaa paperikoneessa. Koska tutkija oli aiemmin työskennellyt toimeksiantaja yrityksessä, oli siellä käytettävien ohjelmistojen käyttö nopeaa ja vaivatonta, joten siihen ei mennyt ylimääräistä aikaa. Tutkijan aiemmat työtehtävät yrityksessä olivat kuitenkin olleet eri aihealueeseen kuuluvia, joten kaikkeen, mitä ei ymmärretty pyydettiin tarkennusta tai ohjeistusta.

Myös jo ennen varsinaista ideointi vaihetta tutkija pohti eri tapoja valmistaa uusi reunailmastointilaatikko sekä sitä, kuinka laatikko väistää esimerkiksi viiran kun sitä vaihdetaan. Tässä vaiheessa tutkija rajasi pois joitakin valmistusmetodeja, kuten esimerkiksi syväveto. Tämä valmistustapa sopiikin kohtuullisen suuren vuosivolyymin omaaville tuotteille, jotta kyseiset tavat olisivat kannattavia (Mäki-Mantila 2001, 22). Reunailmastointilaatikoiden vuosivolyymi on yleisellä tasolla matala, joten syväveto valmistustapana ei olisi ollut taloudellisesti järkevä.

### 5.3 Vaatimuslista

Työhön liittyen tehtiin vaatimuslista, jota ideoiden tulisi palvella mahdollisimman hyvin. Työtä aloittaessa jotakin vaatimuksia oli jo listattu, mutta työn edetessä nämä vaatimukset joko tarkentuivat tai niitä tuli lisää. Vaatimuksilla on tyypillisesti projektin alkuvaiheessa kolme tyyppiä, jotka määrittävät jo alussa niiden keskimääräistä tärkeyttä; K eli kiinteä- ja M eli minimivaatimus sekä T eli toive. Kiinteä vaatimus on sellainen, että sen täytyy toteutua niin kuin kuvattu, tai olla arvoltaan juuri sellainen kuin kuvattu. Minimivaatimuksella on yleensä lukuarvo tai kuvaus, jota vaatimuksen täytyy vähintään noudattaa, mutta se voi olla myös lukuarvoltaan enemmän tai parempi kuvatussa ominaisuudessa. Toiveet taas ovat yksinomaan toiveita, eikä niiden toteutumiseen käytetä ylimääräisiä resursseja projektissa.

Tärkeimpiä vaatimuksia tässä vaiheessa työtä olivat käytettävyys, viiraosalla käytettävien pesuaineiden kesto, valmistuksen helppous sekä laatikon saranointi tms. tapa, jolla laatikon saa helposti pois viiran- tai keramiikan vaihdon edestä pois. Yksi tärkeä vaatimus, joka lisättiin vaatimusten joukkoon työn ideointivaiheessa on Valmetin Modular Way- mukailevuus. Tällä tarkoitetaan tässä työssä sitä, että laatikoiden tulee olla universaaleja sopiakseen Valmetin modulaariseen paperikoneympäristöön ja olla rakenteeltaan yksinkertaisia, ei ns. ylisuunniteltuja. Tähän huomiota kiinnittämällä suunnitteluvaiheessa voidaan mahdollisesti luoda sellainen tuote, joka elinkaarensa ajan pysyy yhdenmuotoisena, eikä siitä tarvitse tehdä positiospesifejä versioita, kuten nykyisille reunailmastointilaatikoille on esimerkiksi käynyt.

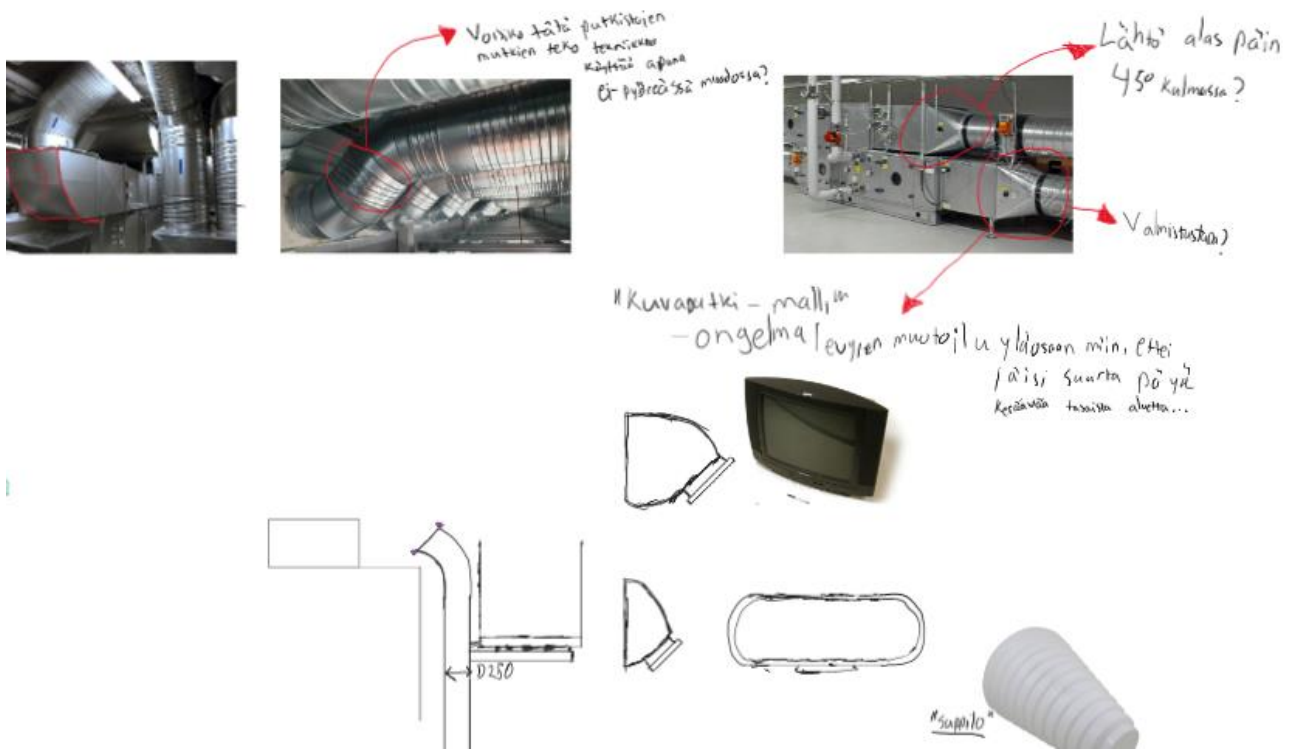
Vaatimuslistan tarkennetut ideat vertailtiin toisiinsa nähden käyttämällä vertailumatriisi- työkalua, joka oli luotu Microsoft Excel- sovelluksessa. Työkalu auttaa määrittämään vaatimusten tärkeyttä ja näin ollen niiden painoarvoja työhön. Myöhemmässä vaiheessa näitä vaatimusten painoarvoja käytettiin apuna ideoiden vertailussa keskenään. Työn lähtötason vaatimuslista, tarkennettujen

vaatimusten pistematriisi ja ideoiden vertailumatriisi ovat liitteessä 1. Tällaisten työkalujen käyttö luo perusteltua näkökulmaa eri ideoiden sekä vaatimusten vertailuun, eikä näin ollen tämä tärkeä vaihe tuotekehityksessä jää pelkkien ajatusten ja mielipiteiden varaan.

## 5.4 Ideointi

Virallisesti ideointi- vaiheeseen siirtyessä työn aikana tutkija oli saanut selkeän kuvan siitä, millainen reunailmastointilaatikon tulisi olla kooltaan ja muodoltaan, jotta se mahtuu kaikkiin positioihin joissa sitä käytetään. Ideoinnin alkuvaiheessa luotiin useita skissauksia ja käytettiin aivoriihi-ideointitekniikan ideologiaa, jossa ideoita keksitään paljon ja kaikki niistä kirjataan ylös tai skissailaan. Tässä ideointitekniikassa on tärkeää, ettei ideointia rajoiteta kritiikillä sillä tämä voi aiheuttaa mahdollisen hyvän idean jättämisen pois jo ideointivaiheen alussa ilman mahdollisuutta kehitykseen.

Aluksi ideoinnin tukena käytettiin paljon internetistä haettuja kuvia esimerkiksi teollisuuden ilmastointikanavoinneista yms. mistä voisi löytyä sopiva muoto jota laatikolle koitettiin hakea. Tällaisia muotoja oli esimerkiksi vanhoissa kuvaputkitelevisioissa, asuntovaunujen ilmastointiräppänoissä tai lastenrattaiden kuomuissa, näistä referensseistä johdettuja skissauksia on kuviossa 15. Lisää ideointivaiheen skissauksia on liitteessä 2.



Kuvio 15. Alkuvaiheen ideointia ja skissauksia.

Tässä vaiheessa ideoinnin lisäksi tutkija tutustui lisää muovin mahdolliseen käyttöön reunailmastointilaitteissa joko osittain tai koko rakenteen valmistus mielessä. Muovien käyttöön suurimman haasteen asetti kemikaalipesut, joita viiraosalla tehdään. Pesuaineet, joita viiraosilla ympäri maailman käytetään voivat olla hyvin erilaisia johtuen siitä, ettei Valmet suoraan anna määräyksiä asiakkailleen käytettävistä pesuaineista tai niiden sekoitusten voimakkuuksista. Pesuaine voi siis mahdollisesti olla pääasiassa happoa tai emästä.

Tämän vuoksi monet muovit rajautuivat pois niiden heikon kemikaalien keston tai hinnan vuoksi. Kuitenkin yksi muovi paljastui hinnaltaan hyväksi ja kemikaalien kestoaltaan sopivaksi, HDPE eli High Density Polyethylene. Yksi suuri ongelma joissakin muoveissa oli myös niiden veden imeytyminen. Tätä ongelmaa ei HDPE:ssä myöskään ollut, joten se täytti kaikki kemialliset ja mekaaniset vaatimukset mahdolliseen käyttöön viiraosan olosuhteissa.

Myös yhdessä ideassa oli mukana kangas, joka kestää viiraosan olosuhteet. Kyseessä oleva kangas on hitsauskangasta, joka on molemmin puolin pinnoitettu silikonilla. Tämä idea meni jatkoon ideointivaiheesta ja on nähtävänä myöhempänä tässä työssä.

## 5.5 Ideointipalaveri

Kun ideointia oli tehty sen verran, että hyväksi todettuja ideoita oli keksitty muutama, järjestettiin ideointipalaveri johon kutsuttiin kaikki Wet endin tuotekehitysryhmän jäsenet viimeiselle ideointikierrokselle.

Ideointipalaverissa esiteltiin aluksi hyväksi todetut jo tulleet ideat jonka jälkeen käytiin keskustelua liittyen reunailmastointilaatikoihin sekä tehtiin arvokkaita huomioita työhön ja reunailmastointilaatikoihin liittyen. Yhtenä huomiona mainittakoon tarkentuneet vaatimukset sekä yksi uusi vaatimus, joka lisättiin aiemmin mainittuun ideoiden vertailuun.

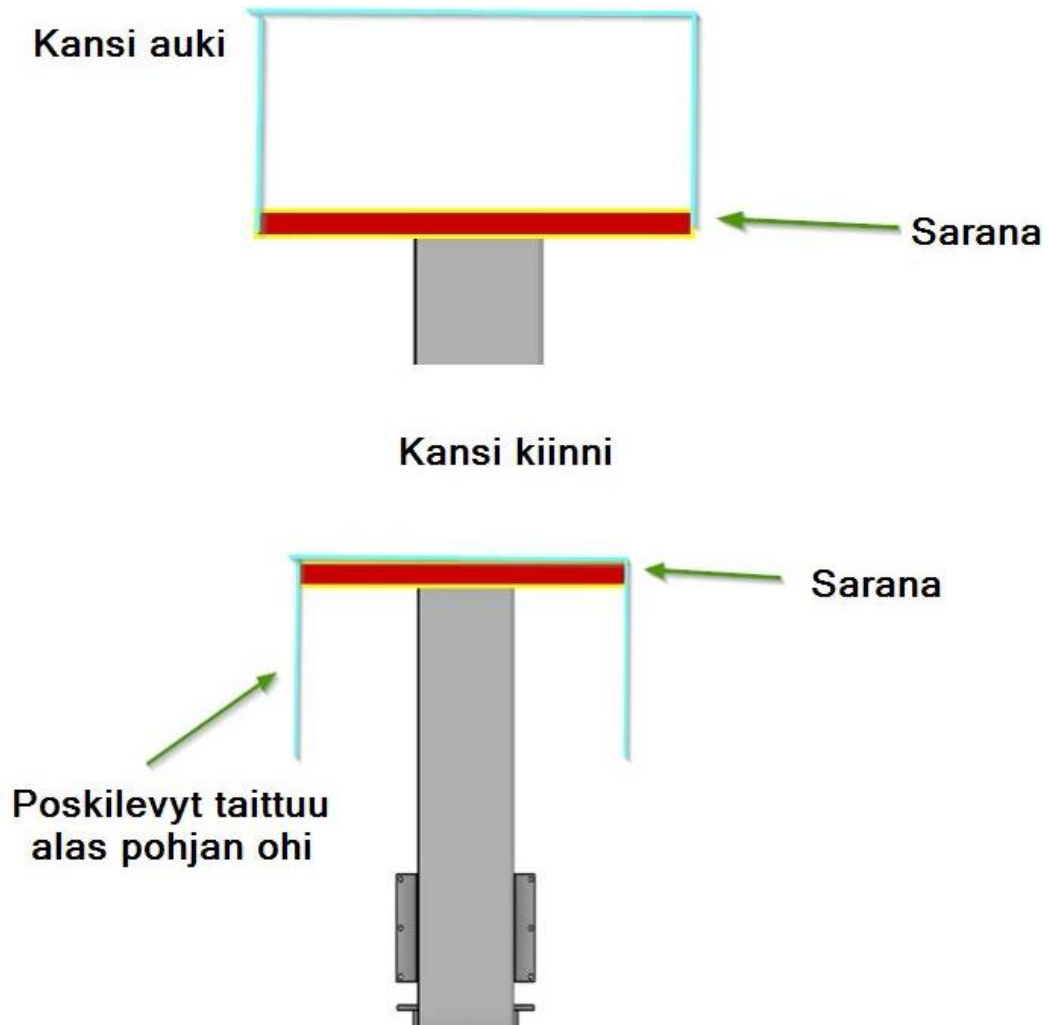
Keskustelujen jälkeen pidettiin ideointisessio, jossa palaveriin osallistuneet ohjattiin ideoimaan joko tutkijan antamien skissailupohjien avulla tai vapaasti tyhjälle paperille. Kun ideointi oli saatu päätökseen ja palaveri oli ohi, tutkija loi summatun muistion ideointisession ideoista ja tärkeimmistä havainnoista palaverissa, joista oli apua esimerkiksi konseptien 3D- mallien luomisen aikana.

Tuotekehitysryhmän yleisimmät hyvät ideat yhdistettiin ja näiden pohjalta ideoitiin vielä hieman lisää luoden kaksi ideaa, joista toinen pääsi konseptointiin asti. Palaverissa myös vahvistui ajatus laatikosta, joka olisi saranoitu sillä moni tuotekehitysryhmän jäsen oli irrotettavaa rakennetta vastaan. Myös näin suuren ryhmän yhteen tuomisella oli muita suuria hyviä puolia kuten esimerkiksi se, että palaverin jälkeen tutkijalle oli muodostunut suuren ryhmän yleinen mielipide siitä, millaisia reunailmastointilaatikoiden tulisi olla.

## 5.6 Konseptointi

Konseptointi vaihe alkoi asettamalla viisi tutkijan parhaaksi näkemää ideaa aiemmin mainittuun liitteen 1 vertailumatriisiin. Tässä vertailumatriisissa käytettiin vaatimuksille aiemmin muodostettuja painoarvoja pisteyttämään kuinka hyvin kukin idea suoriutuu missäkin vaatimuksessa. Viisi ideaa, jotka olivat vertailumatriisissa ovat esitelty kuvioissa 16-20.





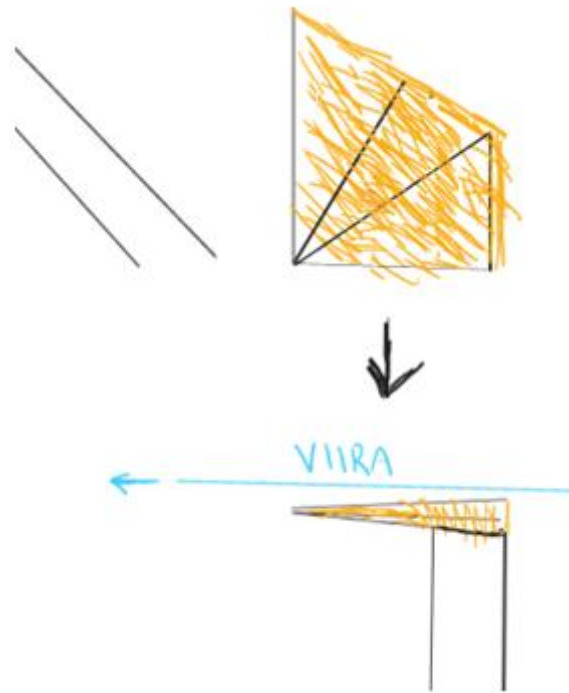
Kuvio 16. Idea 1 vertailumatriisissa.

Ensimmäinen idea olisi teräs levystä valmistettu kiinteä pohja, jonka päälle asennettaisiin saranoiden avulla varustettu kansi, joka koostuu laatikon sivuista ja katosta. Kunnossapitotoimenpiteiden aikana laatikko olisi saranoiden avulla käännettävissä koneeseen päin ns. kanneksi yhdeputken päälle.



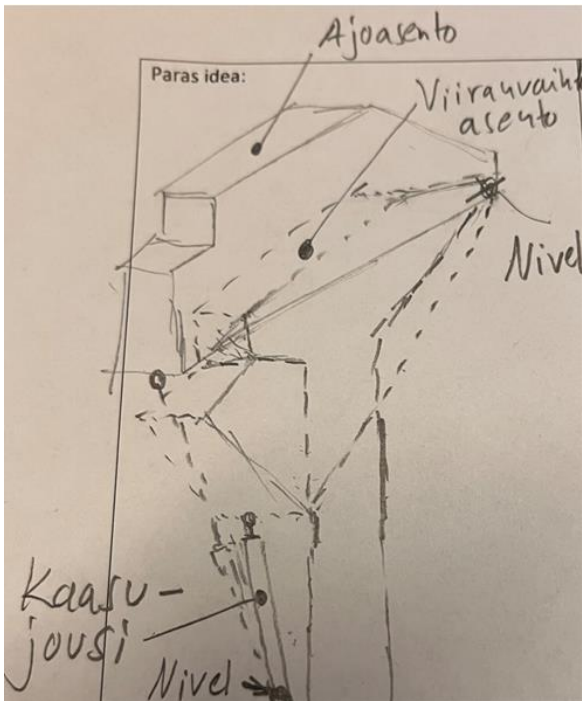
Kuvio 17. Idea 2 vertailumatriisissa.

Toisena ideana oli luoda em. vielä vanhemman designin mukainen suuri reunaimastointilaatikko HDPE muovista. Laatikko olisi poistettava kunnossapitotöiden tieltä, mutta se olisi kevyempi kuin teräksinen vanha versio ja vastaisi monen tuotekehitysryhmäläisen toiveeseen suuresta, peittävästä rakenteesta kuten kuvion 17 vanha reunaimastointilaatikko.



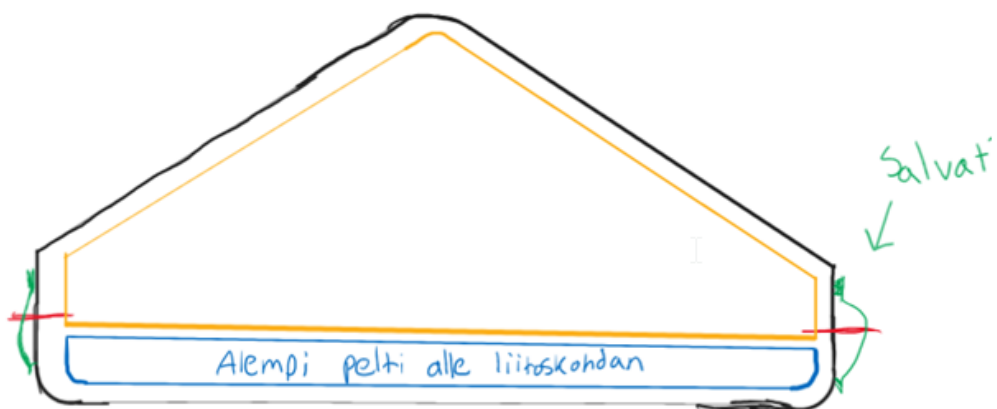
Kuvio 18. Idea 3 vertailumatriisissa.

Kolmas idea oli saanut alkunsa lastenrattaiden kuomuosasta. Rakenne olisi yhdistelmä teräskehikkoa ja eräänlaista hitsauskangasta, joka kestää viiraosan olosuhteet. Kankaan alla oleva putkikehikko olisi saranoitu koneen puolelta ja se kaatuisi kasaan hoitosiltaa kohti. Rakenne olisi siis kiinteä ja näin ollen käytettävyydeltään myös hyvä.



Kuvio 19. Idea 4 vertailumatriisissa.

Neljäs idea vertailumatriisiin tuli suoraan ideointipalaverista. Rakenne olisi suurehko, vanhan mallin mukaan mutta se olisi varustettu hydraulisynterillä tai kaasujousella, joka mahdollistaisi laati-  
kon laskemisen yhdeputken päälle ja näin pois esimerkiksi viiran vaihdon edestä.



Kuvio 20. Idea 5 vertailumatriisissa.

Viides ja viimeinen idea joka valikoitui vertailumatriisiin olisi teräksestä valmistettu laatikko vinoilla sivuseinillä, joka mahdollistaisi sen sijoittamisen mahdollisimman lähelle telaa ja tärkkisuihkuputkea. Laatikon alaosa olisi kiinteästi yhdeputkessa ja yläosa olisi salvoilla kiinnitettynä alaosassa joka voitaisiin poistaa kunnossapitotöiden edestä pois.

### 5.6.1 Ideoiden suoriutuminen matriisissa

Vertailumatriisissa muodostuu jokaiselle idealle arvosana, joka on minimissään 0 ja suurimmillaan 5 eli jos idea saa täydet viisi pistettä, olisi se suoriutunut jokaisessa vaatimuksessa täydellisesti. Tämän vertailumatriisin tulosten pohjalta valittiin kolme parasta ideaa konseptointiin, eli 3D- malliksi tekoon, jonka jälkeen myöhemmin päätettiin noista kolmesta paras lopulliseksi konseptiksi.

Taulukko 1. Ideoiden pisteet vertailumatriisissa.

Idea 1, saranoitu kansi	4,1
Idea 2, suuri HDPE laatikko	3,68
Idea 3, kankainen kuomu kehikolla	3,99
Idea 4, hydraulisylinterillä varustettu suuri laatikko	2,48
Idea 5, kaksiosainen laatikko poistettavalla yläosalla	3,31

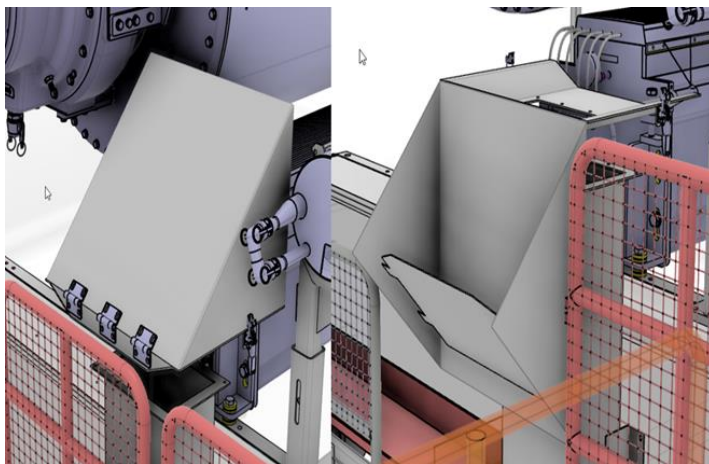
Taulukkoon 1 on sijoitettu vertailumatriisissa olleiden ideoiden pisteet. Kolme parasta ja 3D- konseptointiin jatkanutta ideaa olivat pistejärjestyksessä idea 1, idea 3 ja idea 2. Nämä ideat suoriutui- vat jokaisesta vaatimuksesta vähintään kolmella pisteellä, kun pisteitä annettiin välillä 0...5.

Huonoimpana ideana koettiin idea 4 muun muassa nähtävästi suurempien valmistus- ja kompo- nenttikustannusten ja tilan viennin vuoksi. Ideassa 5 ongelmana koettiin muun muassa ylä- ja ala- osien väliin jäävän raon tiivistäminen ja kohdistaminen takaisin paikalleen, vaikuttaen negatiivi- sesti käytettävyyteen ja imutehoon.

### 5.6.2 Konseptit

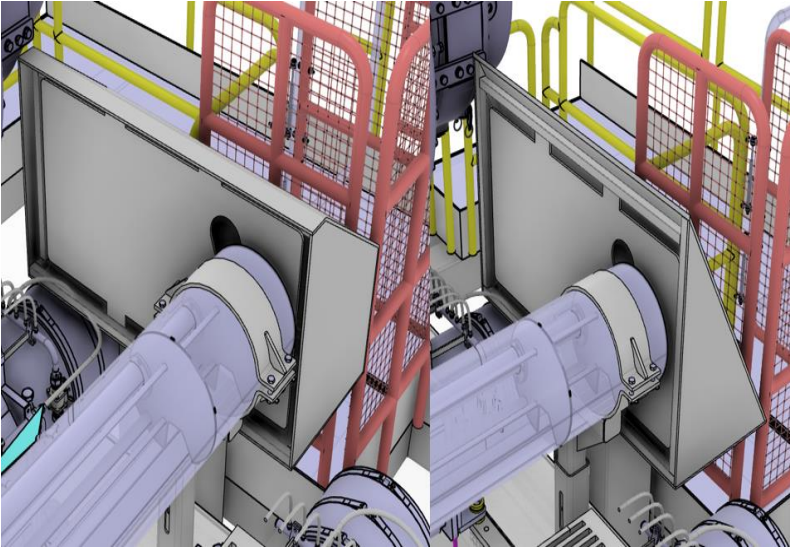
Kolme parhaiten suoriutunutta ideaa 3D- mallinnettiin sopimaan eräälle referenssi viiraosalle, jossa reunilmastointilaatikoita oli ja tämän jälkeen konseptit esiteltiin tuotekehitysryhmälle, jonka jokainen paikalla ollut jäsen äänesti omasta mielestään parasta konseptia. Konseptien esitte- lypalavereja pidettiin kaksi, ensimmäisessä ryhmä havaitsi kehitysmahdollisuuksia kahdessa kon- septissa, joten tutkija paranteli kahta kolmesta konseptista tulleen palautteen mukaan ja toisessa palaverissa äänestettiin parasta konseptia.

Muun muassa idea 1 muutettiin kääntyväksi hoitosilloille päin, jolloin saavutettaisiin parempi peit- tävyys. Tämä vaatii hoitosiltojen suunnittelussa laatikon käännön huomioinnin, mutta palavereissa mukana ollut hoitosiltojen suunnittelusta vastaava asiantuntija totesi, että em. toteutus on mah- dollinen. Myös ideaan 2 tutkija lisäsi sisään putkikehikon, joka helpottaisi rakenteen valmistusta sekä tukevoittaisi muutoin herkkää muovilevyrakennetta.



Kuvio 21. 3D- mallinnettu konsepti ideasta 1.

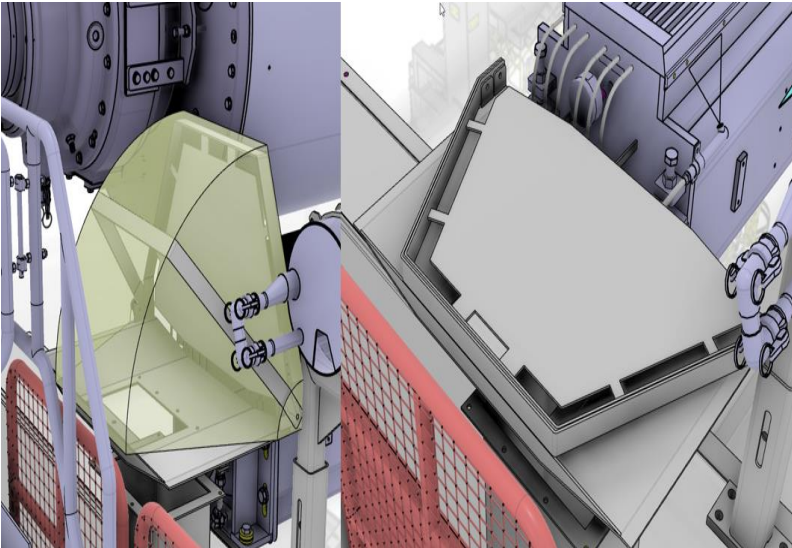
Kuviossa 21 on ideasta 1 luotu 3D- malli, joka muutettiin konseptoinnin aikana koneeseen päin kääntyvästä hoitosillalle päin kääntyväksi. Pohja, joka on yhdeputkeen asennettuna ruuviliitoksella on 5mm paksua taitettua ruostumatonta teräslevyä ja kansi-osa on keveyttä tavoiteltaessa tehty ohuemmasta, 2mm paksusta taitetusta ruostumattomasta teräslevystä. Käytettävyydeltään kiinteä, saranoitu rakenne on hyvä ja laatikon mahdollista olla myös osana hoitosiltojen suojaavaa rakennetta radalle päin.



Kuvio 22. 3D- mallinnettu konsepti ideasta 2.

Idean 2 konsepti kuviossa 22 muuttui konseptointi vaiheessa putkirungon omaavaksi rakenteeksi. HDPE muovilevyn paksuus on 8mm, joka on hyvin tyypillinen paksuus tämän kaltaisissa muovilevyrakenteissa. Rakenne on suuri, erittäin hyvin peittävä kuten vanhimmat reunilmastointilaatikat jonka vuoksi keskilevyssä täytyy olla reikä tärkkisuihkuputkea varten. Tämän vuoksi myös huolto- ja käyttöpuolella olisi eri keskilevy ja mahdollisesti myös muissa positioissa omansa ilman reikää. Putkirungon lisäyksen myötä rakenteen paino nousi epäsuotuisaan noin 36 kiloon ja näin ollen se olisi käytettävyydeltään yhtä huono, tai jopa huonompi kuin nykyiset reunilmastointilaatikat suuremman kokonsa vuoksi.





Kuvio 23. 3D- mallinnettu konsepti ideasta 3.

Idean 3 konseptissa (kuvio 23) käytettiin samankaltaista ruostumatonta 5mm pohjalevyä, kuin idean 1 konseptissa. Ns. kuomun kehikko ja saranoitu osa olisi myös 5mm paksuista ruostumatonta levyä, joka taittuisi lomittain kiinni kankaan ollessa siihen kokoajan kiinnitettynä. Kangas olisi hitsauskangasta, joka on molemmin puolin pinnoitettu silikonilla antaen sille hyvän viiraosan olosuhteiden kestävyys ml. kosteus, kemikaalit yms. Tämä konsepti olisi käytettävyydeltään myös erittäin hyvä kiinteän rakenteensa vuoksi, mutta ei kuitenkaan niin perinteinen valmistukseltaan kuin esimerkiksi idean 1 konsepti.

## 5.7 Lopullinen konsepti

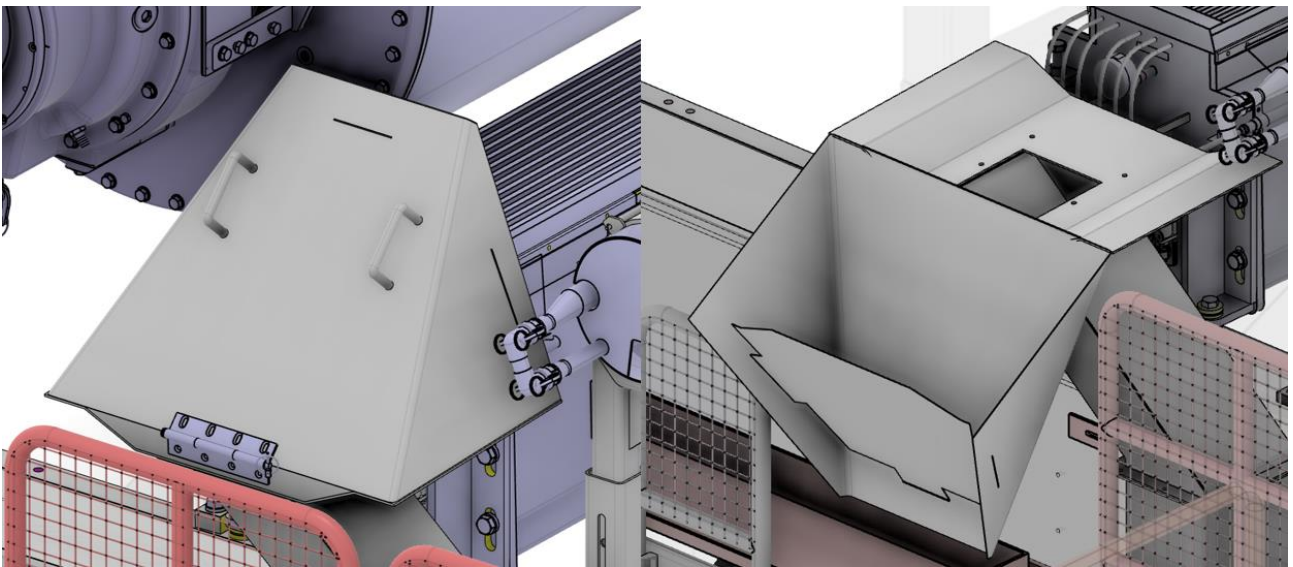
Toisessa konseptien esittelypalaverissa palaverissa tuotekehitysryhmän jäsenten kanssa pidettiin äänestys Microsoft Forms:in avulla. Äänestyksessä jokainen läsnäollut ryhmän jäsen äänesti omasta mielestään parhaasta konseptista ja sille täytyi antaa kommentti tai kehitysehdotus erilliseen tekstiruutuun konseptin valinnan jälkeen.

Kahdeksasta läsnäolleesta jäsenestä seitsemän äänesti idean 1 konseptia parhaaksi, kolme heistä piti ehtona sitä, että luukun suuaukkoa saataisiin levitettyä sivuille enemmän, jotta telan ”kita” saataisiin paremmin peitettyä josta paljon vesisumua lentää ohi reunailmastointilaatikosta. Päätös lopullisesta konseptista oli siis selvä. Aiemmin tehdyn kääntösuunnan muutoksen jälkeen myös



tutkija itse oli sitä mieltä, että hyvin perinteisen valmistustavan ja materiaalin omaava, hyvin peittävä ja käytettävyydeltään hyvä ratkaisu olisi vahvoilla äänestyksessä. Myös kustannuksiltaan idean 1 konsepti olisi selvästi edullisin, koska se koostuu vain kahdesta suuresta teräslevystä, joiden lisäksi siinä on vain todella pieni määrä pieniä, hitsattavia levyjä.

Tutkija kehitti valittua konseptia tulleiden kommenttien ja kehitysehdotusten perusteella ja kehitti ns. "facelift" version ensimmäisestä konseptista, joka on kuviossa 24.



Kuvio 24. Edelleen kehitetty versio idean 1 konseptista.

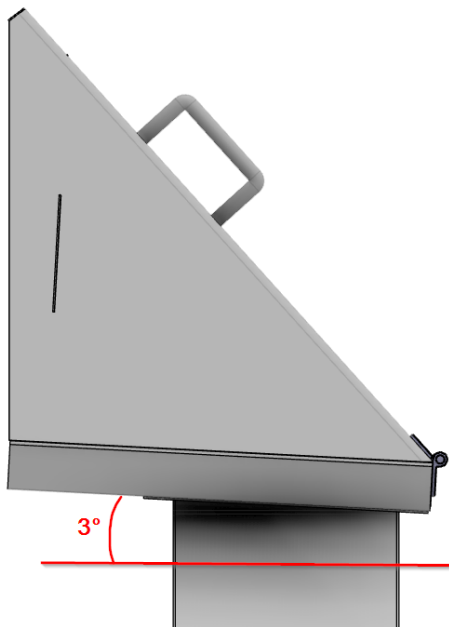
Edelleen kehitettyyn versioon konseptista tehtiin muutos kääntyvän luukun levytyöhön tekemällä siihen vinot, 105 asteen taitokset, jotka mahdollistivat paremman peittävyys. Myös keskilevyn hitsauksiin tehtiin muutos. Keskilevy asennettaisiin tulppahitsimäisesti kiinnitys "korvistaan" luukuna toimivaan levyyn ennalta tehtyihin hahloihin. Näin tekemällä vähennetään hitsauksen aiheuttamia epämuodostuksia ohuessa levyssä ja mahdollistetaan luukun parempi kohdistuvuus pohjalevyyn.

Tässä vaiheessa luukkuun lisättiin koneturvallisuusstandardin SFS-EN-1005-2:2003+A1:2008 mukaiset kahvat. Kahvat mahdollistavat kappaleesta helpon tartunnan sille suotuisalta paikalta levyn taitosten läheisyydestä. Standardi määrittää kahvojen muodon, jonka tulisi olla joko ellipsi tai pyöreä, niiden halkaisijan jonka tulisi olla 20...40mm ja otteelle tarkoitetun aukon leveyden jonka tulisi

olla vähintään 125mm ja sormien yläpuolelle jäätävän tilaa vähintään 70mm (SFS-EN-1005-2:2003+A1:2008, 8).

Kappaleen massan vaikutus väheni saranoinnin ansiosta, joten siihen ei sen vuoksi kiinnitetty niin kriittistä huomiota kuin irtonaisiin rakenteisiin. Kuviossa 25 esitelty 3 asteen kallistus koneesta pois päin estäisi massakertymien joutumisen takaisin prosessiin joka aiheuttaisi mm. ajettavuusongelmia, joita tässä työssä aiemmin on esitelty.

Laatikon yleinen valmistettavuuden taso varmistettiin palaverissa laatuinsinöörin kanssa, jolla on paljon kokemusta tuotannosta yrityksessä. Valmistettavuus on hyvä ja laatuinsinööri arvioi, että valmistuskustannukset olisivat enää vain murto-osan uudessa konseptissa verratessa sitä nykyiseen rakenteeseen. Kehitysehdotukseksi laatuinsinööri ehdotti värähtelyiden tutkimista kansiosaan.

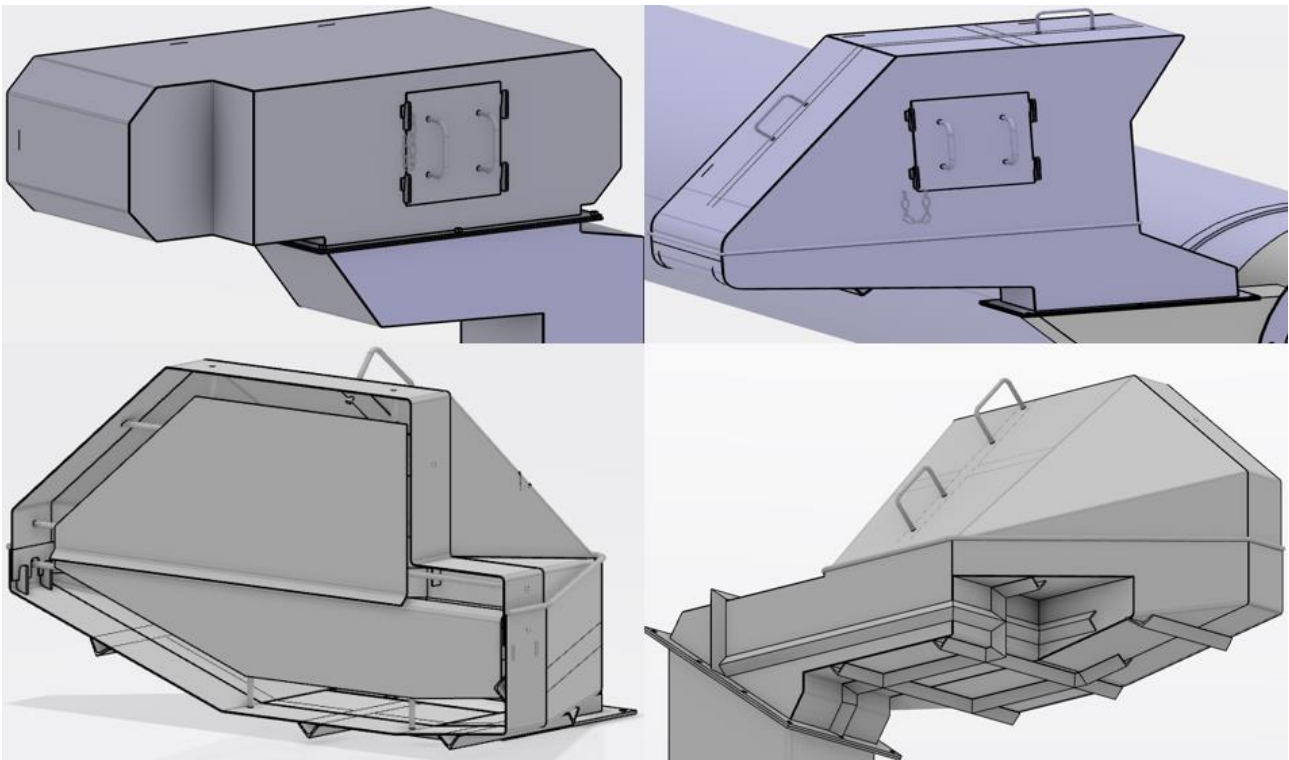


Kuvio 25. Vino laippakiinnitys mahdollistaa pienen kaadon pohjalevyn tasaiselle pinnalle.

## 6 Työn pohdinta ja johtopäätökset

Työn tavoitteena oli kehittää reunaimastointilaatikoista paremmin mm. valmistusta, kokoonpantavuutta, käytettävyyttä ja Valmetin Modular Way- rakenteita palveleva tuote. Tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset tuotekehitysprosessin aikana ja ne ilmentyivät työssä. Työn tuloksena syntyi vaatimukset täyttävä rakenne, joka on yksinkertainen valmistaa sekä käyttää. Saatiin kehitettyä universaali ja peittävyydeltään parempi rakenne. Reunaimastointilaatikolle luotiin liitteen 3 kokoonpanopiirustus, joka ilmentää rakenteen hitsauksia, toimivuutta sekä mahdollistaa rakenteen tarkemman tarkastelun, jos esimerkiksi saatavilla ei ole Catia V6- ohjelmaa jolla 3D- mallin voi avata.

Vertailemalla lähtökohdan monia eri rakenteita kuviossa 26 työn tuloksena syntyneeseen universaaliin ja muun muassa käytettävyydeltään sekä valmistettavuudeltaan parempaan rakenteeseen, voidaan tuotekehitysprosessi todeta onnistuneeksi. Työn alussa kuviossa 6 esitellyn Michael French:n tuotekehitysmallin mukaan työ on Detailing- vaiheessa eli enää French:n prosessin kuvauksen mukaan prosessin loppuun saattamiseksi puuttuvat valmistuspiirustukset.



Kuvio 26. Työn lähtökohdan erilaisia reunaimastointilaatikoita (Valmet 2023).

Tärkeimmät parannukset uudessa konseptissa verrattuna lähtökohtaan ovat käytettävyys sekä sen parantaminen, valmistettavuuden ja kokoonpantavuuden parantaminen vähentämällä osien ja työvaiheiden kuten hitsauksen ja levytöiden määrää. Rakenteen peittävyys parani sen korkeuden ja paremman telan kidan peittämisen avulla. Tarkempi konseptin suoriutuminen projektin aikana asetetuille vaatimuksille on nähtävissä liitteessä 4.

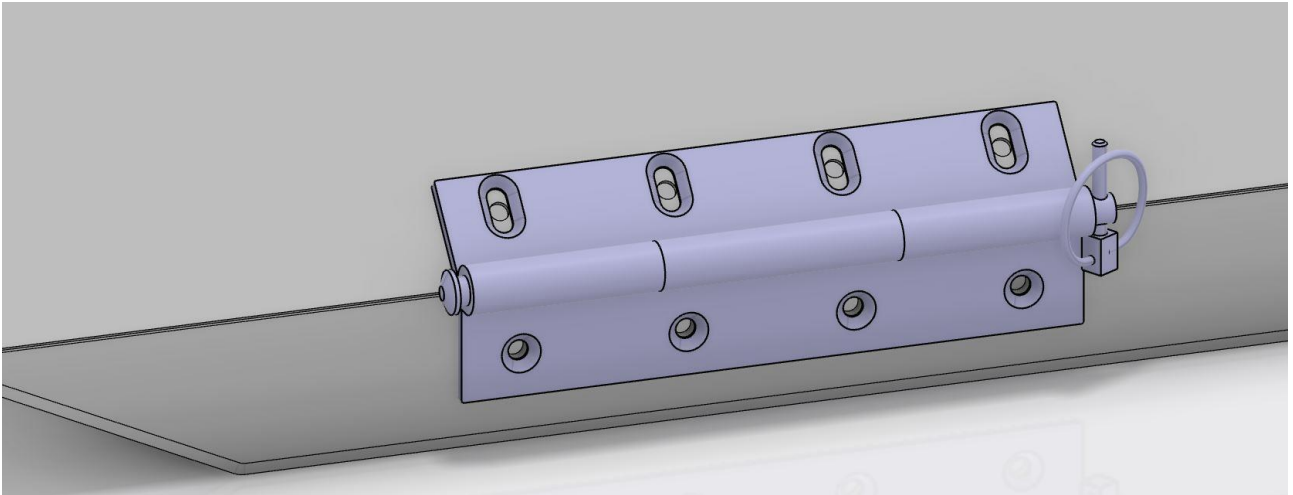
Opinnäytetyön tuloksia voidaan pitää luotettavina. Tiedonkeruussa on käytetty pitkään alalla olleiden kertomaa sekä luotettavaa kirjallisuutta ja muita lähteitä. Ideoinnissa käytettiin apuna tuotekehitysryhmän asiantuntevuutta, joka varmisti realistisen ja toimeksiantaja yrityksen yleisiä periaatteita noudattavan toteutuksen työlle.

Tutkijalle täysin uuden tuotteen kehittäminen, siihen kuuluviin seikkoihin ja aihealueisiin tutustuminen ja samalla itse opinnäytetyön edistäminen opinnäytetyölle asetetun yleisen aikaikkunan sisällä oli vaativa prosessi. Suurimpana riskinä työn aikana olikin työlle asetetusta tehtävästä poikkeaminen, joka olisi nopeasti aiheuttanut projektisuunnitelmaan tehtyyn aikatauluun viivästymiä. Tätä vältettiin ja pysyttiin alkuperäisessä tehtävänannossa. Yrityksen sisällä on myös muita, erilaisia toteutusideoita vesisumun poistamiselle tai torjumiselle viiraosalla, jotka ovat varsin mielenkiintoisia ja perusteltuja. Työn tuloksena syntynyt rakenne vahvistettiin asiantuntijalla ja se on mahdollista valmistaa sekä vastaa myös vaatimuksiin asiantuntijan mielestä.

Työn ohella tehty tutkimus mahdollisiin käytettäviin materiaaleihin ja mahdollisiin valmistustapoihin on myös yritykselle hyödyksi ainakin siinä määrin, ettei tällaista tutkimusta tai rakenteen optimointia ole aiemmin aiheena olleisiin reunaimastointilaatikoihin yrityksessä tehty. Myös tutkijan tekemää ilmanavien mitoitusta Valmetin ilmastointiohjeen mukaan konseptin mukaiselle reunaimastointilaatikolle voidaan pitää hyödyllisenä.

Tuotteen yksinkertaistaminen ja varsinkin sen universaaliksi kääntäminen luo hyvän uuden lähtökohdan reunaimastointilaatikoiden tulevaisuuden kehittämiseksi Valmetilla. Universaaliksi luotu rakenne vaikeuttaa laatikoiden positioriippuvaisen suunnittelua, jota nykyisille reunaimastointilaatikoille oli tehty. Varsinaisia kehitys- ja jatkoehdotuksia reunaimastointilaatikoille ovat valmistuspiirustusten luominen, jotka aikataulusyistä jäivät alkuperäisestä suunnitelmasta tekemättä. Tämän lisäksi sarana, jonka varassa kansi kääntyisi tulisi suunnitella esimerkiksi sellaiseksi kuten

kuviossa 27, toimimaan nopeasti purettavana sokan ja irrotettavan saranatapin avulla tai etsimällä esimerkiksi jokin kaupallinen standardisoitu sarana samanlaisella nopeasti purettavalla rakenteella, jotta laatikko voidaan poistaa esimerkiksi sellaisessa tilanteessa, kun sen positio on koneen runkopalkin kohdalla eikä näin ollen se voi kääntyä kuten suunniteltu. Myös hoitosiltoihin voisi mahdollisesti kehittää modulaarisen ratkaisun tukemaan laatikon kääntymistä.



Kuvio 27. Sarana nopeasti purettavalla lukkosokka ratkaisulla.

Tuotteen jatkoa muuten ajatellen prototyypin valmistaminen sekä sen toiminnan testaaminen olisi hyvä tehdä, ennen kuin tuote siirretään valmiiksi asiakastuotteeksi kaikkiin toimituksiin. Tämä voisi tapahtua esimerkiksi laatikon ensimmäisen asiakastoimituksen yhteydessä ilman ylimääräistä prototyyppiä ja sen valmistusta.

## Lähteet

Asiantuntija 1. Suunnittelupäällikkö. Valmet Technologies Oy. Haastattelu 20.9.2023.

Asiantuntija 2. Pääinsinööri. Valmet Technologies Oy. Haastattelu 13.9.2023.

Asiantuntija 3. Kehitysinsinööri. Valmet Technologies Oy. Haastattelu 15.9.2023.

Chiradeep, B. 2022. What is CAD (Computer Aided Design)? Definition, Types, and Applications. Artikkele Spiceworks.com- sivuilla. Viitattu 20.11.2023. <https://www.spiceworks.com/tech/devops/articles/what-is-cad/>

Cross, N. 2008. Engineering design methods : strategies for product design. Chichester: Wiley. Viitattu 20.9.2023.

Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa 2023. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan julkaisuja 2/2023. Viitattu 2.10.2023.

Jokela, E. 2021. Teolliset muotoilijat työllistyivät hyvin Suomessa ja ulkomailla: ”Työpaikkoja alalle syntyy jatkuvasti”. Artikkele Lahden ammattikorkeakoulun sivuilla. Viitattu 20.11.2023. <https://lab.fi/en/node/10241>

Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 7.9.2023.

Mäki-Mantila, J. 2001. Ohutlevyjen taivutus ja muovaus. Helsinki : [Metalliteollisuuden kustannus]. Viitattu 5.10.2023.

Märkäviiran kunnossapito. Taitotalo. 2023. KnowPap- tietokanta v.24.0. Viitattu 27.9.2023. [http://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/3\\_equipment/6\\_f\\_fabrics/4\\_cleaning/frame.htm?zoom\\_highlightsub=m%E4rk%E4viiran+kunnossapito](http://www.knowpap.com/extranet/suomi/maintenance/3_equipment/6_f_fabrics/4_cleaning/frame.htm?zoom_highlightsub=m%E4rk%E4viiran+kunnossapito)

Paperin ja kartongin valmistus – tiivistelmä. Taitotalo. 2023. KnowPap- tietokanta v.24.0. Viitattu 26.9.2023. [http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper\\_technology/paper\\_machine/general/frame.htm](http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/general/frame.htm)

SFS-EN 1005-2:2003+A1:2008. Koneturvallisuus. Ihmisen fyysinen suorituskyky. Osa 2: Koneen ja sen osien manuaalinen käsittely. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 20.4.2009. Viitattu 25.9.2023.

Sulautuminen Neleksen kanssa. 2023. Valmetin verkkosivut. Viitattu 29.9.2023. <https://www.valmet.com/fi/sijoittajat/valmet-sijoituskohteena/yritysostot-ja--myynnit/sulautuminen-neleksen-kanssa/>

Tilinpäätös ja tietoa sijoittajille 2022. 2022. Valmet Technologies Oy. Viitattu 29.9.2023.

Valmet sijoituskohteena. 2023. Valmetin verkkosivut. Viitattu 28.9.2023. <https://www.valmet.com/fi/sijoittajat/valmet-sijoituskohteena/>

Valmet lyhyesti. 2023. Valmetin verkkosivut. Viitattu 28.9.2023. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>

Valmetilla on yli 220 vuoden teollinen historia. 2023. Valmetin verkkosivut. Viitattu 29.9.2023. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/historia2/>

Viiraosan ilmajärjestelmät. Taitotalo. 2023. KnowPap- tietokanta v.24.0. Viitattu 27.9.2023. [http://www.knowpap/extranet/suomi/paper technology/paper machine/wire section/4 air systems/frame.htm?zoom\\_highlightsub=ilma%E4rjestelm%E4t](http://www.knowpap/extranet/suomi/paper%20technology/paper%20machine/wire%20section/4%20air%20systems/frame.htm?zoom_highlightsub=ilma%E4rjestelm%E4t)

Yleistä rainanmuodostuksesta. Taitotalo. 2023. KnowPap- tietokanta v.24.0. Viitattu 26.9.2023. [http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper technology/paper machine/forming/1 forming/frame.htm](http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper%20technology/paper%20machine/forming/1%20forming/frame.htm)

## **Liitteet**

**Liite 1. Työn lähtötason vaatimuslista, tarkennettujen vaatimusten pistematriisi ja ideoiden vertailumatriisi (salassa pidettävä)**



**Liite 1. Työn lähtötason vaatimuslista, tarkennettujen vaatimusten pistematriisi ja ideoiden vertailumatriisi (salassa pidettävä)**

**Liite 1. Työn lähtötason vaatimus vaatimuslista, tarkennettujen vaatimusten pistematriisi ja ideoiden vertailumatriisi (salassa pidettävä)**

Liite 2. Ideointivaiheen skissauksia

4,5m<sup>2</sup> HDPE @ 10mm = 73,5€

Muoveista ainoa vamma vaihtaa olisi HDPE. PVDF kalliimpaa ja aivan väriä vaikeampi.

Sama folmio malli muovista?

Aitton koko n. 500x2800mm isommalle osalle

K:n leveys jotta yhteen saa suoraan alas. → Helppommin käsiteltävä kappale.

Myös keskilevy ja sen tuet voi tehdä samasta materiaalista.

Yhteinen jalka tuuri ja vamma

Toukokuun 2016

"Kälmio" - idea

- + Ei yhtään liian raskasta alkuperään
- + Design
- Paino (22kg keskeisnäköinen)
- Kimmokkaan harkitus
- Pienet leikkiset irrotusna esin. "luultavaan kohon"
- Hidas ja hankala kiinnitys painon ja väkäsäntäisyyden takia

"Lähtöratas" - idea

Palu- ja raskas, jotta kiinnitys kestää kovan kovan, ja

- Taituisuus kasaan kukaan jättäen kuori
- Peltötyyppi?!
- Kannen kokoonastus yksipuolella pinnatella olevaa saa toimintaa mitaliltaan
- + Kiinteä akseli
- 2m<sup>2</sup> 662 - Kangas = 72,5€
- + Kehikko?
- 4,5m<sup>2</sup> = 163,5€

2 tai 3 pienempää pömpeliä?

Yhdistämällä kolme ja yhden pömpelin yhdistäminen

+ Leveampi viivan tuus.

+ Ei paino ongelmaa esim. Kälmio -mallilla toteutettuna → olisi, kaks. kesyttä pömpeliä

- Ahtaudet tuojien ja kostonien välillä? → Ahtauden onnet parhaimmillaan.

- Etelään harkala laulun kiinnitys väkäsäntäisyydessä.

LIITOS

**Liite 3. Rakenteesta luotu kokoonpanopiirustus (salassa pidettävä)**

#### Liite 4. Lopullisen konseptin suoriutuminen projektin vaatimuksissa

Vaatus	Lopullisen konseptin pisteet
Peittävyys/ilmastoinnin teho	5
Käytettävyys ja luoksepäästävyys	4
Valmistettavuus	4
MW- mukailtavuus	3
Rakenteen massa ja sen vaikutus käyttöön	5
Universaalius	4
Kustannukset (keskenään vertailu ideoiden välillä)	4
Viiraosan olosuhteiden kestävyys	5
Likaa keräävät pinnat	3
Tilan vienti	4