

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Koneautomaatiotekniikka

2012

Mikko Valliluoto

SUOTONAUHAPURISTIMEN VIIRARADAN UUDELLEEN JÄRJESTELY



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma | Koneautomaatiotekniikka

14.1.2012 | Sivumäärä 65

Mika Seppänen

Mikko Valliluoto

SUOTONAUHAPURISTIMEN VIIRARADAN UUDELLEEN JÄRJESTELY

Opinnäytetyön aiheena oli laatia ympäristöalan yritykselle esisuunnitelma uudelle suotonauhapuristinmallille. Tavoite keskittyi suotonauhapuristimen telajärjestyksen luomiseen ottaen huomioon suotonauhapuristimen muut osat ja niiden vaatiman tilantarpeen. Opinnäytetyössä käydään vaiheittain läpi suunnitelman osa-alueet ja perustellaan tehdyt valinnat tuotannon, laadun ja kustannusten kannalta. Suunnittelu tapahtuu SolidWorks 3D -mallinnusohjelmaa käyttäen. Uuden puristinmallin luomiseen käytetään jo valmiiksi mallinnettuja osia ja tarpeen vaatiessa tuotekehityksessä syntyneiden uusien osien hahmotelmia.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin suunniteltua 3D-luonnos uudesta puristinmallista. Suunnitteluprosessin sivutuotoksena saatiin ratkaistua useita ongelmia, jotka olisi muuten pitänyt ratkaista yrityksen tuotekehityksen yhteydessä

Suunnitelmaa tullaan käyttämään pohjana yrityksen omalle tuotekehitykselle, joka suorittaa lopullisen laitesuunnittelun sekä tuotteistuksen.

ASIASANAT:

Tietokoneavusteinen suunnittelu, Mallintaminen, Mekaniikka, Ympäristöala, Jätevesiliete

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering | Machine Automation Technology

November 2012 | Total number of pages 65

Instructor Mika Seppänen

Mikko Valliluoto

A ROLLER REARRANGEMENT DESIGN FOR A BELT FILTER PRESS

The objective of the thesis was to create a preliminary design for a new type of a belt filter press for a company manufacturing waste water treatment units. The main objective was to create an arrangement for rollers, while taking into consideration other belt filter press parts in the design and reserving sufficient amount of space for each of them. The design for the new belt filter press and reasons for upgrades and other modifications were discussed in phases. The actual design work was executed with SolidWorks 3D modeling programme. In order to create the new belt filter press model existing part models as well as new sketches, which were created during the product planning process, were used as required.

As the result of this thesis a preliminary 3D design was created for a new belt filter press. As a side product of the design process several other problems, which otherwise would have been only detected during the final product development, were identified and solved.

The design will be used as a basis for the company's own development process which in turn carries out the final product development and productisation.

KEYWORDS:

computer-aided design, modeling, mechanical, environmental, sludge, waste water

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Dewaco Oy	8
2 JÄTEVEDEN KÄSITTELY YLEISESTI	10
2.1 Jätevedenkäsittely	10
2.2 Jätevesilaitos	11
2.3 Esierotus	11
2.3.1 Välppäys	11
2.3.2 Hiekanerotus	11
2.4 Esiselkeytys	12
2.5 Jälkiselkeytysprosessi	13
2.5.1 Aktivointi	13
2.5.2 Jälkiselkeytys	13
2.6 Liete	13
3 LIETTEEN KUIVATUS	15
3.1 Tavoite	15
3.2 Menetelmät	16
3.2.1 Lietelinkous	16
3.2.2 Ruuvipuristus	17
3.2.3 Suotonauhapuristus	17
4 PURISTINMEKANIikka JA TEKNOLOGIA	19
4.1 Suotonauhapuristin yleisesti	19
4.2 Suotonauhapuristimen toiminta	20
5 OPINNÄYTETYÖLLE ASETETUT TAVOITTEET	25
5.1 Tarve opinnäytetyölle	25
5.2 Korjausehdotukset	25
5.3 Uusi puristinmalli	29
5.3.1 Liette esipuristus	30
5.3.2 Rumputela	30
5.3.3 Viiran kiristys	30

5.3.4 Laakerointi ja telat	31
5.3.5 Huoltoluukut	31
5.3.6 Hinta	32
6 OPINNÄYTETYÖN KUVAUS JA MENETELMÄT	33
6.1 Työkalut ja resurssit	33
6.2 PPD-Puristimen runko	34
6.3 Runkotyypin valinta tuotantotehokkuuden ja kustannusten näkökulmasta	35
6.4 Telat ja telajärjestys	37
6.5 Laakerit	49
6.6 Suodosvesikaukalot	51
6.7 Huoltoluukut	52
6.8 Viiran kiristys	55
6.9 Viiran pesu	56
6.10 Liitännäisten sijoitettavuus	57
7 SAAVUTETUT TAVOITTEET JA TULOKSET	59
7.1 Tavoitteiden toteutuminen	59
7.2 Työssä käytettyjen menetelmien arviointi eri kriteerien valossa	63
7.3 Jatkokehittämisideat	64
LÄHTEET	5
KUVAT	
Kuva 1. Yksinkertaistettu jätevedenkäsittelyprosessi.	10
Kuva 2. Vasemmalla perinteisempi pyöreä esiselkeytysallas.	12
Kuva 3. Nestepitoista lietettä vedenerotuksessa.	14
Kuva 4. Suotonauhapuristimen kuivaamaa lietettä.	15
Kuva 5. Kuvassa lietelingon toimintaperiaate.	16
Kuva 6. Periaatepiirros ruuvipuristimen toiminnasta.	17
Kuva 7. Periaatepiirros Dewacon suotonauhapuristimesta.	18
Kuva 8. Lähikuva viirakankaasta 6x4 cm:n alalta.	18
Kuva 9. Dewacon ensimmäinen FPD-puristin viimeistely vaiheessa.	26
Kuva 10. FPD-puristimen ja siihen liitetyn esivedenerotusyksikön 3D-malli.	27
Kuva 11. Lietteen esipuristuksen kita ja rumputela.	28
Kuva 12. Esimerkki palaverissa esitetystä puristinmallista.	34

Kuva 13. Levy -ja Palkkirunkoisen puristimen hinnan muodostus.	37
Kuva 14. Lietteeseen esipuristus.	38
Kuva 15. Kaarimainen esipuristusalue.	39
Kuva 16. Pienempi rumputela.	41
Kuva 17. Vahvistettu puristustela.	42
Kuva 18. Vahvistetun puristelan ja normaalin mallin telan hintajakauma.	43
Kuva 19. Laakeripesän ja sivulevyn väliin asennettava sovitelevy.	44
Kuva 20. Telan vaihto kourun avulla.	45
Kuva 21. Viiranohjauksen periaate piirros.	47
Kuva 22. Kiristystelojen paikoitus.	48
Kuva 23. Vahvistettu 50 mm teräksinen laakeripesä.	50
Kuva 24. FPD-Puristimen huoltoluukku.	52
Kuva 25. Ensimmäinen huoltoluukku suunnitelma.	53
Kuva 26. Sivulevyn sisäpuolelle tiivistettävä huoltoluukku.	54
Kuva 27. Yksinkertaistettu huoltoluukku.	54
Kuva 28. Puristimeen sulautettu suljettu lietehopperi ja ylemmän suihkuputkikotelon sijoitus.	57
Kuva 29. PPD-Puristimen luonnoskuva.	59
Kuva 30. PPD-Puristimen sivulevy.	60
Kuva 31. Ruuvikuljettimen suurin mahdollinen kallistuskulma.	62

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

DS	Dry Solids (Kiintoainepitoisuus)
Flokki	Epäpuhtaiden partikkelien sitouttaminen polymeerilla suuremmiksi partikkeleiksi
Hapotus	Kemiallinen peittäus
Kakku	Pinnalle tasaisesti levittynyt liete kerrostuma
Rejekt	Poistumistie lietteestä erotetulle vedelle
PPD	Pulp & Paper Dewatering
Viira	Suotonauha
Hopperi	Kaukalo johon kuivattu liete kaavitaan

1 JOHDANTO

1.1 Dewaco Oy

Dewaco Oy, entiseltä nimeltään DWT-Engineering, on vuonna 1986 perustettu Laitilainen teollisuudenalan yritys, joka on erikoistunut jäteveden puhdistuslaitteistoihin. DWT-Engineeringin strategiana on 90-luvun alusta alkaen ollut keskittyä vahvasti ulkomaan vientiin.

Alkuperäisten omistajien toimesta DWT-Engineering myytiin Sentica Partnersille vuonna 2008, jolloin firman nimeksi tuli Dewaco Oy ja yritys sai uuden toimitusjohtajan. Nykyisin yrityksen toimitusjohtajana toimii Hannu Turunen.

Yritys työllistää tällä hetkellä 28 työntekijää, joista 13 henkilöä on tuotannossa, 13 henkilöä toimistolla sekä kaksi henkilöä Pekingin toimistolla. Yrityksen liikevaihto vuonna 2010 oli 6,2 miljoonaa euroa (Dewaco. Sentica.fi). Liiketoiminta on pääasiassa ulkomaan kauppaa.

Yrityksen 13:sta toimisto työntekijästä neljä on suuntautunut myyntiin. Dewaco Oy:n suurimmat myyntituotteet ovat ketjulaahainjärjestelmät, sekä suotonauhaturistimet. Myynti perustuu pääasiallisesti suureen ulkomailla toimivaan edustajaverkoston, jonka kautta tuotteet lopulta päätyvät loppuasiakkaille.

Yrityksen tuotanto on alusta asti perustunut omaan tuotevalmistukseen. Tätä kautta suuret ja pienemmätkin projektiluontoiset tilaukset pystytään räätälöimään asiakkaan tarpeiden mukaisiksi hyvinkin lyhyillä toimitusajoilla ja kilpailukykyisellä hinnalla. (Turunen, H. Seminaari 26.8.2011.)

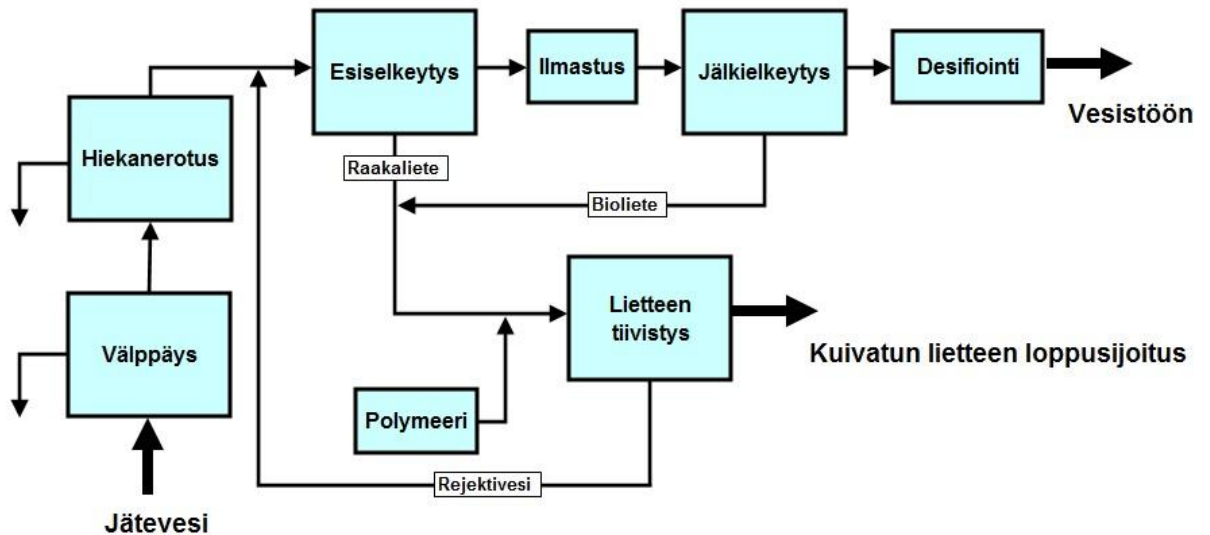
2000-luvulta alkaen yritys on panostanut toiminnanohjausjärjestelmään, osatuotteistukseen sekä tuotekokonaisuuksien hallintaan, toisin sanoen, yksityiskohtaisten tuoterakenteiden luomiseen, mikä helpottaa merkittävästi ostotoimin-

taa ja varastohallintaa. Tarkat rakennekokonaisuudet yhdistettynä esittävään 3D-mallinnukseen mahdollistaa tehokkaan ja jatkuvan tuotekehityksen. Kun osat mallinnetaan sopiviksi jo suunnitteluvaiheessa, oma osavalmistus voidaan jättää vähemmälle. Suurin osa osista tilataan alihankinnasta. Mutta edelleen kaikki kokoonpano tapahtuu Dewaco Oy:n tiloissa.

2 JÄTEVEDENKÄSITTELY YLEISESTI

2.1 Jätevedenkäsittely

Jätevedenkäsittelyllä tarkoitetaan prosessia (Kuva 1), jolla jätevedet järjestetään niiden syntymisen jälkeen puhdistettavaksi. Jätevesi voidaan käsitellä kiinteistökohtaisesti, useamman kiinteistön yhteiskäsittelynä tai johtaa kunnallista viemäriverkkoa pitkin jätevedenpuhdistamolle. (Kajosaari 1981, 325-368.)



Kuva 1. Yksinkertaistettu jätevedenkäsittelyprosessi.

Esimerkkiprozessina opinnäytetyössä esitetään kunnallisen jätevesilaitoksen toiminta yksinkertaistettuna, pääpainona lietteenkuivausprosessi. Veden lopullinen puhdistus jää toissijaiseksi tässä tutkimuksessa, sillä sen merkitys ei ole oleellinen opinnäytetyön aiheessa.

2.2 Jätevesilaitos

Jätevesilaitoksella tarkoitetaan laitosta, johon johdetaan kunta-alueen viemäri-verkoston vedet, jotka käsitellään siellä keskitetysti uudelleen käytettäväksi. Puhdistusmenetelmiä ja -vaiheita on useita, laitoksen laajuudesta riippuen. Näistä kuitenkin tärkeimpinä ovat mekaaninen siivilöinti, esiselkeys, biologiset ja kemialliset käsittelyt sekä kompostointi. (Kajosaari 1981, 368.)

2.3 Esierotus

2.3.1 Välppäys

Välppäys on yksinkertaisimmillaan ritilä, jolla erotetaan suurimmat roskat pois jätevedestä, jotta esimerkiksi oksat tai kivet eivät riko ja tukkeuta prosessin muita vaiheita. Välppiä voi olla useampia, joiden läpi jätevesi lasketaan. Jätevedessä olevat partikkelit jäävät ritilään, josta ne kaavitaan pois ja sijoitetaan kaatopaikalle. Peräkkäisten välppien siivilän tiheys kasvaa aina edellisestä, joten lopulta jäljelle jää haluttu partikkelikoko, joka jää veteen. (Kajosaari 1981, 205.)

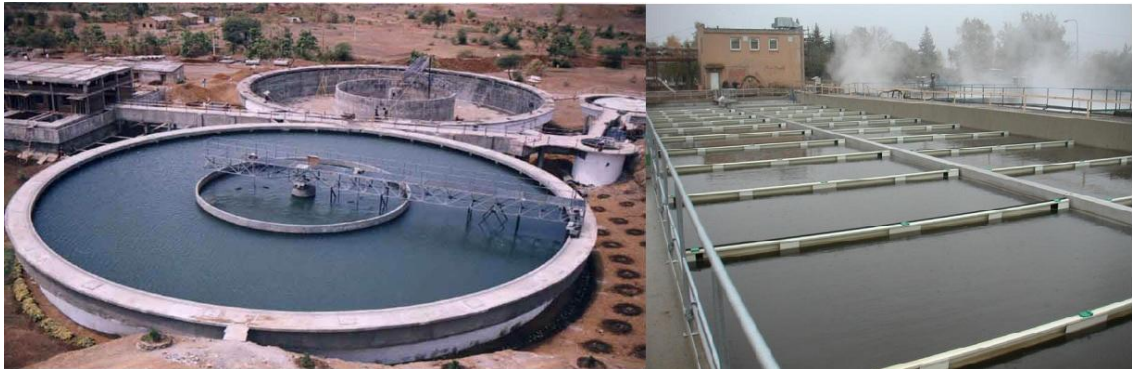
2.3.2 Hiekanerotus

Hiekanerotusvaiheessa vedestä erotetaan jäteveden mukana kulkeutuva hiekka sekä muut raskaat, yleensä alle 1mm:n kokoiset, mineraaliset ainekset. Tämä toimenpide ei ole pakollinen, mutta suositeltava, sillä virtauksen mukana kulkevat mineraalit kuluttavat pumppuja ja venttiilejä. Kunnallisessa jätevedessä saattaa kulkeutua jopa 40-60 litraa hiekkaa 1000m³ kohti. Hiekanerotus tapahtuu helpoiten käytettäessä hyväksi painovoimaa. Tällä menetelmällä jätevesi ajetaan kaukalon läpi, jonka aikana orgaanisia aineita raskaammat mineraalit

ehtivät laskeutua kaukalon pohjalle, josta ne kuljetetaan pois joko ruuvilla tai vastaavalla kaapimella. (Hiekanerotus. Huber.fi)

2.4 Esiselkeytys

Esiselkeytyksessä jätevesi lasketaan suuriin betonialtaisiin, joissa jätevesi pidetään hitaasti liikkeellä koko altaan mitalta erilaisilla kaapimilla (kuva 2). Näissä altaissa jätevedessä olevat mikroskooppiset mineraalit, ns. kiintoaineet, laskeutetaan hiljalleen altaan pohjan päytyyn, josta ne pumpataan pois tiivistettynä lietteenä (raakaliete 0,1-4 % DS). (Kajosaari 1981, 212-215.)



Kuva 2. Vasemmalla perinteisempi pyöreä esiselkeytysallas (www.thewatertreatments.com). Oikealla suorakaiteen muotoinen esiselkeytysallas.

2.5 Jälkiselkeytysprosessi

2.5.1 Aktivointi

Aktivoinnissa tai ilmastuksessa on kyse jätevedeen jääneen orgaanisen aineen poistosta. Jätevesi pumpataan esiselkeytysaltaasta aktiivilietealtaaseen ja veteen pumpataan ilmaa. Jätevedessä olevassa orgaanisessa massassa on runsaasti mikrobeja, jotka saadessaan veteen liuennutta happea alkavat toimimaan ja syömään orgaanisen aineen bakteereita ravinnoksi ja tällä tavoin hajottavat orgaanista ainetta, muuttaen sen mineraaleiksi. (Kajosaari 1981, 212-215.)

2.5.2 Jälkiselkeytys

Jälkiselkeytysvaihe on samanlainen kuin esiselkeytys, mutta hieman pidempikestoisempi. Jälkiselkeytyksessä mikrobit hajottavat bakteereita. Tämän seurauksena altaan pohjalle vajoaa kuollut orgaaninen aines, joka kaavitaan ja pumpataan pois altaasta ylijäämälietteenä (bioliete 0,1-1 % DS). (Kajosaari 1981, 212-215.)

2.6 Liete

”Liete on nesteen ja hyvin pienten ainehiukkasten muodostama heterogeeninen seos” (Liete. Wikipedia.fi).

Käytännössä kaikki lieju ja velli on lietettä, mutta tämän opinnäytetyön tapauksessa puhutaan jätevedestä erotetusta lietteestä. Lähteinä ovat pääasiassa kunnallinen jätevesi ja teollinen jätevesi. Kuvassa 3 on esitettyä tiheydeltään ominaista lietettä, jollaista lietteen jälkikäsitelyssä esiintyy tyypillisesti. Altailta tuleva tiivistetty liete on kuiva-aine pitoisuudeltaan 0,5-4 % (Veijanen, Timo. Haastattelu 11/2011).



Kuva 3. Nestepitoista lietettä vedenerotuksessa

Lietetyyppejä ja seoksia on monenlaisia. Jotkut lietteen seososat sitovat nestettä muita paremmin. Lietteiden vedenluovutuskyvyn mukaan vedenkäsittelylaitokselle tarvitaan lietettä tiivistävä mekanismi, joka erottaa veden lietteestä.

3 LIETTEEN KUIVAUS

3.1 Tavoite

Lietteen kuivauksen tavoitteena on muodostaa mahdollisimman tiivistä ja helposti jälkikäsiteltävää lietettä. Esimerkki kuivatusta lietteestä kuvassa 4. Kuivatun lietteen loppusijoittaminen saattaa olla haasteellista, sillä ympäristömääräykset tiukentuvat jatkuvasti. Lietteestä riippuen mahdollisia loppusijoituskohteita ovat kompostointiin tarkoitetut kentät, kaatopaikat, pellot, terminen kuivaus tai poltto. (Lohiniva ym. 2001, 7.)



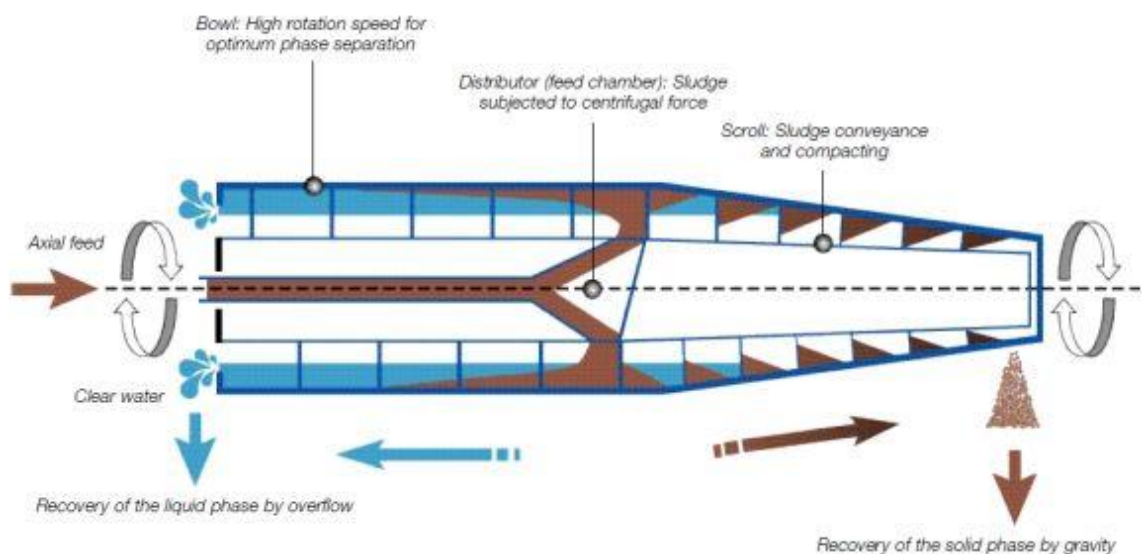
Kuva 4. Suotonauhapuristimen kuivaamaa lietettä.

3.2 Menetelmät

Yleisimmät kuivausmenetelmät ovat suotonauhapuristimet, lingot ja ruuvipuristimet (Veijanen, Timo. Haastattelu 11/2011).

3.2.1 Lietelinkous

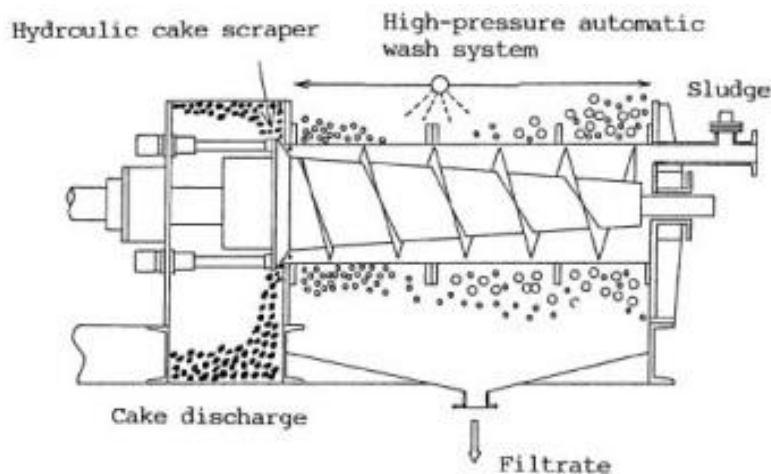
Lietelinkous (kuva 5) perustuu keskipakovoimaan. Suurella teholla pyörivälle ruuvimaiselle kuljettimelle syötettävä liete puristuu kuljettimen ulkoseinämää eli rumpua vasten. Rummussa on pieniä reikiä, joista vesi mahtuu valumaan rumpun ulkopuolelle ja sitä kautta pois rejektiin laitteen suodosvesilinjaa pitkin. Kuljettimessa oleva spiraaliruuvi kuljettaa lietemassaa eteenpäin, jonka avulla se lopulta poistuu laitteesta. (Kajosaari 1981, 263.)



Kuva 5. Kuvassa lietelingon toimintaperiaate (www.Andritz.com).

3.2.2 Ruuvipuristus

Ruuvipuristin (Kuva 6) toimii samalla periaatteella kuten ruuvikompressori. Kuten lingossa ruuvipuristimessa myös toimii koko laitteen mitalta suuri keskiöruuvi. Tässä tapauksessa ruuvin nopeus ei ole oleellista, vaan ruuvin tuottama puristusvoima ja kestävyys. Liete syötetään pyörivän ruuvin tilavimpaan ja akselin ohuimpaan pätyyn. Kun spiraali ruuvi kuljettaa lietettä kohti ruuvin toista päätä, alkaa ruuvilaippojen väliin jäävä tilavuus pienentyä. Tämä johtuu ruuvin kartiomaisesta keskiakselista. Lopulta liete joutuu niin ahtaalle, että lietteestä puristuva vesi hakeutuu ruuvin ympäröivän rummun pienistä aukoista rummun ulkopuolelle ja siten rejektiin. (Lohiniva ym. 2001, 55-56.)

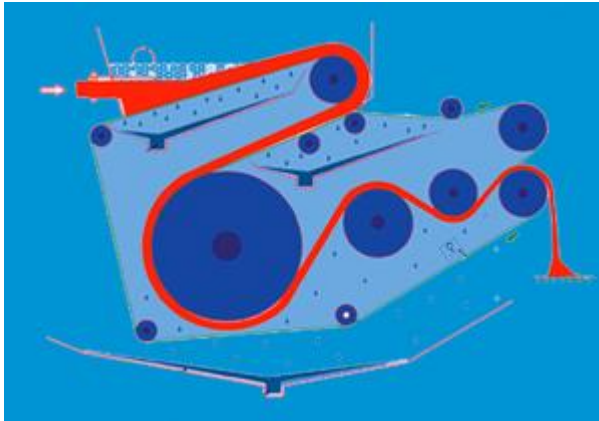


Kuva 6. Periaatepiirros ruuvipuristimen toiminnasta (www.gec.jp).

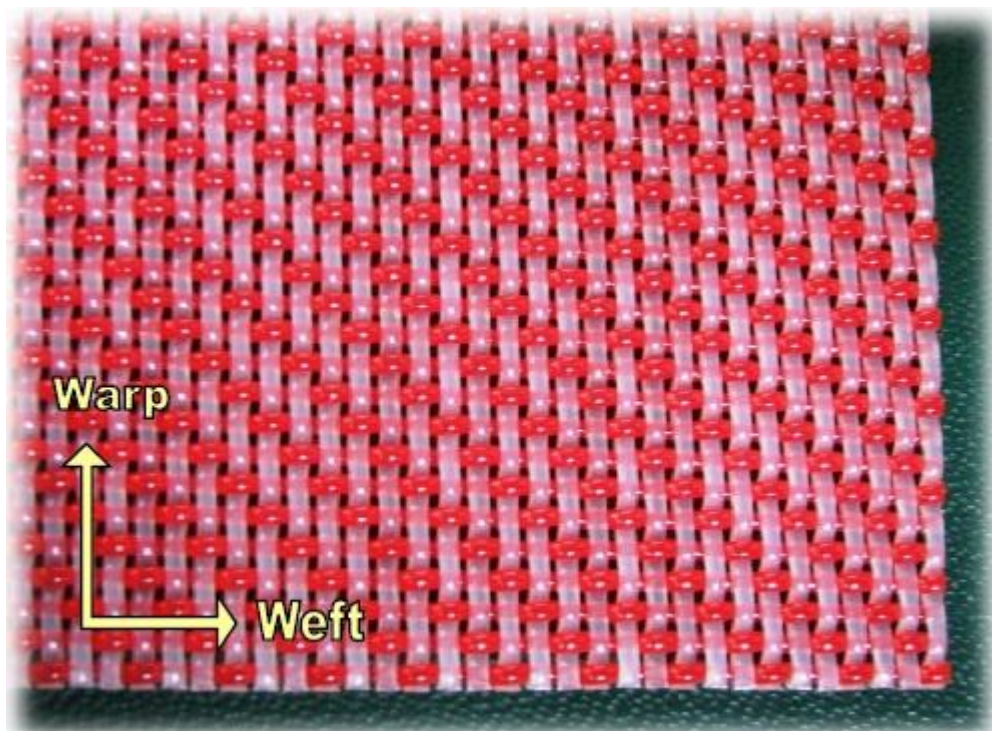
3.2.3 Suotonauhapuristus

Suotonauhapuristimen (kuva 7) perusajatus on kuljettaa lietettä kahden suotonauhan (kuva 8) välissä, luoden lietemassaan kasvavaa puristusta viiraparin pujotellessa useiden telojen ympäri. Telan rakenne yksinkertaisimmillaan on suora sylinterimäinen teräsputki, jonka päissä on hitsatut laipat ja akselit. Viirat

on tehty kestävästä polymeerilangasta mekaanisesti kutomalla, joten tämä muodostaa taipuisan, kestävän ja venymättömän siivilämäisen verkon. Tasaisesti levitetty liete vapauttaa nestettä viirakankaan läpi joutuessaan kovaan puristukseen. (Kajosaari 1981, 261.)



Kuva 7. Periaatepiirros Dewacon suotonauhapursitimesta.



Kuva 8. Lähikuva viirakankaasta 6x4 cm:n alalta.

4 PURISTIN MEKANIikka JA TEKNOLOGIA

4.1 Suotonauhapuristin yleisesti

Vertailtaessa lietteen kuivaustekniikoita, aiheeseen perehtymätön lukija voi saada käsityksen, että suotonauhapuristimia pidetään vanhentuneena tekniikkana verrattuna ruuvipuristimiin ja linkoihin. Syynä saattaa olla se, että suotonauhapuristimien terästarve on suurempi ja kaikkien teräsosien on oltava valmistettu ruostumattomasta materiaalista, jotta saavutetaan hyvä korroosionkestä. Tämä aiheuttaa jo huomattavan hintaeron. Teräslaadun valinta on kuitenkin harkinnanvaraista, sillä pintakorroosio ei juuri vaikuta puristimen toimintaan, mutta saattaa antaa huonon vaikutelman yksiköstä ulkoapäin, varsinkin jos roiskesuojat ovat huonosti toteutettuja.

Myös ilmeiset haju- ja roiskehaitat ovat selvä miinus, verrattaessa suotonauhapuristinta linkoihin ja ruuvipuristimiin, jotka ovat suljettuja yksiköitä, eivätkä ulkopuoliset osat ole suorassa kosketuksessa lietteeseen. Yleisesti ruuvipuristimet mielletään halvemmiksi kokoonpanoiksi ja lingon uskotaan saavuttavan paremman kuiva-aine tuloksen. Nämä pintapuoliset käsitteet vaikuttavat jo monen laitoksen hankintapäätökseen.

Mutta ostaja ei aina ymmärrä tai halua ottaa huomioon pidemmän aikavälin kustannuksia, kuten varaosa- ja huoltotarvetta.

Näin suotonauhapuristimien vahvuuksiin voidaankin laskea erinomainen huollettavuus perinteisesti avonaisen rakenteensa ansiosta, pitkä huoltoväli, prosessin seuranta mahdollisuus, elinikä, olemattomat meluhaitat sekä hyvin alhainen tehontarve. Puristin sopii muita paremmin erilaisille käsiteltäville lietteille. (Veijanen, T. Haastattelu 11/2011)

Laadukkaassa puristimessa yhdistyvät kaikkien tekniikoiden hyvät ominaisuudet, edullisuus, puhtaus, hajuttomuus, äännettömyys energiatehokkuus, kestä-

vyys, huollettavuus ja hyvä kapasiteetti (m^3/h). Suotonauhapuristimessa näitä ominaisuuksia on mahdollista hakea, mutta tasapainottelu kuluja vastaan vaatii tarkkaa suunnittelua, kustannustehokasta alihankinta verkostoa sekä oman tuotannon ammattitaitoa ja tehokkuutta.

4.2 Suotonauhapuristimen toiminta

Ennen lietteen pumppaamista puristimelle, lietteeseen sekoitetaan polymeeriliuosta, joka sitoo pienimmät partikkelit suuremmiksi flokeiksi. Näin lieteeseen ei valu puhtaan veden mukana suotonauhan läpi rejektiveden kaukalo.

Liete-polymeeriseoksen saapuessa puristimelle, ensimmäinen käsittelyosuus on esivedenerotus, jonka aikana lietteestä erottuu suurin osa vedestä pois. Esivedenerotuksessa painovoima päästää kaiken ei-kiinteän suotonauhan läpi, joka on tässä tapauksessa vettä. Polymerisoitu liete levitetään aurojen avulla koko viiran leveydelle. Tämä osuus on noin 1-5 metriä pitkä riippuen paljon valmistajan laitteesta. Viiran nopeus on yleisesti noin 1-6 m/min. Puristinmallista riippuen, puristimessa johon kuuluu myös esivedenerotus, osuus on 2 tai 3 viiraa.

Esivedenerotusalueen jälkeen tiivistetty liete pudotetaan alemmalle viiratasolle, josta alkaa lietteen puristaminen kahden viiran väliin. Periaatteellisella tasolla on tehokkainta järjestää telat siten, että puristuksen paine on alussa pieni, mutta kasvaa loppuun päin mennessä. Tämä saavutetaan muodostamalla viirojen yhtymiskohta vaakatasoon, jonka kohdalla liete alkaa kiilamaisesti puristua viirojen väliin. Näin muodostetaan myös mahdollisimman tasainen lietteen levittyminen viiralle. Ensimmäiset telat ovat suuria ja taittokulmat loivia.

Useat suotonauhapuristimien valmistajat sijoittavat ensimmäiseksi telaksi ns. rumputelan. Rumputela on tiheästi rei'itetty tai muuten normaalista sileästä sylinterimäisestä pinnasta poikkeava siten, että alkupuristuksessa irtoava runsas

vesi pääsee putoamaan suoraan telan läpi rejektiin tai liukuu telassa olevien urien kautta viiran ulkopuolelle.

Kun lietteestä on puristettu helposti erottuva vesi, joka ei vielä esiveden erotuksessa valunut pois, siirtyy lietekakku korkeapaine osuudelle. Tällä osuudella telat ovat halkaisijoiltaan pienempiä ja taittokulmat jyrkkiä. Korkeapaineistetulla osuudella lietettä puristetaan niin paljon kuin teräksisten telojen myötöraja mahdollistaa. Tällä osuudella lietteen toivotaan puristuvan kuiva-ainepitoisuudeltaan 20-30 % luokkaan. Kun viirat taas erkanevat toisistaan, niiden välistä pursuava, noin 5 mm paksuinen kakku kaavitaan kuljettimelle, josta se jatkaa loppukäsittelyyn. Tässä vaiheessa liete on koostumukseltaan kuin kosteaa multaa.

Veden puristuessa viirojen läpi, on huomioitava rejektiveden kanavointi alla kulkevan viiran ohi, ettei jo kertaalleen puristettu vesi pääse imeytymään takasin alla olevaan, kuivempaan lietteeseen. Rejektiviesikaukalot suunnitellaan poikkeuksetta suoraan viirojen alapuolelle, jossa veden erotusta esiintyy. Kaukaloiden avulla vesi johdetaan viiran sivulle, josta se valuu yksikön pohjalle ja sieltä takaisin jätevesikierron alkuun.

Viiran telat on laakeroitu konerunkoon akselikauloistaan. Laakerointitapoja on monenlaisia ja näissä ratkaisuissa nousee esiin hyvä tai huono suunnittelu. Ylimiöitus tulee kalliiksi, sillä yhdessä koneessa on useita kymmeniä laakereita, mutta alimitiöitus taas voi takuuajana tulla vielä tätäkin kalliimmaksi. Varmin tapa on käyttää terälaakeripesiä rullalaakeroinnilla suurelle akselikaulalle. Suurten laakeripesien koneistus on kallista, kuten myös vaihtoehtoisesti valumuotteihin sijoittaminen.

Kevyen rasituksen tapauksessa voidaan käyttää Teknisiä erikoismuoveja, kuten polyeteeni, polyasetali ja polypropeeni. Liukulaakerit ovat myös huoltovapaita.

Pienissä puristimissa valinta on helppo, mutta yli kahden metrin viiranleveyksissä asiaa pitää pohtia kestävyuden kannalta pitäen kustannustehokkuus mielessä.

Suotonauhapuristimissa yleisenä ongelmana esiintyy viiran paikallaan pysyminen. Ohjaamaton viira hakeutuu nopeasti pois radaltaan ja saattaa ajautua koneen runkoa päin. Tämä yleensä rikkoo viiran, joka on puristimen yksi kalleimmista komponenteista.

Yleisesti viiran liikerataa manipuloidaan ohjailemalla viiraradalla olevan telan toista päätyä. Telaa ajettaessa vinoon asentoon, alkaa viira hakeutua toiseen reunaan. Tämä toteutetaan valmistajasta riippuen joko pneumaattisella tai hydraulisella sylinterillä.

Jokaiselle viiralle suositellaan omaa ohjausta. Ohjauslaite on sensori tai anturi joka antaa ohjauskäskyn huomatessaan viiran ajautuvan pois keskiasennosta. Impulssi voi olla pneumaattinen, hydraulinen tai sähköinen.

Viirat eivät veny kovassakaan paineessa ja viirojen väliin syötettävä kakku vaihtelee olemattomasta useisiin senttimetreihin. Tästä johtuen viirojen pituuden tarve vaihtelee jatkuvasti. Jotta ohjaus toimisi, on viirojen oltava jatkuvasti kireinä. Tästä syystä viiroille tarvitaan kiristäjä. Useimmat valmistajat käyttävät ns. kiristystelaa ottamaan löysät pois viirasta koneen kapasiteetin ollessa tyhjiillään tai pienellä syötöllä.

Kun viirojen välissä on suurin sallittu lietemäärä, kiristystela hakeutuu ääriasentoonsa ja viira on juuri sopivan mittainen aina tilanteen mukaan. Kiristystelan laakerit ovat kiskoilla ja säätyvät usein pneumatiikka- tai hydraulisylinterien toimesta. Kiristys ei yksinkertaisimmillaan tarvitse ohjaussignaalia, vaan sylinterit puskevat aina viiraa kireämmälle, mutta paineen kasvaessa sylinteriin asennettu paineventtiili antaa periksi ennen kuin viirojen välissä oleva paine kasvaa liian suureksi ja rikottaa telat ja laakerit.

Kun puristimessa on yksi esierotusviira ja kaksi puristusviiraa, selvittää mahdollisesti yhdellä puristustelalla ja kahdella sylinterillä. Jos valmistaja haluaa rakentaa tuotteen laadukkaasti, niin jokaiselle viiralle oma kiristys on paras vaihtoehto, mutta aiheuttaa roimasti lisäkustannuksia.

Suotonauhan pienet silmukat alkavat tukkeutua ajan kuluessa. Kun yksikkö on ollut toiminnassa useita tunteja, veden erotus heikkenee ja viirasta irtoava liete alkaa tarttua telojen pintaan. Tämä aiheuttaa ongelmia pitkällä aikavälillä telojen kestävyuden ja koneen toiminnan kannalta. Tämän takia kaikkia viiroja on hyvä huuhdella jatkuvasti. Asentamalla korkeapainepesu viiran yläpuolelle viiran koko leveydeltä, saadaan vesisuihku, joka irrottaa lian tehokkaasti viirasta ja lika putoaa rejektiin ennen kuin se ehtii kertymään laitteen osiin.

Jokaisen viiraradan yhtä telaa tulee pyörittää, jotta viira liikkuu eteenpäin. Sähkömoottorit ovat tähän yleisin ratkaisu. Yleensä jokainen viira kulkee samalla nopeudella, joten valmistaja selviää yhdellä moottorilla jopa kolmelle vetävälle telalle. Tämä edellyttää ketjujen ja hammasrattaiden käyttöä. Varmin ratkaisu on asentaa joka viiraradalle oma käyttö. Tämä on suuri hintaan vaikuttava tekijä.

Markkinoilla olevista puristimista suurin osa on hitsattuja palkkirunkoisia, mutta jotkin valmistajat käyttävät nykypäivän edullista laser-, vesi- tai plasmaleikkaustekniikkaa hyödykseen runkovalmistuksessa. Tällä tavalla korvataan muuten perinteinen palkkirungon puolikas yhdellä suurella teräslevyllä. Tämä valmistustekniikka ei välttämättä ole halvempi tai kalliimpi, mutta riippuu suuresti käytetystä materiaalista ja tuotannon palkkatasosta.

Levyrunkoisessa puristimessa kuitenkin suurena etuna on suljettu kokonaisuus, joka pitää roiskeet sekä hajuhaitat sisällään linkojen ja ruuvipuristimien tapaan.

Suljettuun kokonaisuuteen lisätty hajunpoistokanava poistaa hajuhaitat miltein kokonaan.

Suljetun kokonaisuuden haittapuolena on huonompi huollettavuus. Jos huollettavien osien luoksepääsyä ei ole huomioitu suunnitteluvaiheessa, puristimen vikatilanteessa törmätään todelliseen ongelmaan.

5 OPINNÄYTETYÖLLE ASETETUT TAVOITTEET

5.1 Tarve opinnäytetyölle

Tarve tälle työlle ilmaantui haluttujen tuotekehitysmuutosten toteutuksen viivästymisestä. Dewaco Oy:llä on ollut tarve tuotekehitysmuutoksille jo vuosien ajan. Useimmat muutostarpeet ja periaatteelliset ratkaisut ovat olleet jo olemassa, mutta muutoksia ei ole ehditty ajaa kunnolla läpi.

Opinnäytetyön alkuperäinen ajatus oli saada osa suurimpia ongelmia esille, kehittää niille ratkaisu ja toteuttaa ne tuotantovalmiiksi. Useat parannustarpeet tiedettiin heti, mutta silti katsottiin parhaaksi etsiä kaikki mahdolliset tuotekehitys mahdollisuudet. Vaikka ensimmäinen prioriteetti oli toimintavarmuuden parantaminen, haluttiin tutkia mahdollisia säästökohteita jo hyväksi havaituista ratkaisuista.

Parhaimpana tietoperustana käytettiin käyttöönotto- ja huoltoinsinöörien eri laitoksilla teettämiä tarkastuspöytäkirjoja, joissa ongelmat ja puutteet oli yksityiskohtaisesti kuvailtu. Asiakkaan tekemistä reklamaatioista saatiin myös hyviä suuntaa antavia ohjeita laitteiden parantamiseksi. Reklamaatioraportit eivät olleet yhtä luotettavia koska asiakkaan näkökulmasta kirjoitettu raportti saattaa olla hieman liioitteleva. Varaosatarpeista kerätty yhteenveto paljastaa komponenttien keskimääräisen eliniän, mutta näitä ei lähdetty parantamaan, sillä asiakas helposti hyväksyy tiettyjen osien vaihtotarpeen ja tämä on vahvasti yrityksen etu.

5.2 Korjausehdotukset

Yksikään tuote ei ole täydellinen ja parannettavaa löytyy aina, joten työ päätettiin rajata yhdelle puristintyyppille. FPD-puristin on yrityksen neljäs ja uusin puris-

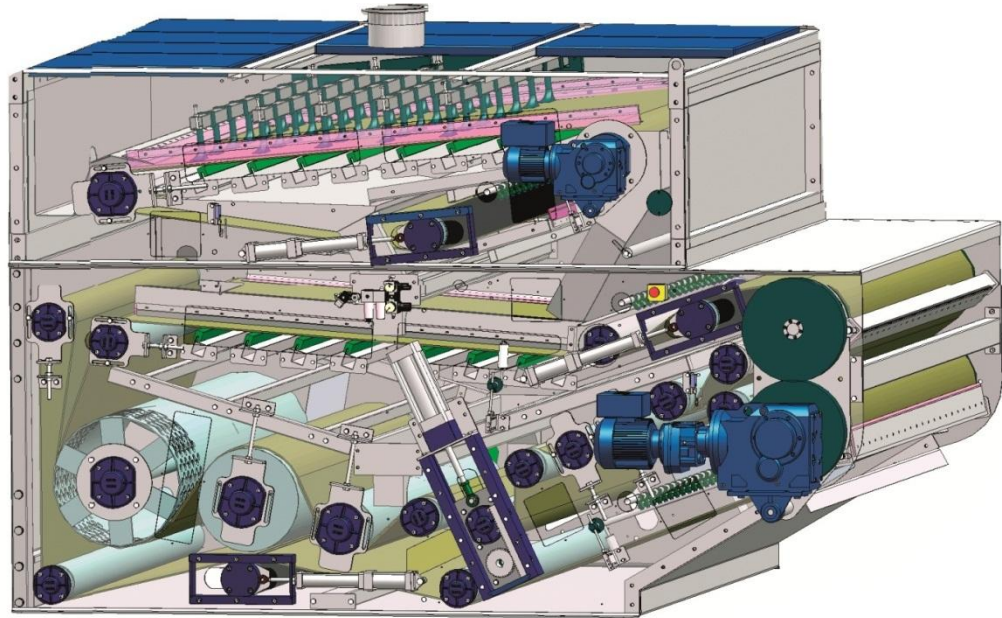
tin malli. Puristimen suunnittelu aloitettiin vuonna 2002 ja ensimmäinen toimiva versio toimitettiin Turkkiin vuonna 2004 (kuva 9). Ensimmäinen neljän puristimen sarja oli samalla myös prototyyppisarja ja seuraavan vuoden aikana puristimeen tehtiin lukuisia muutoksia. Näiden muutosten jälkeen kuitenkin osa prosessiin vaikuttavista ongelmista jäi jäljelle, joita ei pienellä muutoksella ole saatu korjattua.



Kuva 9. Dewacon ensimmäinen FPD puristin viimeistely vaiheessa.

FPD-puristin on levyrunkoinen suotonauhapuristin (kuva 10), jossa on kiinteä, mutta irrotettavissa oleva esivedenerotusyksikkö. Puristimen teräsosat ovat joko ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä. Kolmelle suotonauhalle on kaksi sähkömoottoria; esivedenerottimelle oma ja puristimen viiroille yhteinen. Voima jaetaan vetoteloille hammasratasparilla. Laakerit ovat poikkeuksetta rullalaakereita. Laakeripesät koneistettiin alun perin aikaisemmin mainituista tekni-
sistä muovista, mutta puristinmallin hyvän vastaanoton jälkeen laakeripesille

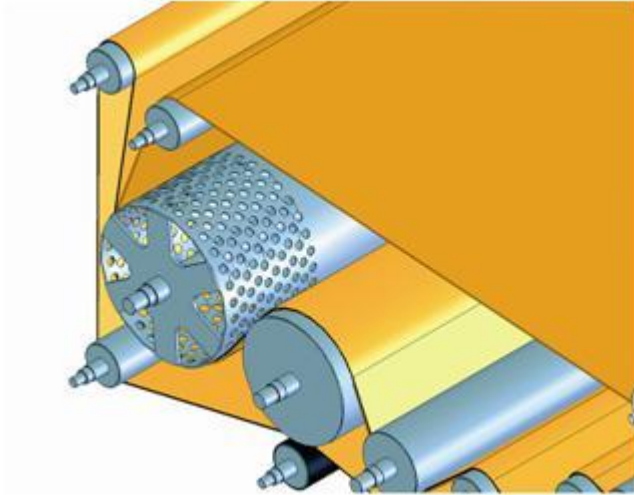
teetettiin valumallit. Nykyään pesät tehdään muovipuristeena. Viirankiristykseen ja ohjaukseen käytetään paineilmatoimisia sylintereitä ja venttiileitä.



Kuva 10. FPD-puristimen ja siihen liitetyn esivedenerotussyksikön 3D-malli.

Lähtökohtaisesti opinnäytetyö tähtäsi viiran kiristuksen, huoltoluukkujen ja rumputelan parantamiseen.

Rumputela haluttiin puristimeen, koska sillä on markkinointiarvoa asiakkaalle. Rumputelan sijoitus nykyisessä FPD-puristimessa ei kuitenkaan ole paras mahdollinen, koska viirapari kulkee rummun alta (kuva 11) eikä päältä, jolloin puristuva vesi pääsisi putoamaan telan läpi. Nyt puristuva vesi pursuaa telan rei'istä telan sisään, mutta palautuu välittömästi takaisin viiralle ja imeytyy lietteeseen uudelleen. Käytännöllisin ratkaisu olisi vaihtaa telajärjestystä siten että viira kulkisi rummun päältä.



Kuva 11. Lietteen esipuristuksen kita ja rumputela.

Nykyiset huoltoluukut ovat yksinkertaiset sekä edulliset, mutta joissain tapauksissa ne alkavat vuotaa nesteitä kun puristin on ollut pidempään jokapäiväisessä käytössä. Tämä ei vaikuta puristimen toimivuuteen, mutta on kosmeettinen haitta. Levyrungon sisäpintaan roiskunut rasva ja epäpuhtaudet valuvat hiljalleen huoltoluukun tiivisteille ja lopulta löytävät tien huoltoluukun ulkopuolelle.

FPD-puristimen viiran ohjaus on tuottanut ongelmia joissakin tapauksissa, yleisimpänä laitoksissa, joissa puristimella ajetaan suuria kuormia. Kaikissa Dewaco Oy:n puristimissa viiranohjausmekaniikka on yksinkertainen, riippumaton muista järjestelmistä ja siksi toimintavarma. Ainoa syy toimimattomuuteen komponenttirikon lisäksi, voi olla vain viiran löystyminen. FPD-puristimessa on vain yksi kiristystela ja onkin käynyt ilmeiseksi, että yksi tela ei riitä kiristämään molempia viiroja kun käyttäjä ylittää sallitun lietekapasiteetin.

5.3 Uusi puristinmalli

Ensimmäisten korjaussketsien jälkeen kävi selväksi, että jokainen halutuista ratkaisuista tulisi viemään runsaasti enemmän tilaa. FPD-puristin oli jo entuu-

destaan hieman ahdas ja vaativa huollettava pienten huoltoluukkujen johdosta. Huoltoluukkujen suurentaminen taas olisi pois levyrunгон pinta-alasta, josta oli jo nyt puutetta.

Kiristysongelman ainoa realistinen korjaustapa oli sovittaa molemmille viiroille oma kiristystela. Alimaisille puristusviiroille tämä oli mahdollista, mutta ylemmän puristusviiran reitiltä ei löytynyt sopivaa kohtaa asentaa säädettävää laakeriparia ja niille paineilmasylinterejä.

Työnantaja taholta tuli aloite käynnistää uuden puristinmallin suunnittelu, ja opinnäytetyön tavoitetta suunnattiin enemmän uuden puristimen esisuunnitelman laatimiseen. Uusi puristin tuli kehittää vahvasti FPD-puristimen pohjalta. Yrityksellä oli jo olemassa tehokkaampi esivedenerotusyksikkö joka moduulimaisesti voisi korvata FPD-puristimen esivedenerotusyksikön. Uudempaan esivedenerotusyksikköön oltiin tyytyväisiä, joten uusi puristin malli olisi pelkkä puristinyksikkö.

Uuden puristinmallin työnimeksi annettiin PPD. Opinnäytetyön tavoitteeksi asetettiin telajärjestyksen esisuunnittelu. Uudessa telajärjestyksessä piti huomioida seuraavat seikat: Lietteen esipuristus, rumputela, viiran kiristys, laakerointi ja telat, huoltoluukut ja hinta.

5.3.1 Lietteen esipuristus

FPD-puristimen ongelmana oli lietteen ”kipkaus” viirojen välin, jonka jälkeen liete joutui heti telapuristukseen. Tämä aiheutti lietteen patoutumista ja epätaisaista kakkua. Esipuristuksella valmisteltaisiin runsaan vesipitoista lietettä valmiiksi telapuristukselle.

5.3.2 Rumputela

Rumputela on suotonauhapuristimen ehdottomasti kallein tela. Dewaco Oy:n käyttämässä reikärummussa yli puolet sylinteripinta-alasta on koneistettua reikää. Rummun ainevahvuus muihin teloihin verrattuna on vähintään kaksinkertainen. Reiät koneistetaan levyyn, joka myöhemmin mankeloidaan rullalle. Tämän työvaiheen johdosta telan kustannus- ja toimitusaika määrittelee suuren osan puristimen toimitusajasta sekä 7-15 % materiaalikustannuksista. Rumputelan halkaisijan pienentämisen mahdollisuutta haluttiin tutkia, kuten myös telan sijoittamista siten, että viirapari kulkee telan päältä.

5.3.3 Viiran kiristys

Uuteen puristimeen haluttiin toteuttaa kiristys molemmille viiroille, joten työn tehtävänä oli löytää kiristys mekanismeille sopivat paikat. Puristimen rungon kasvattamista FPD-puristimen mitoista ei pidetty huonona asiana. Uuden suunnitelman suuremman sivulevyn hinta ei ole suoraan verrannollinen suhteessa levyn kokoon, sillä alihankinta joka tapauksessa käyttää 4x2 metrin suuruisen levyn puristimen sivulevyn leikkaamiseen ja laskuttaa hukkamäärän yritykseltä.

5.3.4 Laakerointi ja telat

Dewacolla ei varsinaisesti ole käytössä ”heavy duty” -puristinmallia, joten PPD-puristimesta tuli suunnitella raskaan sarjan puristin. Käytössä olevissa vakio puristinmalleissa kohdataan tela- ja laakerivaurioita mikäli puristinta ajetaan huomattavalla ylikuormalla. Telan pituuden kasvaessa sen kestävyden varmuuskerroin heikkenee suhteellisesti aiheuttaen suuremman todennäköisyyden telavauriolle. Telavauriot ovat melkein poikkeuksetta tapahtuneet varsinaisella puristusalueella, eli viimeisten 6-8 telan matkalta ennen lietteen pudotuspistettä.

Tästä johtuen puristusalueen teloja on jouduttu vaihtamaan toimituksen jälkeen tai niitä on korvattu ennakoivasti tehtaalla vahvemmillä teloilla.

Perinteisten $\varnothing 114$ mm ja $\varnothing 139$ mm telahalkaisijoiden sijaan puristimeen suunniteltaisiin vakioksi $\varnothing 168$ mm puristustelat. Taittotelat, ohjaustelat ja vetotelat toteutettaisiin FPD-mallin mukaisesti.

Puristusosuuden peruslaakereina käytetään rullalaakeria teräslaakeripesällä, kun taitto- ja ohjauslaakereina käytetään rullalaakeria ruiskupuristetulla muovilaakeripesällä. FPD-puristimen suunnittelussa ei otettu juurikaan huomioon telavaurion todennäköisyyttä ja tästä johtuen telan vaihtaminen on vaivalloista, aikaa vievää ja kallista. Tässä opinnäytetyön suunnitelmassa on varauduttava telanvaihtoon ja tehtävä siitä mahdollisimman helppoa.

5.3.5 Huoltoluukut

Uusien huoltoluukkujen on oltava entisiä tiiviimmät. Halvempia luukkuja on melkein mahdotonta toteuttaa, mutta kustannus on pidettävä silti hyvin maltillisena. Huoltoluukut on myös sijoitettava paremmin huollettavien osien lähetyvyydelle, joka helpottaa ja nopeuttaa huoltotoimintaa.

5.3.6 Hinta

Alusta oli selvä että ”heavy duty” -puristin tulisi hieman kalliimmaksi. Sovittiin, että kriittisistä komponenteista ei säästetä, mutta kaikki FPD-puristimesta lainatut ratkaisut tulisi miettiä uudelleen ja hakea edullisempia vaihtoehtoja. Koska lopputyö ei sisällä koko puristimen yksityiskohtaista suunnittelua ja tuotteistusta, hinta ei varsinaisesti ollut pääasiallisena murheena, mutta se on silti hyvä pitää mielessä ratkaisuja rajoittavana tekijänä.

Vaikka pääasiallisena aiheena on telajärjestyksen esisuunnittelu, silti monia puristimen yksityiskohtia ei voida sivuttaa, sillä kaikki yllämainitut ja monet muut osat ovat kiinnitettynä puristimen sivulevyyn. Huoltoluukun lisääminen tarkoittaa suurta aukkoa sivulevyssä, johon myös telojen laakeroinnit olisi tarkoitus kiinnittää. Tämä johtaa väkisinkin kaikkien komponenttien tilan varaamiseen. Kun FPD-puristimen perinteinen osa ei tilantarpeeltaan sovi muuten hyvään suunnitelmaan, syntyy välitön tarve tuotekehitykselle.

6 OPINNÄYTETYÖN KUVAUS JA MENETELMÄT

6.1 Työkalut ja resurssit

Opinnäytetyön seuraamiseen osallistuivat suunnittelupäällikkö, käyttöönotto- ja huolto insinööri, koneasentaja, tuotantopäällikkö, suunnitteluinsinööri sekä myynnin johtaja. Suunnittelu aloitettiin syyskuussa 2010 ja suunnitelman oli tarkoitus olla esittely vaiheessa vuoden 2011 ensimmäisellä neljänneksellä. Opinnäytetyön lopputulosta, suunnitelmia ja kuvia pidetään pohjana puristimen lopulliselle kehitysvaiheelle. PPD-puristimen kuvat tulisi olla valmiina kolmannen neljänneksen alkupuolella.

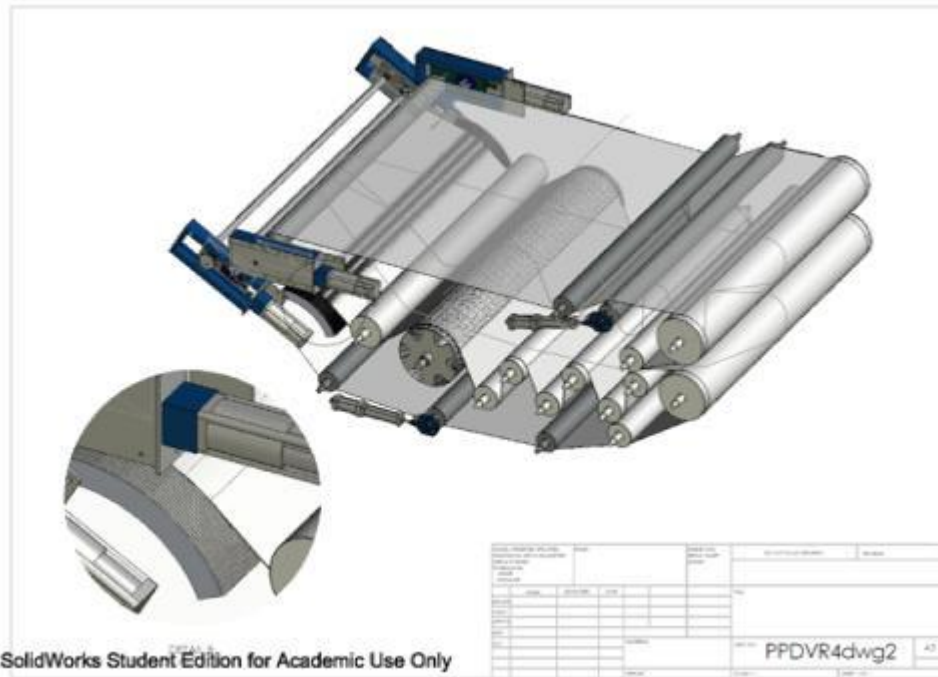
Aloituspalaverissa käytiin läpi tuotannon, myynnin ja suunnittelun toiveet uudelle puristintyypille. Palaverissa kirjoitetaan pöytäkirja, johon kirjataan seuraavaan palaveriin mennessä toteutettavat suunnitelmat, muutokset ja miten viime palaverin tavoitteet on saavutettu.

Uutta telajärjestystä lähdettiin etsimään kuuntelemalla kaikkien osapuolten omia mielipiteitä ja kokemuksia. Hyvänä lähteenä oli asiallinen kilpailijaseuranta. Vaikka kaikkien valmistajien puristimet pääosin noudattivat samaa kaavaa kuin oman yrityksen ratkaisut, sai niistä yllättäviä ideoita ja rohkeutta lähteä hakemaan aivan erilaista lähestymistapaa.

Raakahahmotteluun käytettiin AutoCad:ia joka mahdollisti nopean, helpon ja yksinkertaisen esitystavan, jossa pystyttiin huomioimaan mittasuhteet sekä osien suuripiirteisen tilantarpeen.

Kolmen palaverin jälkeen päädyttiin kahteen malliin (Kuva 12), josta tehtiin tarkempi 3D Cad-malli käyttäen SolidWorks-ohjelmistoa. SolidWorks-ohjelmiston

lisenssi oli mahdollista saada koululta ja osoittautui tässä tapauksessa erittäin hyödylliseksi.



Kuva 12. Esimerkki palaverissa esitetystä puristinmallista.

Neljännessä palaverissa todettiin että kahden SolidWorks-mallin päivittäminen toiveiden mukaisiksi kävisi lopulta vaivalloiseksi, joten päätettiin siirtyä päivittämään pelkästään yhtä mallia.

6.2 PPD-puristimen runko

Käytännössä telojen ideaalisen asetelman löytäminen määritteli rungon ääri-
mitat, ainoana rajoitteena sivulevyn koon hahmottamisessa oli leikattavan teräs-
levyn aihion tehdasmitta. sivulevyn ylä- ja alareunaan tehdään 60 mm:n särmä-
ykset, jolla sivulevyyn saadaan pitkittäistä jäykkyyttä ja liitäntäpinnat puristimen

kiinnittämiseksi esivedenerotinyksikölle ja alapuolelle kiinnitettävälle suodosvesikaukalolle. 4x2 m:n levystä saadaan maksimissaan 1.88 m korkea ja 4 m pitkä sivulevy. Vakiomateriaalina on joko ruostumaton (AISI304) tai haponkestävä (AISI316) kuumavalssattu teräs. FPD-puristimissa 6 mm:n levyn vahvuus on havaittu riittäväksi, joten tässä mallissa tullaan käyttämään samaa vahvuutta. Valitun levyn paksuus on sopiva laserissa poltettujen reikien kierteittämiseksi, muttei kuitenkaan liian ohut, että se olisi muovautunut kovan iskun johdosta lastausonnettomuuksissa tai telavaurioissa.

Levyrunko ei ole hitsattu kokonaisuus, vaan kasattu täysin pulttiliitoksin. Kun palkkirunkoinen on jäykkä jo puolivalmisteena, levyrunkoinen jäykistyy vasta sivulevystä sivulevyyn pultattujen suodosvesikaukaloiden, viirankannattimien ja telojen asennuksen jälkeen.

6.3 Runkotyypin valinta tuotantotehokkuuden ja kustannusten näkökulmasta

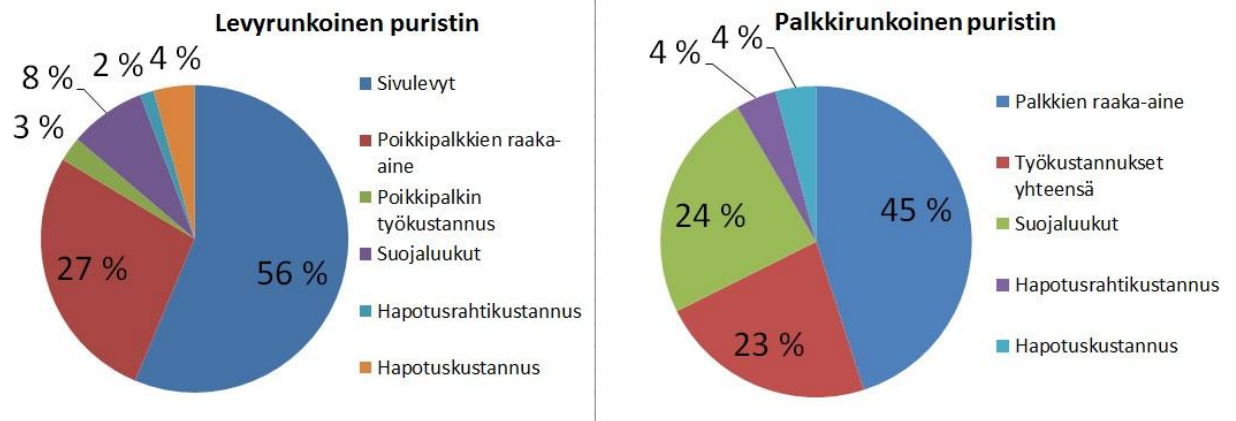
Työkustannuksen hinta on ratkaiseva tekijä vertailtaessa kahden runkotyyppin kustannuskannattavuutta. Palkkirunkoiseen puristimeen kuuluu useita työvaiheita, kuten sahaaminen, poraaminen ja hitsaus. Levyrunkoisen puristimen osat tulevat valmiina ja näin ne ohittavat edellämainitut työvaiheet sekä tuotantokapasiteetin menetyksestä johtuvat epäsuorat kustannukset. Molemmille vaihtoehdoille pitää kuitenkin laskea toimituskustannus, olkoon se sitten materiaalin toimitus tai puolivalmisteen toimitus. Molemmat runkotyypit pitää myös käyttää passivoinnissa. Palkkirunkoinen puristin toimitetaan passivointiin kokonaisuena, sillä välipalkit ovat hitsattavia ja passivoinnin jälkeen runkoa ei enää voi hitsata. Levyrunko taas toimitetaan passivointiin osissa, joka vie huomattavasti vähemmän tilaa. Passivointi vaiheen rahtikustannukset ja passivointi itse lasketaan rungon kokonaiskustannukseen. Kun palkkirunkoisessa puristimessa säästetään materiaalikustannuksissa, niin korkeat työkustannukset voivat syödä sillä saavutetun hyödyn nopeasti.

Ruostumaton teräs menettää ruostumattoman ominaisuutensa hitsauksessa. Teräksen pintaan hitsauksessa muodostunut oksidikerros poistetaan kemiallisella peittauksella, eli upottamalla kappale typpi- ja fluorivety happoaltaaseen. Tästä menetelmästä käytetään termiä passivointi tai yksinkertaisesti; hapotus.

Runsaasta hitsauksesta johtuen palkkirunko viedään hapotettavaksi, mutta myös särmäyspuristettu levyrunгон puolikas viedään hapotukseen. Tämä johtuu siitä, että särmäyspuristimen terinä käytetään ns. mustaa rautaa, mitkä puristaessaan ruostumatonta terästä naarmuttavat sen pintaa, jättäen näin oksidikerroksen särmäyskohtaan. Levy alkaa ruostua jo muutaman päivän ulkona säilyttämisen jälkeen.

Yrityksen nykyisen palkkirunkosuunnitelman mukaan koko runko hitsataan kokonaisuudeksi. Palkkirunko kokonaisuus koostuu kahdesta runгон puolikkaasta sekä neljästä poikkipalkista. Levyrunkoinen kone kasataan pulttiliitoksin vasta hapotuskäsittelyn jälkeen. Tästä johtuen palkkirunгон hapotusrahtikustannukset ovat suuremmat kuin levyrunkoisen, koska tilan tarve on huomattavasti suurempi.

Suora kustannusvertailu (Kuva 13) osoittaa palkkirunkoisen puristimen olevan suunnilleen samanhintainen kuin levyrunkoinen. Otettaessa huomioon alkutuotannon kuormittumisen sekä hajutiiveyden saavuttaminen, on levyrunkoinen mielekkäämpi ratkaisu uudelle puristimelle.



Kuva 13. Levy -ja Palkkirunkoisen puristimen hinnan muodostus. Rahallisesti palkkirunkoinen on 2,1 % kalliimpi.

Sivulevyn muoto ja aukotus määräytyy lopullisesti vasta kaikkien osien sijoittamisen ja tuotekehityksen jälkeen. Alustava kuva sivulevystä kuvassa 30.

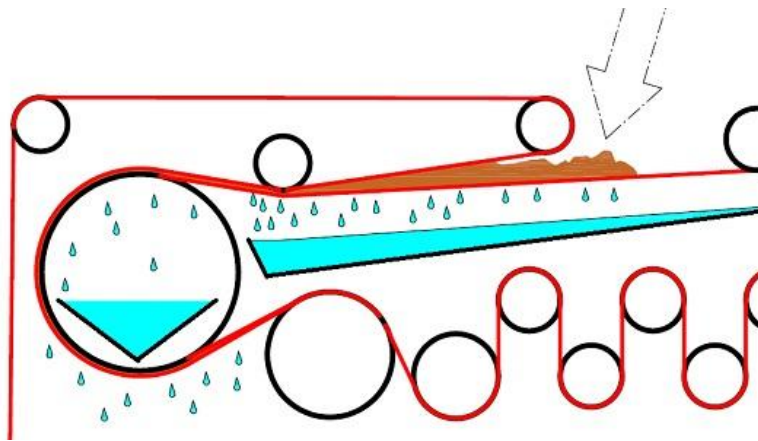
6.4 Telat ja telajärjestys

Telajärjestyksen haluttu suunnitelma hyväksyttiin jo neljännessä seurantapalaverissa. Telojen sijoittelu siten, että kaikille muille komponenteille jäisi tilaa toimia, oli opinnäytetyön varsinainen haaste.

Lietteen esipuristus oli uudelle puristimelle vaadittu ominaisuus. Suunnitelmasa päädyttiin FPD-puristimen kaltaiseen ratkaisuun, jossa liete putoaa esivedenerotuslaitteelta toiselle eräänlaiselle esivedenerotus alueelle. Lietteen esipuristus olisi ideaalista tällä alueella.

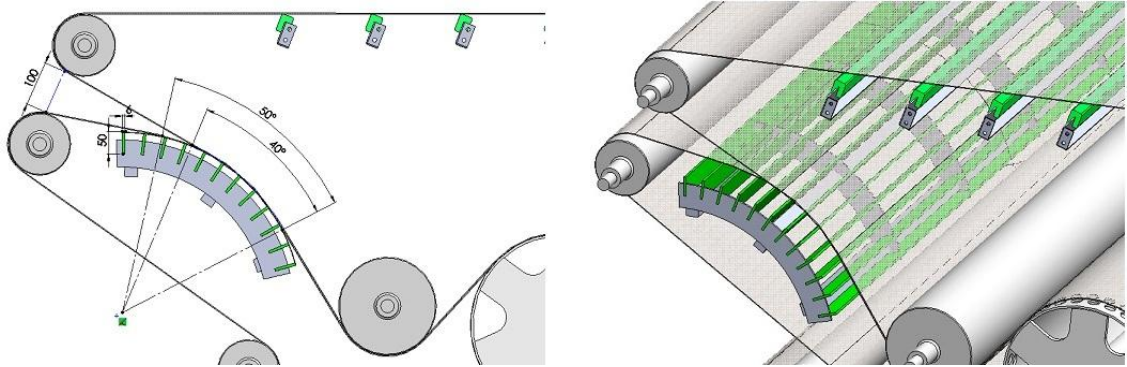
Kuten kilpailijoiden ratkaisuja tarkastelemalla kuvan 14 mukainen ratkaisu oli ilmeisin, mutta tällainen ratkaisu olisi edellyttänyt ainakin 1-2 ylimääräisen taitto-

telan ja 2-4 laakerikokonaisuuden lisäämistä sekä pidempää alaviiraa. Tämä toteutus tulisi kalliiksi leveissä puristimissa. Lisäksi haittana pidettiin, ettei puristimen takasuojia irrottamalla näkisi viirojen päälle, mikä mahdollisesti hankaloitaisi tarkastus ja huoltotyötä tulevaisuudessa. Tämä ratkaisu myös hankaloittaisi ylemmälle viiralle halutun kiristystelan sijoittamista.



Kuva 14. Lietteen esipuristus.

Liete putoaa puristimen ylemmältä viiralta alemmalle viiralle, josta se jatkaa kulua viirojen yhtymiskohtaan. Kuten jo aiemmin on mainittu, ensimmäisen puristusvaiheen tulisi olla hieno, jotta liete ei pääsisi patoutumaan sen joutuessa heti aluksi liian ahtaaseen puristukseen. Tavoitteena uudessa suunnitelmassa oli vähintään 8 cm:n korkuinen ”viirakita”. Ratkaisuksi esipuristukselle ehdotettiin suurelle säteelle aseteltuja poikittaisia PE-muoviliuskoja, joista muodostuisi noin 70° pituinen kaari, ennen ensimmäistä puristavaa telaa (kuva 15). Muoviliuskat olisivat noin 6 mm:n paksuisia, 50 mm:n korkuisia ja 100 mm:ä leveämpiä kuin käytettävä viira. Liuskat kiinnitettäisiin polttoleikkauksesta tilattuihin kaariin, joiden ulkopinnassa olisi 20 mm syvät urat liuskoille ja kaaria olisi 4-7 kappaletta tukemassa liuskoja koko matkalta. Viirat laahaisivat liuskoja vasten noin 300 mm:n matkalta, tässä vaiheessa puristuva vesi pääsee putoamaan liuskojen lomitse suoraan rejektiin.



Kuva 15. Kaarimainen esipuristusalue.

Tämän suunnitelman haasteena on varmistaa että liuskat pysyvät urillaan, eivätkä väännä viirojen laahaavasta voimasta ja lähde viiran mukana paikaltaan.

Toisena vastaavanlaisena suunnitelmana oli liuskojen sijasta esijännitetty muovilevy, jossa olisi koneistettuja reikiä reikärummun tapaan. Muovilevy olisi selvästi kalliimpi ratkaisu, mutta varmatoimisempi. Molemmat vaihtoehdot olivat lopputyön päättyessä edelleen auki.

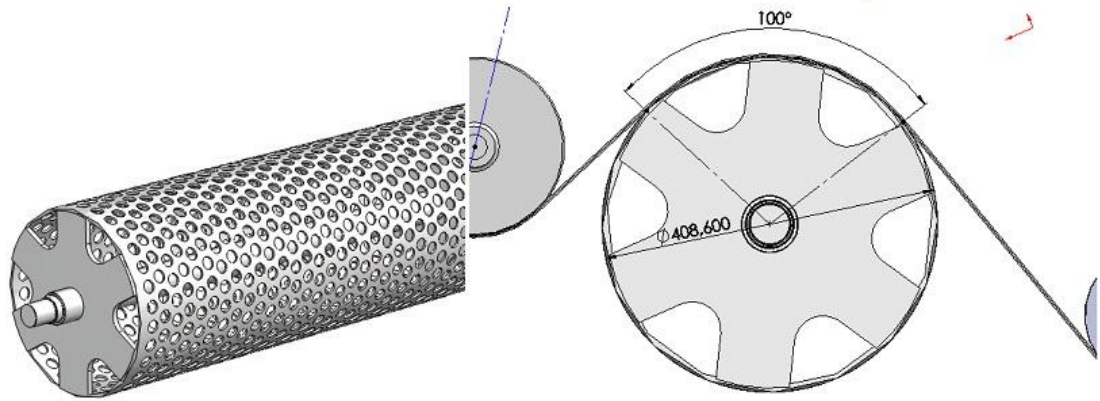
Muovimateriaalin kulutuskestävyys ei ole niinkään ongelma, sillä samaa materiaalia käytetään esivedenerotuksessa viiran kannattimissa ja kulumisen on vähäistä ensimmäisen kahden vuoden aikana. Lopulta liuskat tai levy pitäisi vaihtaa kulumisen takia, joten kyseiselle esipuristukselle pitää olla helposti luokse päästävä huolto- ja tarkistusluukku. Liuskojen tai levyn vaihtaminen huoltoluukusta olisi todennäköisesti hankalaa, koska liuskat pitäisi pahimmassa tapauksessa liu'uttaa 3 metrin matkalta pieniin kannatusuriin ja levy pitäisi todennäköisesti kiinnittää keskeltä vääntymän estämiseksi. Ratkaisuksi ongelmalle hahmoteltiin suunnitelmaa, jolla koko esipuristuspaketti saataisiin vedettyä pois puristimen kyljestä eräänlaisena moduulina. Haasteena tälle olisi jo poikkeuksellisen korkea tuotantokustannus sekä kaikki puristimeen sisällä oleva mekaniikka tukkeutuu helposti, joten ratkaisun olisi oltava hyvin yksinkertainen. Tähän ominaisuuteen saatiin kuitenkin hahmoteltua ratkaisu, joka hoitaa toiminnon sellaise-

naan. Kun esipuristus pöydälle haluttiin lisätä vielä säädettävyyttä, siten että paketti on nivelöity kaaren alapäästä ja yläpäässä on portaaton korkeussäätö, päätettiin ulosvetomekaniikan yksityiskohdat jättää yrityksen myöhempään tuotekehitykseen.

Esipuristuksen jälkeen ensimmäinen puristustela on sylinterihalkaisijaltaan 219 mm:n puristustela. Tämän tilalle ideaali tela olisi rumputela, mutta koska vaatimuksena oli nimenomaan saada viira kulkemaan rumputelan päältä, niin ensimmäisenä telana on toimittava tela joka kääntää viiran tulokulman sopivaksi rumputelalle. $\varnothing 219$ mm:n telalla tulisi olla puristimen ainoat säädettävät laakeripesät. FPD-puristimessa säädettäviä lakeeripesiä oli peräti seitsemän paria, joita harvoin säädettiin tehtaan esiasetuksen jälkeen. Säädettävät laakeripesät eivät aiheuta kovinkaan paljon kustannuksia, vaan ennemminkin tilaongelmia. Säädettävillä laakereilla/teloilla pyritään kiristämään viira sopivaan mittaan ennen pneumaattista kiristystä, laitoksen lietekuorman mukaan. PPD-puristimen kahdella kiristystelalla toivotaan saavutettavan kaikki kiristys, mitä tarvitaan riippumatta laitoksella ajettavasta kuormasta. Kuitenkin lietetyypistä riippuen, jotkin lietteet ovat parempia luovuttamaan vettä, eli esipuristuksessa voi puristaa enemmän lietettä. Tätä telaa säätämällä ala-asentoon saadaan kaikki teho irti esierotuspöydän koko mitalta ja tulevalta rumputelalta. Telaa säädettäessä ylä-asentoon, alkupuristus on hienompi, eikä liete pääse patoutumaan, mutta tällöin esipuristuspyötä ei tule käytettyä koko matkalta.

Rumputelan arvo johtuu levypintaan porattujen ja viistettyjen reikien johdosta. Pientämällä 508 mm:ä halkaisijaltaan olevaa telaa $\varnothing 408$ millimetriin hintakin laskee oleellisesti, telan kuitenkaan menettämättä siltä vaadittua ominaisuutta. Toimittajalta varmistettiin, että reikälevyn pystyy mankeloimaan pienemmälle säteelle. Koska tämä oli mahdollista, PPD-puristimessa päätettiin käyttää pienempää rumputelaa (kuva 16). Tela muuten pysyy rakenteeltaan ja laakeroinnil-

taan samanlaisena. Viirapari kulkee telan pintaa myöten sadan asteen matkalta, joka katsotaan riittäväksi.

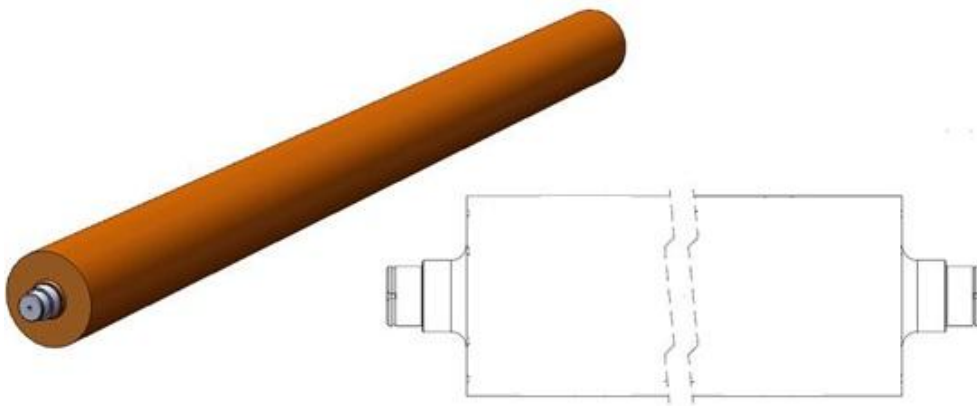


Kuva 16. Pienempi rumputela.

Puristimeen valitaan ensisijaisesti asennettavaksi vahvistettuja $\varnothing 168$ mm:n puristusteloja kuusi kappaletta. Vahvistetun puristustelan suunnitelmat oli tehty valmiiksi jo vuonna 2006 toimitettuun suotonauhapuristimeen. Tämän jälkeen rikkoutuneita puristusteloja on korvattu kyseisillä teloilla. Myös useisiin uusiin projekteihin on asennettu vahvistetut telat jo tehtaalla, pääasiassa N-PD-puristimiin. FPD-puristimissa ongelmana on vahvistetun telan suurempien laakereiden vaatima tila, joiden asennus ei onnistu ilman sivulevyn polttoleikkausta. Tämä olisi erityisen vaikeaa ja kallista jo toimitettuun puristimeen. Uuden puristimen suunnitteluvaiheessa on tärkeää mahdollistaa normaalin puristustelan vaihtaminen suurempaan ja kestävämpään puristustelaan.

Vahvistettu puristustela (kuva 17) on poikkeuksellisesti valmistettu normaalista rakenneteräksestä. Telan seinämävahvuus on 2-3 kertaa paksumpaa kuin normaalisti käytettävä ruostumaton teräs. Myös telan päihin hitsattavat tumppiakselit ovat koneistettu sopivaksi $\varnothing 50$ laakereille. Rakenneteräksen myötölujuus on 50 % parempi kuin ruostumattoman, tämän johdosta teräslaatu on ideaalinen kestävyytensä puolesta, mutta ongelmana on tietenkin välitön korroosio jo

ennen kuin puristin ehtii edes asiakkaalle. Ruostumisen estämiseksi telan pinta käsitellään polyamidi ruiskumaalilla. Tällä pinnoitusmenetelmällä tela saa iskunkestävän ja liukenemattoman pintakäsittelyn. Ilman pintakäsittelyä telan hinta on suunnilleen samoissa kuin heikomman ruostumattoman telan hinta, mutta lisäämällä pintakäsittely kustannuksiin, vahvistettu tela on huomattavasti kalliimpi. Kuvassa 18 on esitelty miten erityyppisten puristustelojen hinta muodostuu.



Kuva 17. Vahvistettu puristustela.



Kuva 18. Vahvistetun puristelan ja normaalin mallin telan hintajakauma. Ruostumaton puristustela on vain 43 % vahvistetun telan hinnasta.

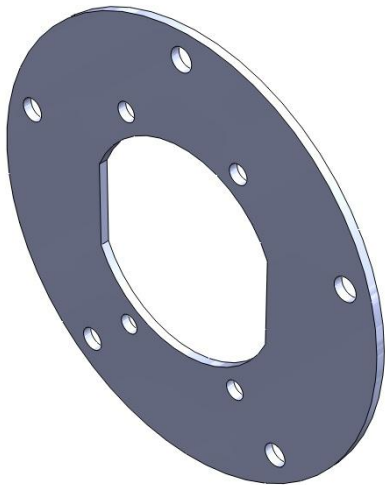
Lopputyötä tehdessä oli siis jo selvää minkälaisia teloja ja laakereita puristus-
päässä tullaan käyttämään, joten pääasiallisena tutkimustyönä oli telojen sijoit-
telu ja huollettavuuden mahdollistaminen.

Nykyisessä FPD-mallissa teloja pystytään vaihtamaan joko vetämällä ne pois
sivulevyssä olevien huoltoluukkujen kautta tai puristimen pudotuspäästä teloja
poistaen, kunnes päästään vaihdettavan telan kohdalle. Molemmissa tapauk-
sissa on selvää, että puristusviirat on poistettava ennen kuin päästään irrotta-
maan teloja. Huoltoluukkujen kautta tehtävä telahuolto on hankalaa, koska tela
pitää ensin saada huoltoluukun kohdalle ennen kuin se voidaan vetää ulos. Te-
lan saaminen huoltoluukulle edellyttää liinojen sekä taljojen käyttämistä, jotta
painava telaa voidaan kannattaa molemmista päistä, samalla kun telaa vede-
tään hitaasti kohti luukkuja. Samalla voidaan joutua poistamaan tieltä muita telo-
ja ja komponentteja. Koska huoltoluukusta mahtuu koneen sisään vain yksi käsi
kerrallaan ja tukevaa otetta on mahdoton saada mistään, on loukkaantumisen
vaara suuri ja siksi työ on hidasta. Jos tela halutaan poistaa koneen pudotus-
päästä, pitää pudotuspään alla mahdollisesti oleva kuljetin tai hopperi ensin

poistaa tieltä. Tämän jälkeen lähdetään poistamaan yksi tela tai komponentti kerrallaan, kuten käyttömoottori ja pesukotelot, kunnes asentaja pääsee puristimen sisään rikkoutuneen telan kohdalle. Tämä on turvallisempi, mutta hidas tapa jos laitoksella ei ole tarvittavia nostimia käytössään.

Uudelle puristin tyypille ei katsottu tarpeelliseksi käyttää samanlaisia säädettäviä laakeripesiä puristuspäässä, kuten FPD-puristimessa. Päätös mahdollistaa erilaisen tilankäytön sivulevyn osalta ja tämä taas mahdollistaa tarpeeksi suuren aukotuksen joka telan kohdalle niin, että tela saadaan vedettyä ulos siltä kohdalta mihin se on asennettu.

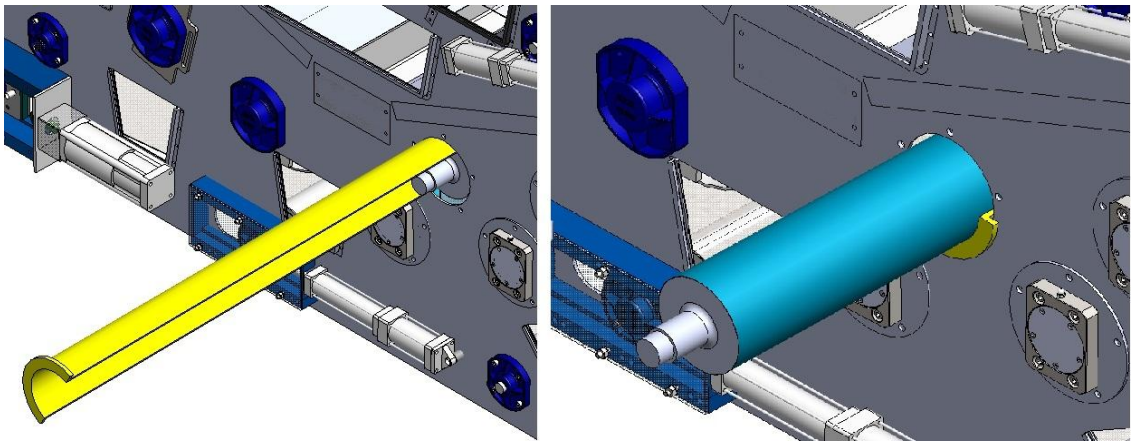
Sivulevyn polttoleikataan halkaisijaltaan 10 mm telaa suurempi aukko, josta tela saadaan vedettyä pois tarpeen tullessa. Aukon päälle teetetään aukon peittävä pyöreä levy (Kuva 18), jonka keskellä on akselin päälle ja laakeripesälle sopiva aukotus. Laakerin sovitelevyn ulkoreunoilla on vastaava pulttirei'itys sivunlevyn kanssa, josta laakerilevy kiinnitetään runkoon. Laakerilevyn reikiä kier-teittämällä levystä saadaan samalla laakerin ulosvetäjä.



Kuva 19. Laakeripesän ja sivulevyn väliin asennettava sovitelevy.

Vahvistettuja teloja käytetään yleensä vain 2,2 metrin mittaisille tai sitä pidemmille teloille. Kun huomioidaan putken suurempi seinämävahvuus, pelkkä telaputki painaa jo 150 kg. Näin painavan telan työntäminen sivulevyssä olevasta reiästä toiselle sivulevylle asti, ilman kannatusta telan toisesta päästä, on mahdotonta. Alemmille puristusteloille on mahdollista ripustaa vaihdettavan telan pää roikkumaan ylempänä kulkevaan telaan ja työntää/vetää tela hieman vinosti luukusta puristimen toiselle puolelle. Ylempien puristustelojen kohdalla tämä ei onnistuisi sillä niiden yläpuolella on pelkkä suodosvesikaukalo.

Ratkaisuna telojen vaihdon yhteydessä laitokselle toimitetaan kouru, eräänlainen keskeltä halkaistu putki, joka työnnetään vaihdettavassa olevan telan pintaa pitkin koneen läpi. Kourun työnnettävässä päädyssä on koroike tai stopperi, joka estää kourun päätyä mahtumasta sivulevyn telareistä läpi. Tämän jälkeen telaa nostetaan hieman molemmista päistä, jotta kouru pääsee pörähtämään telan alle. Tela vedetään toiselta puolelta ulos liu'uttamalla kourua pitkin (Kuva 19).



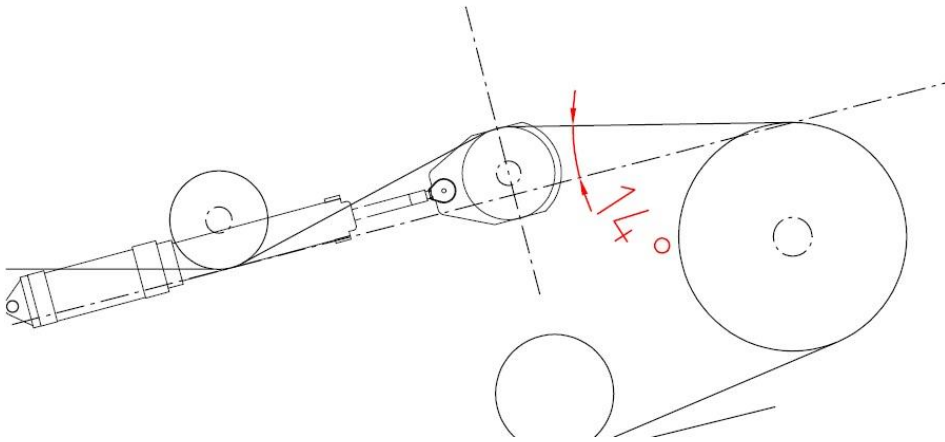
Kuva 20. Telan vaihto kourun avulla.

Telat asetellaan nousevaan linjaan joka kuljettaa lietekakkua korkeammalle pudotusta varten. Pudotuspisteen on hyvä olla mahdollisimman korkealla, jotta alle saadaan asennettua ruuvi tai hihnakuuljetin haluttuun asentoon.

Kahdelle viimeiselle puristustelalle suunnitellaan ns. nippitelat. Nippitela on vahvuudeltaan normaalin ruostumattoman puristustelan kokoinen. Nippitelan tarkoitus on painaa puristustelan pinnalla kulkevaa viiraparia ylimääräisellä voimalla, jolla saavutetaan hieman ylimääräistä puristusvoimaa ennen lietekakun pudottamista kuljettimelle. Ylempi nippitela tullaan asentamaan jokaiseen puristimeen, mutta alempi nippi suunnitellaan vaihtoehtoiseksi. Perinteisesti nippi asennettaisiin suoraan puristustelan ylä- tai alapuolelle, mutta asiaa pohdittua tultiin tulokseen, että olisi parempi asettaa nippi hieman telan kylkeen, jotta mahdollisesti puristuva vesi ei valuisi pelkästään telan pinnalle ja imeytyisi takaisin lietteeseen. Kun nippitela on hieman puristustelan kyljellä, puristuva vesi valuu puristustelan ohi tai paljasta pintaa alas rejektiin. Nipeissä ei ole erillistä kiristystä, vaan ne puristavat viiroja omalla painollaan. Jouset antavat teloille hieman lisäpuristusvoimaa ja toimivat turvaliikevarana, mikäli viirojen väliin jouuu suuri partikkeli tai liian suuri lietekuorma.

Vetotelat ovat viimeiset telat, jos viirareitti katsotaan alkavaksi lietteen syöttöpisteestä. Vetotelat ovat havaittu hyviksi FPD-mallissa, joten uudessa puristimessa tullaan käyttämään identtisiä teloja. Telat ovat halkaisijoiltaan $\varnothing 323$ mm ja seinämävahvuudeltaan muita teloja ohuempi, johtuen telan monilaippaisesta rakenteesta. Telat päällystetään 10 mm:n paksuisella EPDM-kumikerroksella ja urakuvioidaan parhaan tartuntapinnan saavuttamiseksi.

Puristimessa on kaksi ohjaustelaa, yksi molemmille puristusviiroille. Ohjauksen ratkaisu on tehokasta kustannusten, kuten myös toimivuuden kannalta, kunhan viiran kiristys on aisanmukainen. Joten ohjauksen mekaniikkaa ei lähdetä muuttamaan. Ohjaustelojen paikat ovat telajärjestyksessä samassa kohdassa kuin FPD-puristimessakin. Ohjausjärjestelmä vaatii tilaa, joten se asennetaan sinne missä viiraa kulkee muuten tyhjillään. Nyrkkisääntönä pidetään että viiralinja tekee 14° nousun ja laskun kiertäessään ohjaustelan (Kuva 20).



Kuva 21. Viiranohjauksen periaate piirros.

Taittotelalla käsitetään kaikki telat joilla ei ole muuta merkitystä kuin taittaa viiraa haluttuun pisteeseen. Taittotelaan koskettaa vain toinen viiroista, ei koskaan molemmat samaan aikaan. Taittotelat katkeavat harvoin. Katkeamistapauksessa viiran mukana on kulkeutunut lietettä ja liete on alkanut kertymään telaan. Kun telan pintaan kertynyt liete alkaa kuivua, viira jakaa painetta telalle pinnalle epätasaisesti. Telaan kohdistuvan paineen ollessa lähellä teräksen myötörajaa, tela alkaa pyörimään akselinapohin nähden epäkeskeisesti. Lopulta teräs väsyy ja tela katkeaa.

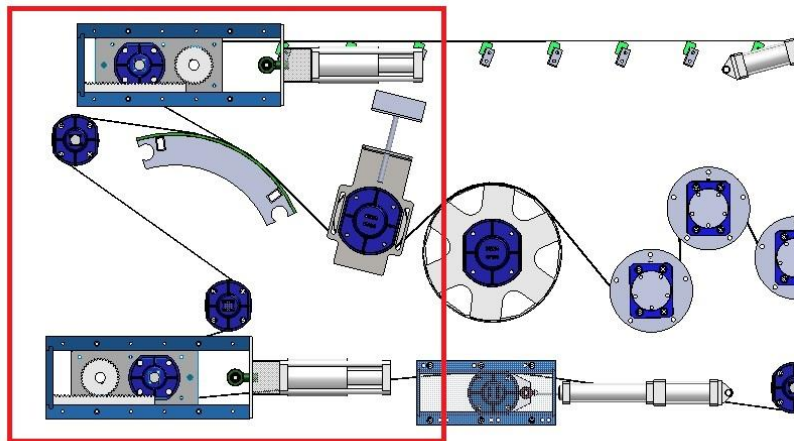
Kiristystela on FPD-puristimessa kestänyt hyvin, vaikka se on toiminut ensimmäisenä varsinaisena puristustelana. Uuden puristimen tapauksessa kiristystela ei toimi puristustelana, joten telan rakennetta ei ole syytä muuttaa.

Kiristystelan paikoittaminen vaatii kiristysmekanismin tilantarpeen huomiointia ja kiristysmitan maksimointia. Kiristysmitta on parhaimmillaan kun viira kiristyy kaksi kertaa kiristyssylinterin iskun pituudelta. Puristimissa joissa viiranleveys on yli kaksi metriä, kiristyssylinterin iskunpituus on 200 mm, tämä tarkoittaisi että parhaimmassa tapauksessa viiran kiristysvara olisi 400 mm. Maksimi kiris-

tysmitta saavutetaan, kun viira kiertää telaa 180° matkan. Tähän tulokseen pitää pyrkiä, kuitenkin lisäämättä ylimääräisiä taitteloja.

Alaviiran reitillä on tyhjää tilaa enemmän kuin yläviiralla, joten teoreettisia sijoituspaikkoja oli useita. Yläviiran rata on kuitenkin paljon ahtaampi ja käytännöllisiä kiristysten paikkoja oli harvassa. Niistäkin harvat oli toteuttamiskelpoisia laakeroinnin tilantarpeen puolesta.

Suunnitteluvaiheessa oletuksena oli, että kiristysmekanismin tilantarve säilyy sellaisenaan, joten ainoa mahdollinen sijoituskohde yläviiralle oli puristimen esivedenerotuspöydän päähän. Viira kiertää telaa 160 asteen matkalta ja tämä todettiin riittäväksi. Alaviiran kiristys sijoitetaan esipuristuspöydän alapuolelle. Viira kiertää alemman kiristys telan 165 asteen matkalta. Viirankiristysmekanismien sijoituskohteet on esitelty kuvassa 21.



Kuva 22. Kiristystelojen paikoitus.

6.5 Laakerit

Käytettäessä vahvistettuja puristusteloja on syytä myös vahvistaa laakerikoonpanoja. Kokemuksen perusteella yksikään vahvistettu tela ei ole vielä katkenut lietteen ja viirojen aiheuttamasta paineesta.

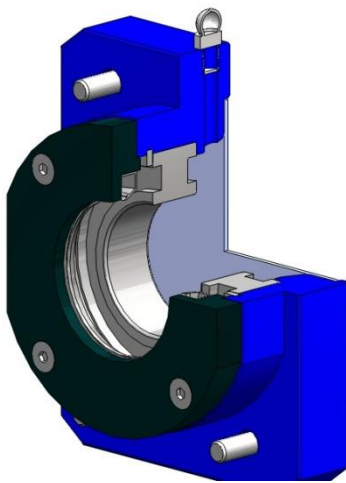
Virhetilanne simuloinnissa telalle suunnataan tahallisesti liian suuri voima, niin seuraava rikkoutuva kohde olisi laakeri. Jos käytettäisiin ruiskupuristettuja muovisia laakeripesiä, paine lopulta halkaisisi laakeripesän, mikäli tela ei hajoaisi. Tässä tapauksessa olisi mahdollista, että laitoksen puristimen operaattori huomasi vaurion ja käynnistäisi huolto tai korjaustoimenpiteet ennen telavauriota.

Jos käytettäisiin teräksisiä laakeripesiä, laakeriin kohdistuva voima hajottaisi ja jumiuttaisi itse laakerin. Tämä johtaisi pian laakerin pirstoutumiseen pesän sisällä ja näin tapahtuessaan laakerin osat alkaisivat kovempaan metallina syödä telan akselin päätä. Tämä olisi puristimen ulkopuolelle hyvin huomaamaton viikatilanne. Puristin toimisi kuten sen kuuluisi, kunnes telan akselin pää hioutuisi olemattomaksi ja katkeasi. Tällöin tela putoasi toisesta päästä pois laakeripesästä ja mahdollisesti hajottaisi myös toisessa päässä olevan laakerin. Puristimen viira ajautuisi rajakytkimeen ja yksikkö sammuttaisi itsensä. Tämä tilanne olisi pahin mahdollinen mekaaninen reklamaatio, joka tapahtuisi jo takuuajana, jos olisi tapahtuakseen. Korjaus olisi hoidettava nopeasti ja kustannukset olisivat kiireen vuoksi korkeat. Ymmärrettävästi laakereiden kestävyuden varmistamiseksi laakeroinnin mitoittamiseen halutaan kiinnittää huomiota.

Ongelma on yksinomaan puristustelojen laakeroinnissa. Jos taitto-, veto- ja puristustelojen laakerointia rasvataan ohjeiden mukaisesti, laakerit kestävät ilman kulumaa noin 10 vuotta ennen kuin on aiheellista vaihdattaa laakerit. Näiden kokemusten pohjalta uuteen puristimeen suunnitellaan asennettavaksi ruiskupuristetut laakeripesät rullalaakereilla kaikille teloille, poikkeuksena puristuksen telat. Kyseisille teloille ei myöskään tulisi laakerin sovitelevyjä, vaan laakeripesät kiinnitetään suoraan sivulevyyn. Tämä tarkoittaa lisäksi sitä, että mikäli jokin

näistä teloista tulisi vaihtaa, se ei onnistu samalla tavalla kuten puristuksen telat on tarkoitus vaihtaa. Kuitenkin taittelat, ohjaus-, kiristys- ja vetotelat ovat sellaisilla paikoilla, että niihin pääsee helposti käsiksi joko viereisestä huoltoluukusta, puristimen pudotuspäädystä tai takasuojan irrottamalla.

Puristusteloille suunnitellaan käytettäväksi teräslaakeripesiä $\varnothing 50$ mm rullalaakereilla. Laakeripesille on olemassa valmis suunnitelma vuodelta 2010 (kuva 22) ja ne ovat kestäneet käytössä toistaiseksi ongelmitta. Sivulevyyn asennettavan laakerilevyn ansiosta laakeripesää voidaan vielä suurentaa tarpeen vaatiessa. Kun FPD-puristimessa pitää tilata kokonaan uusi sivulevy laakerikiinnityksen muuttamiseksi, uudessa suunnitelmassa pitäisi tilata vain uudet laakerilevyt, jotka tulevat huomattavasti halvemmaksi ja ovat ylipäättänsä vaihdettavissa käyttäjän laitoksella.



Kuva 23. Vahvistettu 50 mm teräksinen laakeripesä.

6.6 Suodosvesikaukalot

Suodosvesikaukalot vaikuttavat oleellisesti telapaikoituksen suunnitteluun. Puristimessa suodosvesi tai rejektivesikaukalo on kaukalo, joka on poikittais-suunnassa vähintään viiran levyinen. Kaukalo voi perinteisessä mielessä olla hitsattu kokonaisuus, jossa on pohja, päädyt ja sivut. Tätä rakennetta käytetään kaikissa palkkirunkoisissa puristimissa. Levyrunkoisissa puristimissa voidaan käyttää puristimen sivulevyjä hyödyksi. Suodosvesikaukaloksi yksinkertaisimmillaan riittää ränniksi särmätty jäykkä levy, joka on tiiviisti sivulevyjä vasten. Tämänlainen ratkaisu mahdollistaa hitsausaumattoman kaukalon rakentamisen, mutta vaatii jäykisteitä. Jäykisteet voivat olla joko kaukalon alle asennetut poikittaiset ja pitkittäiset suorakaideprofiiliputket tai itse levyä jäykistämään särmätyt taitokset. Tällöin kuitenkin kaukalon päiden tiivistäminen on vaikeampaa.

Sivulevyihin tukevasti pulttikiinnitetty hitsausvalmisteinen suodosvesikaukalo tuo puristimelle jäykkyyttä, mutta kaukalon irrottaminen jälkikäteen on käytännössä mahdotonta.

Pelkkä levymäinen suodosvesikaukalo tai levy, joka makaa jäykistepalkkien päällä, on mahdollista vetää pois puristimesta, jolloin huoltotoiminta helpottuu huomattavasti. Tämä rakenne ei kuitenkaan jäykistä puristimen rakennetta.

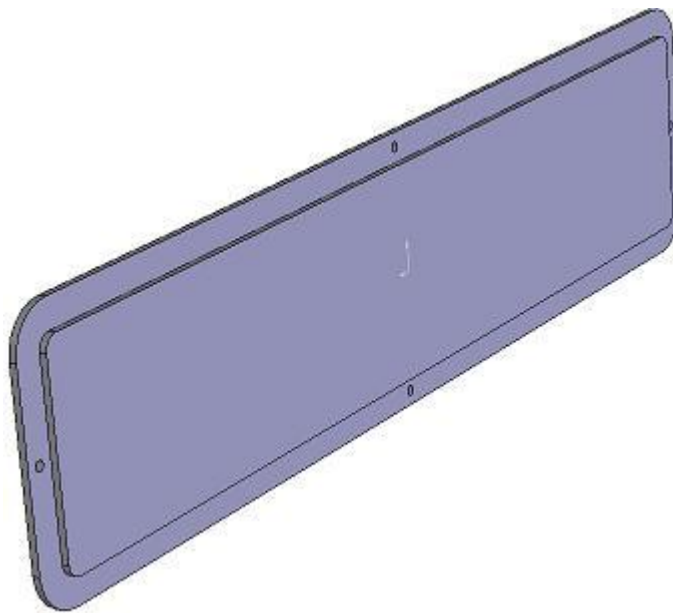
Hitsaamaton kaukalo on halvempi ja nopeampi toteuttaa, sillä siihen ei liity hapotus ja hapotusrahti kustannuksia. Molemmat kokoonpanot vaativat suunnitteen saman tilan korkeussuunnassa, joten opinnäytetyössä ei määritellä kumpaa valmistustapaa tullaan käyttämään. Pelkästään kaukalon enimmäistilantarve sketsataan 3D-malliin, kuten kaukalo olisi hitsattu kokonaisuus.

6.7 Huoltoluukut

Puristimen pesu suoritetaan huoltoluukuista ja huoltoluukkuja pitää olla tarpeeksi, että painepesurin suihku saadaan suunnattua puristimen jokaiselle telal-

le ja suodosvesikaukalolle. Myös jokaiseen komponenttiin pitää päästä käsiksi huoltoluukun kautta. FPD-puristimen huoltoluukut voivat olla asentajalle liian pienet, että luukuista saa kunnolla molemmat kädet sisälle tai hyvän näköyhteyden komponenttiin samalla kun sitä irrotetaan tai asennetaan. Tavoite on suurentaa luukkuja ja samalla luoda niistä vedenpitävät. Huoltoluukuista tehdään niin suuret kuin mahdollista, joten ensin on syytä suunnitella sopiva käypä luukku, joka täyttää suunnittelun alussa asetetut tavoitteet.

FPD-puristimen huoltoluukut (Kuva 23) ovat edullisia. Muotoon leikattuun 10 mm paksuiseen PVC-muovilevyyn jyrsitään 5 mm syvennykset reunoille, joihin liimataan eristenauhaa. Luukku kiinnitetään sivulevyn huoltoaukon päälle kahdella tai neljällä sormiruuvilla tai mutterilla. Käytännön ongelmana on, että viiralta roiskuvat epäpuhtaudet jäävät lepäämään luukun tiivisteeseen päälle ja hakeutuvat lopulta tiivisteeseen läpi sivulevyn ulkopinnalle.



Kuva 24. FPD-Puristimen huoltoluukku.

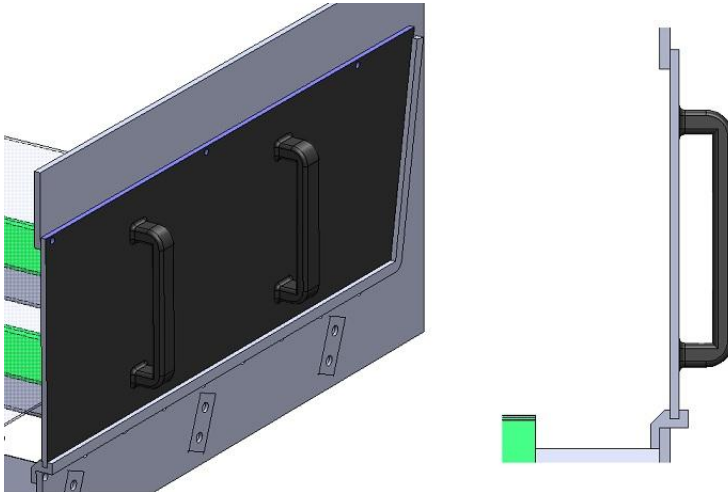
Haettaessa mallia myynnissä olevista roiskesuojatuista luukuista, yleisin ratkaisu on, että luukulla on raami. Raamin tulisi olla luukun rakenteessa liikkumaton

osa ja siksi se voitaisiin tiivistää monella tapaa. Kuitenkaan tarkoitukseen ei löytynyt sopivaa toimittajaa, joka olisi valmistanut sopivia luukkuja ja vielä edulliseen hintaan. Dewaco Oy:llä on hyvät alihankintasopimukset muovin- ja muovinkoneistustoimittajiin, joten päätimme lähteä ainakin kokeilemaan oman roiskeuojaluukun rakentamista.

Ensimmäisessä suunnitelmassa (Kuva 24) luukun raami kiinnitettäisiin levyrungon sisäpuolelle (Kuva 25), josta se kannattelisi ulkopuolella raamin uriin pudottavaa luukkuja. Raami kohdistetaan ja kiristetään paikalleen pultein. Siliikoniliima hoitaisi lopullisen tiivistyksen ja kiinnityksen.



Kuva 25. Ensimmäinen huoltoluukkusuunnitelma.



Kuva 26. Sivulevyn sisäpuolelle tiivistettävä huoltoluukku.

Tätä suunnitelmaa pidetään varmempana, mutta runsaan koneistuksen takia osa tulisi kalliiksi.

Toinen suunnitelma (Kuva 26) toimisi periaatteeltaan samalla tavalla, mutta raami liitetään ja tiivistetään levyrungon ulkopintaan. Tämä on vaihtoehtona halvempi, mutta luottaa täysin silikonin tiivistysominaisuuteen.



Kuva 27. Yksinkertaistettu huoltoluukku.

Luokkua tulisi puristimeen kahta eri kokoa. Puristimen esiveden erotusalueelle tulisi kaksi pitkää luokkua ja muualle pienemmät. Yhtenäinen U-muotoinen raami tulisi kalliiksi koneistaa ja materiaalihukka olisi melkoinen, joten raami päätettiin kasata kolmesta raamin pätkästä. Tämä mahdollistaisi pitkien listojen ajamisen, joita pätkittäisiin tarvittaviin mittoihin.

Itse luokku on yksinkertainen levy, joka pudotetaan ylhäältä huoltoluukun raamiin. Levy ei ole perinteisesti suorakulmion muotoinen, vaan hieman pystyreunoiltaan ulospäin kalteva. V-mallista levyä tarvitsee nostaa vain 20 mm:n verran ja se lähtee irti raamista törmäämättä yllä oleviin pultin kantoihin tai muihin komponentteihin.

6.8 Viiran kiristys

Viirankiristuksen laakerointi ja tela tuli käsiteltyä jo aiemmin, kuitenkin kiristysmekanismin toteutukseen on hyvä kiinnittää huomiota opinnäytetyötä tehdessä. On oletettavaa, että nykyinen kiristysmenetelmä on suunniteltu FPD-puristimelle, kun käytettävissä olevaa tilaa on runsaasti. Kiristysmekanismi koostuu itse laakereista, koteloidusta laakeri liu'usta, sekä synkronointiakselista. Synkronointiakseli kulkee viirankiristysmekanismien välillä, kiristystelan vieressä. Tämä akseli kulkee hammaskiskoilla sylinterin työntäessä telaa. Synkronointiakseli pakottaa koneen molemmilla puolilla olevat kiristysmekanismien laakerit samaan asentoon. Näin kiristystela ei joudu vinoon asentoon. Mekanismi on toiminut FPD ja NPD-puristimissa moitteettomasti, mutta se on mekaanisesti kallis ja tilaa vievä ratkaisu. Tässä opinnäytetyössä tyydyttiin käyttämään vanhaa toimivaa mekanismia. On kuitenkin hyvä huomioida, että sylinterien liikettä tasaavilla ja paikoitusta seuraavilla komponenteilla voitaisiin saada vähemmän työtä ja tilaa vaativa ratkaisu.

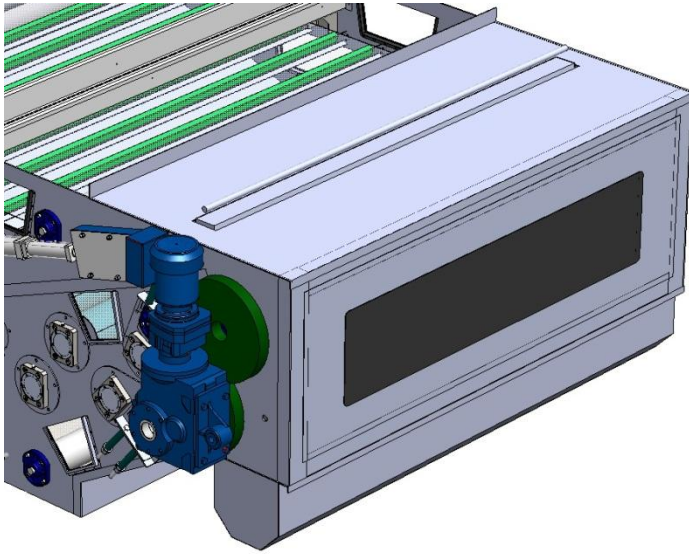
6.9 Viiran pesu

Yksi viiranpesuputki viiraa kohti katsotaan riittäväksi, joten molemmille pesuputkille varataan tila puristimen suunnitelmasta.

Viirujen pesuputkien huollettavuus on yksinkertaisuuteensa nähden turhauttava työvaihe. Huoltotyö onnistuu, mutta leveät puristimet vaativat kaksi asentajaa huoltoon. Haasteena on pääasiallisesti pitkän pesuputken ja pesuputkikotelon poisto sekä takaisin asentaminen koneen huollon jälkeen. Opinnäytetyön suunnitelmalle vähimmäisvaatimus on huoltoluukku pesukotelon vieressä, josta kotelon saa vedettyä ulos.

Opinnäytetyön osalta tyydytään käyttämään olemassa olevaa suihkuputki suunnitelmaa alemmalle puristusviiralle. Telajärjestystä hieman säätämällä yläviira saadaan tarpeeksi lähelle puristimen pudotuspään yläsuojaa. Yläsuoja on suhteellisen vahvaa teräslevyä, joka toimii koneen jäykisteenä, mutta suihkuputkikotelon kohdalle voidaan tehdä aukko (Kuva 27), josta putki ja kotelo saadaan nostettua pois hyvin pienellä vaivalla.

Optiona puristimessa voidaan käyttää ns. harjatoimista pesuputkea, joka ei vaadi pesuputken poistamista laitteesta. Tätä mallia tullaan käyttämään joissain teollisissa kohteissa.



Kuva 28. Puristimeen sulautettu suljettu lietehopperi ja ylemmän suihkuputkikotelon sijoitus.

6.10 Liitännäisten sijoitettavuus

Suunnittelussa on hyvä huomioida liitännäisten, kuten esivedenerotusyksikön, lietehopperin, ruuvikuljettimen ja huoltotason yhteensopivuus.

Esivedenerotusyksikkö on lähes aina Dewaco Oy:n itse valmistama yksikkö, joten pelkästään esivedenerottimen lietteen pudotuskaukalon mitoitus oikeaan kohtaan PPD-puristimessa takaa yksikön sopivuuden.

Huoltotasoa ajatellen puristimeen pitäisi varmistaa horisontaalinen linja puristimen kyljestä, johon ei asenneta huollettavia tai säädettäviä komponentteja eikä huoltoluukkuja. Sivulevyn korkeudeksi suunniteltiin lopulta 1430 mm. Puristimen alle asennetaan yleensä noin 400 mm suodosvesikaukalo ja peti. Yhteiskorkeudeksi näille tulee noin 1830 mm. Näin ollen ideaalinen huoltotason paikka laite-toimittajan näkökulmasta on puristimen ja esivedenerottimen liitoskohdassa.

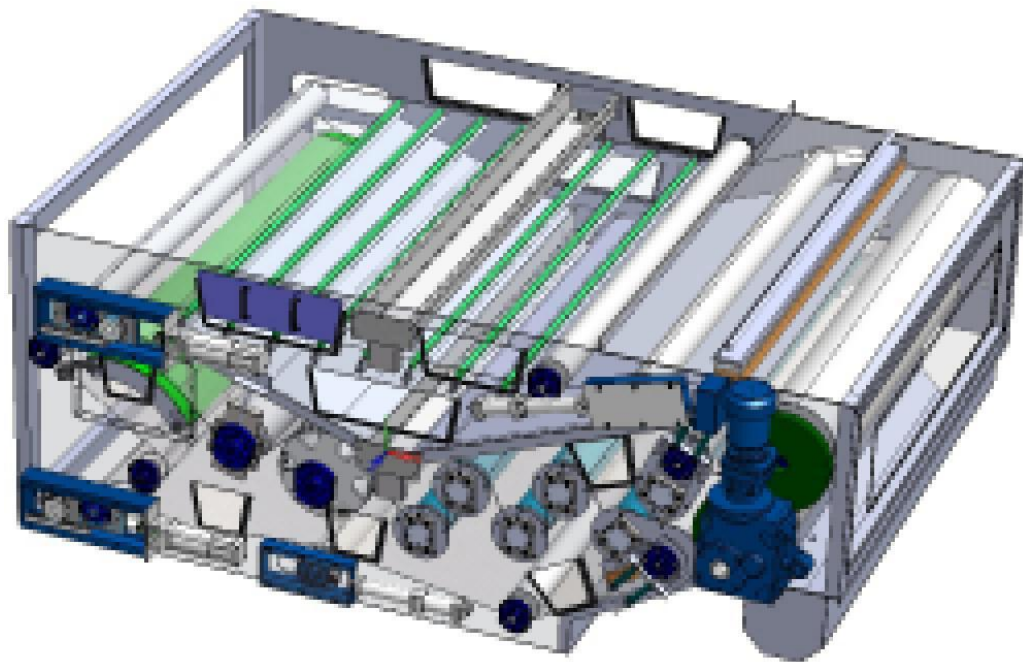
Useat asiakkaat haluavat suljetun lietehopperin puristimen pudotuspäähän. Uuden puristimen pudotuspäähän on mahdollista suunnitella hieman pidempi sivu-

levy, josta kostuvat suljetun lietehopperin sivut. Tällöin uudessa puristimessa olisi vakiona suljettu lietehopperi (Kuva 27), jonka alapuolella on tasainen liittytäpinta siihen liitettävälle kuljettimelle.

7 SAAVUTETUT TAVOITTEET JA TULOKSET

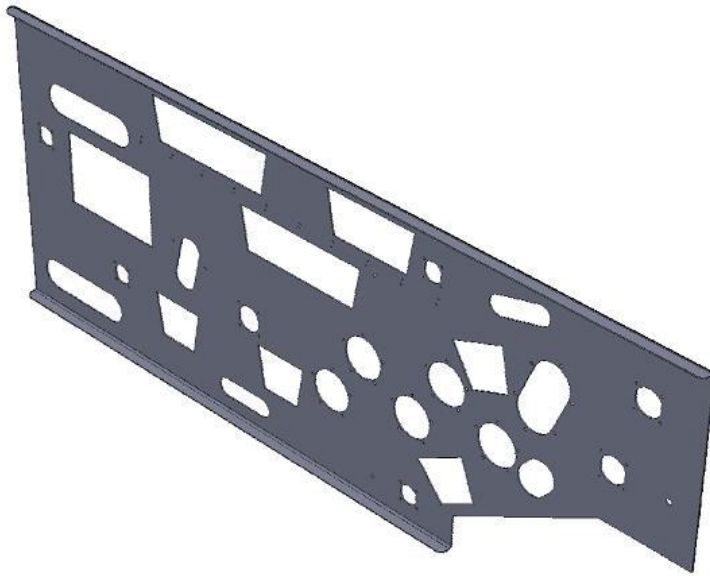
7.1 Tavoitteiden toteutuminen

Lopputyölle tavoitteeksi asetettu esiselvitys työ katsottiin valmistuneeksi huhtikuussa, vuonna 2011. Kaikki puristimen telajärjestykseen vaikuttavat komponentit saatiin mahdutettua suunnitelmaan (Kuva 28).



Kuva 29. PPD-Puristimen luonnoskuva.

Uuden PPD -puristimen suuremman sivulevyn (kuva 29) pituudeksi saatiin 3615mm ja korkeudeksi 1472mm. Tämä sivulevy on vastaavasti 215mm ja 50mm suurempi verrattaessa FPD -puristimen sivulevyyn. Uusi levy on erittäin hyväksyttävissä mitoissa.



Kuva 30. PPD-Puristimen sivulevy.

Opinnäytetyötä tehtäessä oli käytettävissä erinomaiset työkalut osien, työn ja materiaalien hintojen vertailuun ja arvioimiseen. Tämän ansiosta työssä edettäessä kustannusten ennalta-arviointi oli jatkuvasti esillä ja tuotekehitys sai selvät raamit sille, mikä on mahdollista toteuttaa.

Alussa asetettu tavoite huollettavuuden parantamisesta katsottiin onnistuneeksi, kun useiden ennen ongelmallisten osien huolto saatiin ratkaistua, tai edes parannettua. Telojen ulosvetäminen laakerin sovitelevyn reiästä telakourulla on yksinkertainen ja käytännöllinen ratkaisu, joka vaatii vain viiran irrottamisen.

Lietteen esipuristussuunnitelma jäi auki opinnäytetyön aikana. Esipuristuspöydän säädettävyys, tiivistys ja ulosveto jätetään yrityksen omalle suunnittelulle ratkaistavaksi. Kuitenkin valinta liuskojen ja kaarilevyn välillä saatetaan tehdä vasta käytännön kokemusten pohjalta.

Molemmat viirankiristykset saatiin sovitettua käytännölliseen tilaan vain pienellä kiristysmekanismin muokkauksella. Viiran kiristysvara saatiin lähes maksimoitua ilman ylimääräisen taittotelan lisäämistä.

Rumputelan pienentäminen ja hinnan alennus onnistuu ilman käytännöllistä haittaa.

Ylemmälle puristusviiralle tulee mittaa 8608 mm ja alemmalle 9826 mm, kun molemmat kiristyssylinterit ovat 2/3 täydessä iskunpituudessa ja säädettävä $\varnothing 219$ tela on keskiasennossa.

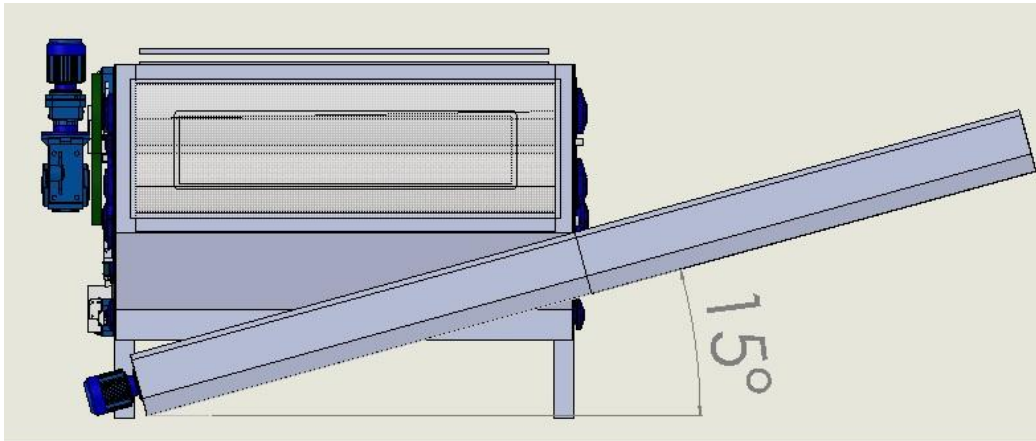
Suunnitellut viiramatat ovat ylaviiran osalta 5,6 % ja alaviiran osalta 2,6 % pidemmät kuin FPD-puristimessa. Viiran hinta on suoraan verrannollinen neliömäärään, joten viiran hinta kasvaa samassa suhteessa kuin sen pituus kunkin puristinleveyyden osalta. Käytännössä PPD ja FPD-puristimissa voidaan käyttää saman pituista alaviiraa.

Huoltoluukkujen sijoitus onnistui kohtalaisesti. Sivulevyyn saatiin sovitettua vähimmäismäärä huoltoluukkuja niin, että pakolliset huoltotyöt onnistuvat luukkujen kautta, mutta mm. puristusteloille toivottiin vielä parempaa näkyvyyttä. Toinena ongelmana oli puristimen esivedenerotusalueen huoltoluukun kohdalla, johon pitäisi myös sijoittaa erillisen esivedenerotusyksikön rejektiveden poistoputki.

Luukkuvaihtoehtojen huonoina puolina voidaan pitää raamien vaatima tila huoltoaukon ympäriltä. Toinen raamisuunnitelmista vie tilaa rungon sisäpuolelta ja toinen ulkopuolelta. Molemmille huoltoluukkusuunnitelmille pyydettiin tarjous muoviosien toimittajalta. Rungon sisäpuolelle tiivistettävä raami tulee ilman asennuskustannuksia 127 % FPD:n suojuuokkua kalliimmaksi. Rungon ulkopuolelle tiivistettävä raami tulee ilman asennuskustannuksia 50 % FPD:n suojuuokkua kalliimmaksi.

luukkua kalliimmaksi. Uusille huoltoluukuille saatiin teoriassa edullinen ja käytännöllinen ratkaisu, johon voidaan olla tyytyväisiä.

Suljetun lietehopperin sisällyttäminen puristimen rakenteeseen on jälkikäteen ajateltuna ilmeinen ratkaisu. Yksityiskohtia tulee kuitenkin suunnitella tarkemmin kuin puristimen 3D-malliin lisätään suodosvesikaukalo ja peti, sekä kuljetin itse. Ongelmana on että ruuvikuljetinta harvoin halutaan asentaa horisontaali - tasoon, vaan se asennetaan nousevaan kulmaan. Tästä johtuen on tärkeää suunnitella mille korkeudelle puristimeen sulautetun hopperin alareuna halutaan, sillä mitä korkeammalla reuna on, sitä jyrkempään kulmaan kuljetin voidaan asentaa ennen kuin ruuvikuljettimen alapäässä oleva sähkömoottori törmää lattiaan. (kuva 30)



Kuva 31. Ruuvikuljettimen suurin mahdollinen kallistuskulma, kun puristin on nostettu 400mm korkealle pedille.

Suihkuputkien ja koteloiden huolletavuuteen vaikuttava tuotekehitys ei varsinaisesti kuulunut lopputyön aiheen piiriin, sillä suihkuputkien tilantarve nykyisellään on pieni, eikä vaikuta telajärjestykseen paljon. Ylemmän puristusviiran pesuko-

telon sijoittaminen niin, että vaihdettavuus helpottuu, oli ilmeinen ratkaisu ja maininnan arvoinen huomio.

Uuden puristusmallin loppuun vieminen on oma projektinsa, eikä tämä lopputyö ota kantaa lopullisen suunnittelun aikatauluun.

7.2 Työssä käytettyjen menetelmien arviointi eri kriteerien valossa

Telajärjestyksen hakeminen ilman, ettei muita komponentteja otettaisi huomioon, olisi ollut toteutuksen kannalta epärealistista. Joitain puristimen peruskomponentteja esisuunniteltiin tarpeesta, mutta välillä sorruttiin epäoleellisiin osiin, kuten viirankannattimiin, osakuviin, suodosvesikaukaloihin, esipuristuksen yksityiskohtiin ja viirankiristysmekanismiin. Nämä eivät olisi olleet pakollisia työn tavoitteen kannalta. Keskittymällä enemmän tavoitteeseen ja sivuttamalla yksityiskohtia työ olisi voitu saada valmiiksi aikaisemmin.

Tuotekehitystyötä lähdettiin lähestymään hieman liian käytännönläheisestä asetelmasta. Käyttämällä tuotekehitysprosessin alkuvaiheisiin tarkoitettuja teoreettisia työkaluja oltaisiin voitu hahmottaa parempi arvio siitä, mitä ollaan lähdössä hakemaan. Sen sijaan työssä pureuduttiin suoraan FPD-puristimessa kohdatuihin ongelmiin ja lähdettiin kehittämään parannuksia eri osastojen toiveiden perusteella. Käytännönläheiset seurantapalaverit olivat kuitenkin hyviä suunnan antajia ja rytmittivät työtä eteenpäin tehokkaasti.

Suotonauhapuristimen prototyypin rakentaminen ilman tilaajaa on liian kallis hanke, joten puristin mallin rakentaminen SolidWorks 3D-ohjelmalla oli tehokas työkalu. SolidWorks -lisenssin saaminen korkeakoululta oli tärkeä edellytys, sillä

ylimääräisen lisenssin ostaminen olisi ollut liian tuntuva sijoitus keskikokoiselle yritykselle.

Työn suunnittelu samalla ohjelmistolla, kuin mikä on yrityksessä yleisessä suunnittelukäytössä, parantaa suunniteltujen kokoonpanojen ja osien käyttöönottoa. Suora keskusteluyhteys ja yhteistyö kaikkien osastojen kanssa parantaa suunnitelman uskottavuutta ja luotettavuutta.

Suunnittelukuvia siirrettäessä yrityksen käyttöön havaittiin lisenssiongelma, joka hankaloittaa opinnäytetyössä otettujen kuvien käyttöönottoa. Käytännössä yrityksen tulee mallintaa osat uudelleen opinnäytetyössä tehtyjen sketsien pohjalta.

7.3 Jatkokehittämisideat

Suunnitelmaa tehdessä esille nousi useita tuotekehitysideoita, joihin ei kuitenkaan syvennetty lopputyön rajaamiseksi. Osa lopullisen suunnitelman työvaiheista voitaisiin antaa ammattikorkeakouluopiskelijalle lopputyön aiheeksi. Pienempiä osasuunnittelukokonaisuuksia voitaisiin antaa opiskelijaryhmille projektityön aiheeksi.

Jatkokehittämisen arvoisia projekteja olisivat muun muassa: reikärummun vaihtoehtoiset toteutustavat, kiristysmekanismin tasaus ilman synkronoivaa akselia, tela- ja suotonauhavoimien selvitys, teräslaakeripesien valumuottikustannusten selvitys, valmiiden piirustusten tuotteistus yrityksen tuotannonohjausjärjestelmään, duplex valmistaisen puristimen/telan tuotanto -ja kustannus selvitys, sekä viiran kaapimen yksinkertaistaminen.

LÄHTEET

Dewaco. Sentica. Viitattu 16.01.2012 <http://www.sentica.fi/sijoituskohteet/dewaco>.

Hiekanerotus. Huber. Viitattu 16.01.2012 <http://www.huber.fi/Hiekanerotus.htm>.

Liete. Wikipedia. Viitattu 20.11.2011 <http://fi.wikipedia.org/wiki/Liete>.

Lohiniva, E.; Mäkinen, T. & Sipilä, K. 2001. Lietteiden käsittely: Uudet ja käytössä olevat tekniikat. Espoo, VTT Valtion tieteellinen tutkimuslaitos.

Kajosaari, E. 1981. Ril 124 Vesihuolto. Helsinki, Suomen rakennusinsinöörien liitto.

Turunen, H. Seminaari 26.8.2011 Pori. PK-Yrityksen kansainvälistyminen Case Dewaco Oy.