

Eetu Ihaksi

WINROLL-PITUUSLEIKKURIN HYDRAULIIKKAKONEIKON TOIMINTAVARMUUDEN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Energiatekniikka

2022



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä	Eetu Ihaksi
Työn nimi	Winroll-pituusleikkurin hydraulikkakoneikon toimintavarmuuden kehittäminen
Toimeksiantaja	UPM Communication Papers Oy Kymi
Vuosi	2022
Sivut	39 sivua, liitteitä 1 sivu
Työn ohjaaja	Kalle Tarhonen

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön aiheena oli kehittää UPM Communication Papers Oy Kymin paperitehtaan WinRoll-pituusleikkurin hydraulikkakoneikon toimintaa ja vikasietoisuutta.

Ongelmana hydraulikkakoneikolla on ollut yhden hydraulikkapumpun hajo-
tessa pumpun vuotolinjaa pitkin hydraulikkasäiliöön ajautuva lika, joka kulkeu-
tuu säiliön kautta ehjien pumppujen imuyhteisiin hajottaen ne. Hydraulikka-
pumppujen vuotolinjoihin ei järkevästi ja kohtuukustannuksin pysty asenta-
maan suodattimia, koska linjan paineenrajoitus ei sitä mahdollista.

Järjestelmään suunniteltiin erillinen välisäiliö, johon hydraulikkapumppujen
vuotolinjat vuotavat öljyn ja sieltä öljy pumpataan suodattimen kautta takaisin
varsinaiseen hydraulikkaöljysäiliöön. Välisäiliön ja varsinaisen hydraulikkaöl-
jysäiliön välisenä siirtopumppuna hyödynnettiin koneikolla jo ollutta suodatus-
ja jäähdytyskierron pumppua, joka nimensä mukaisesti suodattaa ja tarvitta-
essa jäähdyttää öljyn ennen varsinaiseen hydraulikkaöljysäiliöön palautta-
mista.

Työssä oli tarkoitus pitää vanha laitteisto mahdollisimman ennallaan, sekä jär-
jestää vuotolinjojen suodatus riittävän yksinkertaisella ja kohtuu kustannuksin
järjestettävällä tavalla. Säiliö mallinnettiin AutoDesk Inventor -ohjelmistolla ja
hydraulikkakaavioiden päivitys muutosten osalta tehtiin AutoCad -ohjelmis-
tolla.

Lopputuloksena opinnäytetyöstä on valmistuspiirustukset välisäiliötä varten,
muutokseen tarvittavat osat listattuna ja hydraulikkakaaviot päivitetty uuden
järjestelmän mukaiseksi.

Asiasanat: hydraulikka, öljy, puhtaus, vikasietoisuus

Degree title	Bachelor of Engineering
Author	Eetu Ihaksi
Thesis title	Operational development of WinRoll slitter winder's hydraulic unit.
Commissioned by	Upm Communication Papers Oy Kymi
Time	2022
Pages	39 pages, 1 page of appendices
Supervisor	Kalle Tarhonen

ABSTRACT

The objective of the thesis was to develop the operation and fault tolerance of the WinrRoll slitter winder's hydraulic unit at UPM Communication Papers Oy Kymi paper mill. The problem with the hydraulic machine has been the fact that if one of the hydraulic pumps becomes damaged debris is drawn along the leak line of the pump into the hydraulic tank, and further to the suction inlets of the undamaged pumps, disrupting them as well. It is not reasonable or affordable to install filters in the leakage lines of hydraulic pumps because the pump manufacturer has defined the maximum pressure of the line at two bars.

A separate intermediate tank was designed for the system, into which the leakage lines of the hydraulic pumps transfer oil and from which the oil is pumped through a filter back to the hydraulic oil tank. The cooling circuit pump which was already installed on the unit was used as a transfer pump between the intermediate tank and the actual hydraulic oil tank. The purpose was to utilize the old equipment without modifications as far as possible and organize the filtering of the leakage lines in a sufficiently simple and reasonably cost-effective way. The tank was modelled with AutoDesk Inventor software and the hydraulic diagrams were updated with AutoCad software for changes.

As a final result of the thesis, drawings were produced for the intermediate tank, the parts needed in the change were listed, and the hydraulic diagrams were updated to comply with the new system.

Keywords: hydraulics, oil, cleanliness, fault tolerance

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	5
2	VALMET WINROLL -PITUUSLEIKKURI	6
3	HYDRAULIIKKA	8
3.1	Hydrauliikkalaitteet.....	9
3.2	Öljyn puhtaus.....	11
3.2.1	Öljyn puhtauden määrittely	11
3.3	UPM Communication papers Oy Kymi	13
4	SUODATUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	14
4.1	Uuden järjestelmän toiminta.....	14
4.2	Hydrauliikkakaavioiden päivitys.....	16
4.3	Välisäiliön suunnittelu.....	18
4.3.1	Säiliön rakenne.....	20
4.3.2	Yhteet	25
4.4	Komponenttien mitoitus.....	27
4.4.1	Säiliön ja sen osien mitoitus	28
4.4.2	Säiliön kansi, kannen kiinnityspanta ja tukijalat	29
4.4.3	Säiliön yhteet	30
4.4.4	Suodatuspumpun mitoitus	30
5.	KUSTANNUKSET JA TAKAISINMAKSUAIKA	35
6	LOPPUTULOKSET JA YHTEENVETO	36
6.1	Työn kehityskohteet	36
	LÄHTEET.....	38

LIITTEET

Liite 1. Osaluettelo uuden säiliön liittämistä varten.

1 JOHDANTO

Työn lähtökohdat syntyivät Valmetin WinRoll-pituusleikkurin hydraulikan ongelmista, jotka kunnossapidon työnjohtajana havaitsin. Ongelmana pituusleikkurin hydraulikkakoneikolla oli kolmen pääpumpun lyhyt elinikä, sekä yhden pumpun hajoamisen aiheuttama muidenkin koneikon pumppujen hajoaminen. Yhden pumpun hajoaminen siis aiheutti suuren remontin ja pituusleikkurille noin 10 tunnin seisona-ajan, jos osat olivat kohtuuajassa saatavilla. Korjauksen yhteydessä vaihdettiin aina kolme hydraulikkapumppua ja 2000 litraa öljyä. Tämä vaati myös vähintään viiden ihmisen sitomisen työhön koko vaihdon ajaksi.

Suuren remontin ehkäisemiseksi oli suunniteltava keino, joka estää yhden pumpun hajotessa muiden pumppujen hajoamisen ja öljynvaihdon tarpeen. Nopeasti päästiin ideaan mallintaa suodatusvälisäiliö, jolla estetään pumppujen hajotessa pumpusta irtoavan lian ja metallikappaleiden joutuminen öljyn mukana varsinaiseen hydraulikkaöljysäiliöön. Tällä säästettäisiin noin 40 miestyötuntia sekä useita tuhansia euroja rahaa varaosissa sekä koneen seisona-ajassa. Työn tarpeeseen vaikutti myös nykyisten varaosien runsas hinnan nousu, erittäin pitkät toimitusajat sekä osien huono saatavuus koronapandemian sekä Ukrainan sodan vuoksi vuonna 2022.

Opinnäytetyön osuus keskittyy suurelta osin säiliön mallinnukseen sekä uusien järjestelmien suunnitteluun ja päivitykseen. Valmiita järjestelmiä olisi tällaiseen järjestelmään tarjolla, mutta hinta haluttiin pitää kohtuullisena. Myös uusien laitteiden määrä haluttiin minimoida. Öljyn pumppaus uudesta välisäiliöstä takaisin varsinaiseen hydraulikkaöljysäiliöön saatiin pienellä suunnittelulla järjestymään koneikossa jo valmiina olevilla laitteilla.

2 VALMET WINROLL -PITUUSLEIKKURI

Opinnäytetyön kohteena oleva paperin pituusleikkuri on Valmetin valmistama WinRoll-keskiörollainleikkuri. Pituusleikkurien tehtävä on leikata paperikooneelta saatavasta konerullasta pienempiä rullia asiakkaan vaatimusten mukaan. WinRoll-leikkurissa on erilliset rullausasemat (12 kpl) jokaiselle valmistettavalle rullalle alla esitetystä kuvassa 1 (osa 1). Yhdessä rullausasemassa on kaksi vartta, A ja B varsi, joiden väliin rulla muodostuu. Valmistuva rulla rullataan automaattisesti koneeseen syötettävälle hylsulle (osa 2). Hylsy kiinnittyy rullausaseman rullauskelkkoihin (osa 3). Kelkat painavat hylsyä rullaus-sylinteriä vasten (osa 4). Rullaussylinteriltä paperi tarttuu hylsulle automaattisesti suihkutettuun liimaan ja alkaa rullautua hylsyn ympärille kiinnirullauksen käynnistyttyä. Kun rullaus käynnistyy, rullauskelkkojen liikituksen hydraulisylinterien avulla säädetään rullan ja rullaussylinterin välinen nippikuorma sopivaksi eri rullausvaiheissa.



Kuva 1. WinRoll-rullausasema

WinRoll-leikkureissa on myös lisänä 18 kpl painoteloja (kuva 2 osa 1). Painotelojen avulla rullaa voidaan tarvittaessa tukea tai vaikuttaa muilla tavoin kiinnirullaukseen. Painoteloissa on kahden telimoottorin välissä hihna, jolla saadaan rullaan tarvittaessa suuri kosketuspinta-ala. Leikkuuteriä WinRoll-leikkurista löytyy 25 paria sekä esileikkausteriä 2 paria.



Kuva 2. WinRoll-kiinnirullaus

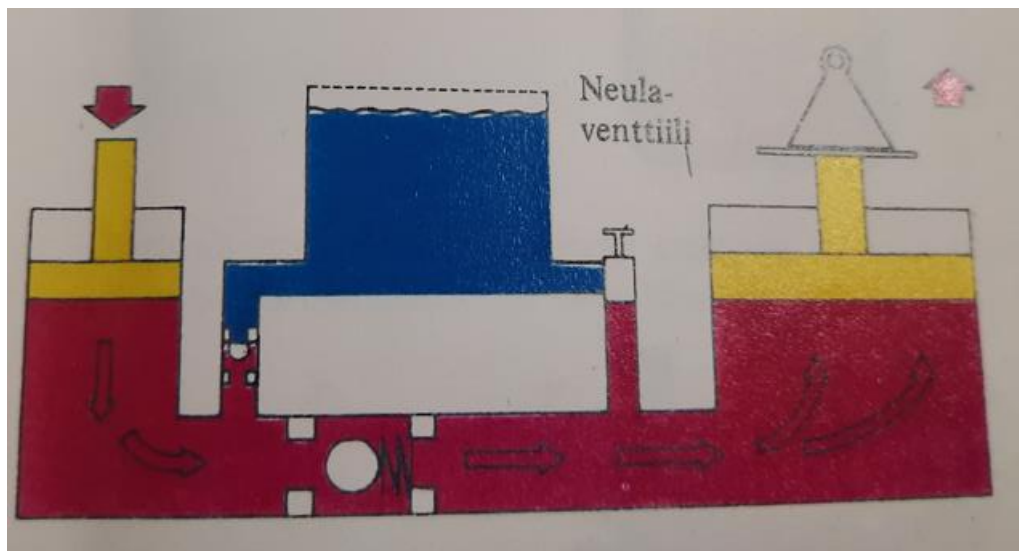
Kyseisiä leikkureita on UPM Kymin paperitehtaalla kaksi kappaletta PL1 ja PL2. PL1 on rakennettu vuonna 2001 ja PL2 on rakennettu vuonna 2002. WinRoll-pituusleikkurit olivat aikansa nopeimpia leikkureita 3000 m/min paperin leikkausnopeudella. Opinnäytetyön järjestelmän kehitystä suunniteltiin PL2-hydrauliikkajärjestelmään.

PL2-pituusleikkuriin syötettävän konerullan maksimileveys on 8680 mm ja maksimi rullan halkaisija 4000 mm. Leikkurista ulos saatavan rullan minimileveys on 350 mm ja maksimileveys 4400 mm. Halkaisijaltaan rulla voi olla maksimissaan 1650 mm ja painaa enintään 6000 kg. Näiden rajoitusten perusteella asiakkaat määrittelevät pituusleikkurilla valmistettavien rullien koon. Rullien valmistuksessa on kuitenkin huomioitava, ettei turhaa hävikkiä ja hylkypaperia synny ja saadaan hyödynnettyä konerulla mahdollisimman tehokkaasti. (Valmet 2002.)

WinRoll-leikkureissa hydrauliiikka on voimanlähteenä suurimmassa osassa koneen liikutettavista laitteista. Kone on toiminnaltaan hyvin monimutkainen ja monipuolinen, jonka takia hydrauliiikan täydellinen toimintavarmuus on tärkeää hyvälle paperin tuotannolle.

3 HYDRAULIIKKA

Hydrauliiikka on yleisesti teollisuudessa käytetty voimansiirtomenetelmä. Hydrauliiikkaa käytetään paljon myös esimerkiksi raskaan autokaluston laitteissa voiman ja liikkeen välittämiseen. Hydrauliiikassa voima välitetään nesteen avulla toimilaitteelle ja yleisimmin väliaineena käytetään erilaisia hydrauliiikkaöljyjä. Yksinkertainen monenkin kotoa löytyvä hydrauliiikkatoiminen laite on pullotunkki, jonka toimintaperiaate on kuvassa 3.

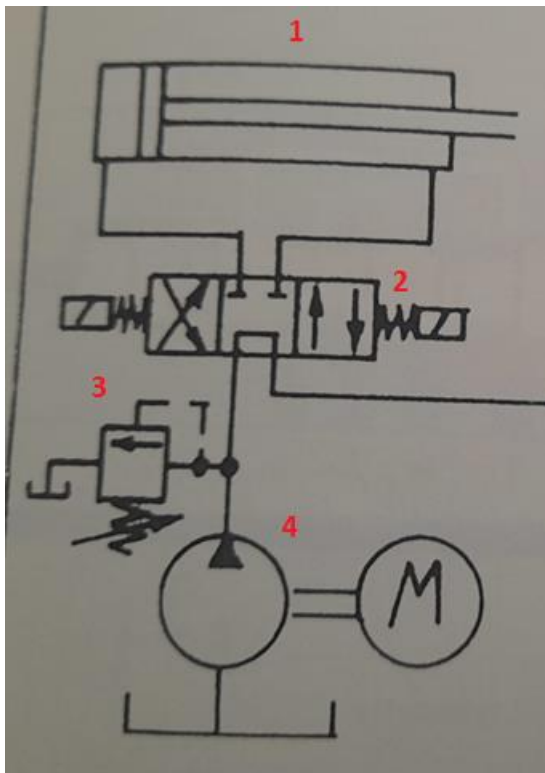


Kuva 3. Pullotunkin toimintaperiaatekuva (Mäkinen, 1997)

Pullotunkissa hyödynnetään pinta-alan ja paineen suhdetta nesteen välityksellä tuottamalla suurella liikkeellä ja pienellä voimalla (kuvassa 3 vasemmalla) tunkin nostavalle osalle (kuvassa 3 oikealla) pieni liike, mutta suuri voima.

3.1 Hydrauliikkalaitteet

Hydrauliiikassa yleisimmin käytetyt toimilaitteet ovat erilaisia sylintereitä ja moottoreita. Sylinterin avulla saadaan aikaiseksi lineaarinen liike ja moottoreilla puolestaan pyörivä liike. Oheisessa kuvassa 4 esitetään yksinkertainen hydrauliikkapiiri, jossa hydrauliikkapumppu (osa 4) pumppaa paineen järjestelmään. Pumpun jälkeen järjestelmässä oleva paineenrajoitusventtiili (osa 3) pitää linjassa olevan paineen säädetyn arvon alapuolella. Paineenrajoitusventtiili päästää linjasta hydrauliiKANestettä takaisin hydrauliiKANestesäiliöön paineen ollessa liian korkea, ja paineen laskiessa alle säädetyn arvon venttiili sulkeutuu. Suuntaventtiilillä (osa 2) ohjataan hydrauliiKKAsylinteriä (osa 1). Kuvassa 4 näkyvää tyypillistä kaksitoimista hydrauliiKKAsylinteriä voidaan liikuttaa kahteen suuntaan. Kuvan suuntaventtiili on myös hyvin yleisesti käytetty 4/3-suuntaventtiili, jossa on 4 kanavaa ja 3 eri asentoa. Venttiilin ollessa keskiasennossa sylinteri pysyy paikallaan ja venttiiliä liikuttaessa jompaankumpaan suuntaan sylinteri liikkuu sen ohjaamana eri suuntiin.



Kuva 4. Yksinkertainen hydrauliiKKApiiri: 1. HydrauliiKKAsylinteri 2. Suuntaventtiili 3. Paineenrajoitusventtiili 4. HydrauliiKKApumppu (Mäkinen 1997)

Hydrauliikan toimilaitteita ohjailaan erilaisilla venttiileillä. Venttiileitä on paljon erilaisia, joiden avulla pystytään ohjaamaan laitteita halutulla tavalla. Venttiileitä on sekä mekaanisesti ohjattavia että sähköisesti ohjattavia. Eniten käytetty venttiili on yksinkertainen on/off-tyyppinen venttiili, jolla valitaan vain hydrauliöljylle haluttu suunta. Näitä voi olla sekä mekaanisesti liikutettavia, että sähköllä liikutettavia. Käsien käytettynä näillä venttiileillä pystytään jossain määrin myös hallitsemaan liikkeiden nopeutta vain hiukan vipua kääntämällä, jolloin venttiilin kara aukeaa vähän ja liike on hidas, koska virtausmäärä on pieni. Sähköllä on/off-venttiileitä käytettäessä kara on joko auki tai kiinni asennossa, jolloin nopeutta ei pystytä hallitsemaan. Näiden lisäksi on sähköllä ohjattuja proportionaali ja servoventtiileitä, joilla pystytään hallitsemaan virtausmäärää sekä painetta halutunlaiseksi. Näitä on laitteissa, joissa tarvitaan tarkkuutta tai säätömahdollisuutta nopealla reagoinnilla. Venttiileitä on myös paljon muitakin, kuten kuristus-, vasta- ja paineenrajoitusventtiileitä, joilla kaikilla on oma tehtävänsä järjestelmissä.

Hydrauliikkanesteeseen voiman tuottaa yleisimmin jonkinlainen hydraulipumppu, joko sähkömoottorin tai polttomoottorin käyttämänä. Pumppuja on myös monia erilaisia, yleisimmin käytettyjä ovat mäntäpumput, hammasratas-pumput ja siipipumput. Mäntäpumppuja käytetään yleisimmin jatkuvakäytisessä järjestelmässä, jossa halutaan pitää tietty paine järjestelmässä jatkuvasti. Mäntäpumpuilla pystytään hallitsemaan painetta pumpun itse säätämänä. Kun kulutusta ei ole, mäntäpumppu menee ns. tyhjäkäynnille eikä kuluta silloin paljon energiaa. Hammasratas- ja siipipumput ovat yleisimmin pumppuja, joissa ei itsessään ole minkäänlaista paineensäätöä, vaan ne vaativat järjestelmään lisäksi jonkinlaisen paineensäätimen. Hammasratas- ja siipipumput ovat vakiotuottoisia kierrosluvun suhteen, eikä niiden tuottoa voi säätää kuten mäntäpumpulla. Tuoton säätäminen näillä pumpuilla onnistuu pumppua pyörittävän koneen kierroslukua muuttamalla. Hammasratas- ja siipipumppuja käytetään myös usein järjestelmissä, joissa öljy täytyy vain saada kiertämään eikä paineentuotolla ole suurta merkitystä.

Hydrauliikkajärjestelmissä tärkeässä roolissa on myös hydrauliikkanesteen säiliö. Säiliö mahdollistaa hydrauliikan toimilaitteiden liikkeessa hydrauliikkanesteen riittävyuden joka vaiheessa. Jos järjestelmässä on esimerkiksi suuria hydrauliikkasyylintereitä, voi hydrauliikkanesteen määrä säiliössä vaihdella jopa

satoja litroja sylintereiden liikkussa. Säiliö huolehtii hydraulikkapumppujen öljyn saannista öljyn määrän vaihdellessa. Hydraulikkaneustesäiliöt ovat usein paineettomia säiliöitä, joissa on jonkinlainen huohotus, jotta nesteen määrän vaihdellessa ilma pääsee liikkumaan säiliöön ja sieltä pois.

3.2 Öljyn puhtaus

Hydraulikkajärjestelmän yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on käytettävän väliaineen eli useimmiten öljyn puhtaus. Hydraulikkajärjestelmien laitteet ovat tarkkaan koneistettuja laitteita, jotka ovat erittäin herkkiä öljyn mukana liikkuvalla lialle. Esimerkiksi venttiileissä on hienokoneistetut karat, joiden välissä pienetkin likapartikkelit aiheuttavat venttiilien jumittamista sekä nopeaa kulumista, tämä taas ajan myötä aiheuttaa venttiilin jumittamista ja sen myötä koko laitteiston epämääräistä toimintaa. Myös toimilaitteiden sisällä liikkuvat likapartikkelit aiheuttavat tiivistepinnoille ja tiivisteisiin naarmuja, jotka puolestaan aiheuttavat tiivisteiden ennenaikaista rikkoutumista.

3.2.1 Öljyn puhtauden määrittely

Öljyn puhtauden määrittelyyn on kehitelty erilaisia mittausmenetelmiä. Yleisimmin Suomessa käytössä oleva mittausmenetelmä on ISO 4406 -standardin mukainen puhtauden määrittely. ISO 4406 -standardissa määritellään öljynäytteestä yli 4 $\mu\text{m}(\text{c})$:n, yli 6 $\mu\text{m}(\text{c})$:n ja yli 14 $\mu\text{m}(\text{c})$:n kokoisten hiukkasten lukumäärä millilitrassa. ISO 4406:n mukaisesta testistä saadaan tuloksena kolminumeroinen luku, joka kertoo eri hiukkaskokojen määrän erillisen taulukon (kuva 5) mukaan. (Promaint ry 2018.)

Hiukkasten määrä/ml		ISO-koodi
Yli	Alle	
2 500 000		> 28
1 300 000	2 500 000	28
640 000	1 300 000	27
320 000	640 000	26
160 000	320 000	25
80 000	160 000	24
40 000	80 000	23
20 000	40 000	22
10 000	20 000	21
5 000	10 000	20
2 500	5 000	19
1 300	2 500	18
640	1 300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2,5	5	9
1,3	2,5	8

$> 4 \mu\text{m (c)} > 6 \mu\text{m (c)} > 14 \mu\text{m (c)}$
18 / 15 / 11

Kuva 5. ISO 4406:n partikkelimäärät (Promaint ry 2018)

Hydrauliikan laitevalmistajat määrittelevät laitteilleen usein minimi puhtausluokkavaatimukset, joita puhtaammilla öljyillä laitetta tulisi käyttää toiminnan varmistamiseksi. Opinnäytetyön aiheena olevan pituusleikkurin hydrauliikkakoneikon pumppujen valmistaja Bosch Rexroth on määritellyt A10VSO-pumpuille öljyn puhtausluokan ISO 4406:n mukaan vähimmäisvaatimukseksi 20/18/15. (Bosch Rexroth AG 2016.)

Pituusleikkurilla useassa kohteessa käytettävän Rexroth 4WEPEH 6 -servoventtiilin öljyn puhtausvaatimus on ISO 4406:n mukaan 18/16/13 (Bosch Rexroth AG 2010), joka on jo huomattavasti puhtaampaa öljyä, kuin mitä pumput vaativat. Hydrauliikkapumpuilta lähtevien painelinjojen jälkeen koneikossa on tämän takia vielä painesuodattimet, joilla varmistetaan venttiilistöille lähtevän öljyn puhtaus. Hydrauliikkakoneikon säiliössä on siis mahdollista olla, ja todennäköisesti aina onkin, likaisempaa öljyä kuin venttiilistöille ja toimilaitteille lähtevä öljy.

Öljyn kuntoa voidaan seurata ja mitata myös monilla muilla eri menetelmillä kuin hiukkaslaskurilla. Pelkkä hiukkasten lukumäärä ei kerro koko totuutta öljyn kunnosta ja välillä on hyvä seurata myös muita ominaisuuksia, koska öljykin vanhenee käytössä, mutta yleisin seurattava suure on likapartikkelien

määrä. Tärkeämissä öljyjärjestelmissä on jatkuva mittaus jossain kohtaa linjassa kiinteästi eli niin sanottu on-line/in-line-mittaus. Näitä käytetään, jotta voidaan seurata jatkuvasti öljyn kuntoa ja huomataan heti nopeat muutokset. Kalliiden laitteiden kanssa on hyvä reagoida heti, jotta vältetään suuremmilta vahingoilta. Mittauslaitteiden hinnan takia tällaisia järjestelmiä ei ole joka laitteistoissa. (Promaint ry 2018.)

Yleisimmin käytetty öljyn kunnonvalvonta-tapa on pullonäytteiden otto järjestelmästä eli off-line-mittaus. Tässä periaatteena on ottaa järjestelmästä näyte ja kuljettaa se laboratorioon tutkimuksia varten. Näiden heikkous on näytteenottajan tarkkuus näytettä otettaessa. Näytteenottaja pystyy helposti pilaamaan näytteen huolimattomuudellaan, joten näytteenottajan on oltava tarkkana ottaessaan näytettä. Myös näytteenottopisteellä on suuri merkitys lopputulokseen.

3.3 UPM Communication papers Oy Kymi

UPM Kymin paperitehtaan toiminta on alkanut vuonna 1872 Axel Wilhelm Wahrenin johdolla. Tuolloin sovittiin puuhiomon sekä paperitehtaan rakentamisesta Kuusankosken äärelle ja perustettu yhtiö sai nimekseen Kymmene Ab. Samana vuonna Kreivi Carl Robert Mannerheim perustaa Kuusankoski Ab:n. Ensimmäinen Kuusankoski Ab:n paperikone sekä puuhiomo käynnistyivät vuonna 1873 ja seuraavana vuonna 1874 käynnistyvät Kymmene Ab:n ensimmäiset puuhiomo ja paperikone. Alueen ensimmäiset sellutehtaat käynnistyivät Kuusaansaassa vuonna 1886 ja Kymintehtaalla 1887. UPM:n monien tuntema aarnikotka suunniteltiin Kymmene Ab:n liikemerkiksi vuonna 1899 ja tänä päivänä se on Suomen vanhin yhtäjaksoisesti käytössä ollut liikemerkki. (UPM Kymi Intranet 2022.)

Vuosien varrella Kymmene Ab ostaa useita kilpailijoita ja metsäyhtiöitä ja yrityksiä kasvaen yhdeksi maailman suurimmista metsäteollisuusyrityksistä. Ajan myötä Kuusankosken alueella rakennetaan uusia paperi- ja päällystyskoneita, kun vanhoja puretaan edestä pois. Tällä hetkellä vielä käytössä oleva PK8 paperikone on rakennettu vuonna 1983, jolloin se oli maailman suurin hienopa-

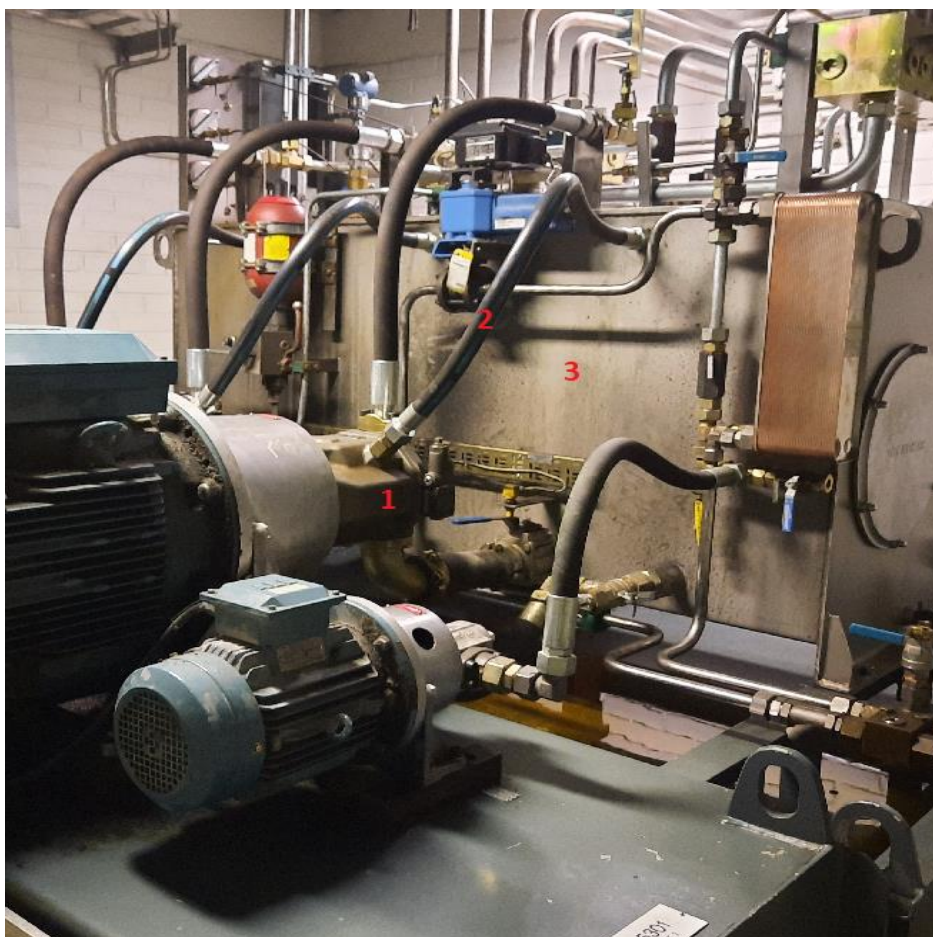
perikone. Toinen Kymin vieläkin käynnissä olevista paperikoneista PK9, käynnistyi vuonna 1988. Tällä hetkellä käytössä oleva päällystyskone C3 on otettu käyttöön vuonna 2001, jolloin myös paperikone PK8 uudistettiin täydellisesti. Tänä päivänä usean eri nimenvaihdosten ja yhtiömuutosten jälkeen Kymin paperitehdas kuuluu UPM Communication Papers Oy:n yksiköihin. (UPM Kymi Intranet 2022.)

4 SUODATUSJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Suodatusjärjestelmä suunniteltiin yhteen kohteeseen, vaikka käyttöpaikkoja voi tulevaisuudessa olla useampia. Kohteet eroavat pieniltä osin toisistaan, joten säiliötä ja muuta järjestelmää voidaan muokata eri kohteiden mukaan kyseisiin paikkoihin sopivaksi. Tätä järjestelmää voidaan käyttää pohjana niiden suunnitteluun. Erillistä projektisuunnittelua tästä järjestelmästä ei käyty, koska tilaajan edustajana tässä tapauksessa on itse järjestelmän ja laitteiston suunnittelija. Laitteisto kuitenkin hyväksytetään myös muilla tilaajan edustajilla.

4.1 Uuden järjestelmän toiminta

Uuden järjestelmän ideana oli suodattaa päähydrauliikkapumppujen (kuva 6 osa 1) hajotessa pumpun kotelon vuotolinjaa (osa 2) pitkin pääöljysäiliöön (osa 3) öljyn mukana kulkeutuvat likapartikkelit.



Kuva 6. WinRoll-hydrauliikkakoneikko

Helpoin tapa tähän olisi ollut asentaa suodattimet suoraan vuotolinjan ja säiliön väliin, mutta hydrauliikkapumppujen valmistaja on määritellyt vuotolinjan maksimipaineeksi kaksi baaria. Linjan paine nousee suodattimien kanssa helposti yli kahden baarin, etenkin kun suodattimet alkavat tukkeutua. Suodattimiin olisi mahdollista asentaa ohitusventtiili, joka aukeaisi kahden baarin paineessa, mutta silloin mahdollinen likapartikkeli pääsisi taas suodattimen ohi ja olisi jälleen pääöljysäiliössä. Tällainen järjestelmä vaatisi jokaiselle suodattimelle oman tukkeumailmaisimen, jotta suodattimien tukkeutumiseen osattaisiin reagoida ajoissa ja liian hitaan reagoinnin tapauksessa järjestelmä olisi turha.

Suunnittelussa päädyttiin järjestelmään, jossa hyödynnetään koneikossa jo olevia laitteita ja suodatinta. Uusi järjestelmä vaati lisäksi vain uuden pienen välisäiliön, johon hydrauliikkapumppujen vuotolinjojen öljy ohjataan, sekä pieniä muutoksia letku- ja putkilinjoihin. Vuotolinjojen öljyä kierrätettäessä koneikossa jo olevan paluusuolettimen kautta säiliöön, saadaan järjestelmään

mukaan suodattimella jo oleva tukkeumaindikaattori indikoimaan mahdollisesta pumppuviasta, kun joltakin kolmesta pääpumpusta alkaa tulla likaa öljyn mukana.

Välisäiliön muoto ja yhteiden kohdat tulisi suunnitella siten, että vuotolinjasta mahdollisesti kulkeutuva öljyä painavampi likapartikkeli kulkeutuisi välisäiliön pohjalle ja jäisi sinne. Välisäiliöön tuleva öljy sen sijaan pumpattaisiin järjestelmässä jo olevan paluusuodattimen läpi pääöljysäiliöön. Pumppauksessa käytettäisiin hyödyksi koneikossa jo käytössä olevaa öljysäiliön jäähdytys- ja suodatuskierron pumppua, joka pumppaa pääöljysäiliöstä öljyä jäähdyttimen sekä suodattimen kautta takaisin säiliöön. Tämä pumppu on tyypiltään hammasrataspumppu, joka ei ole yhtä herkkä lialle kuten mäntäpumput, joita on käytössä hydraulikkakoneikon pääpumpuina. Hammasrataspumppu on myös hankintahinnaltaan huomattavasti edullisempi, joten pumppu on uhrattavissa, jos sillä estetään mäntäpumppujen hajoaminen.

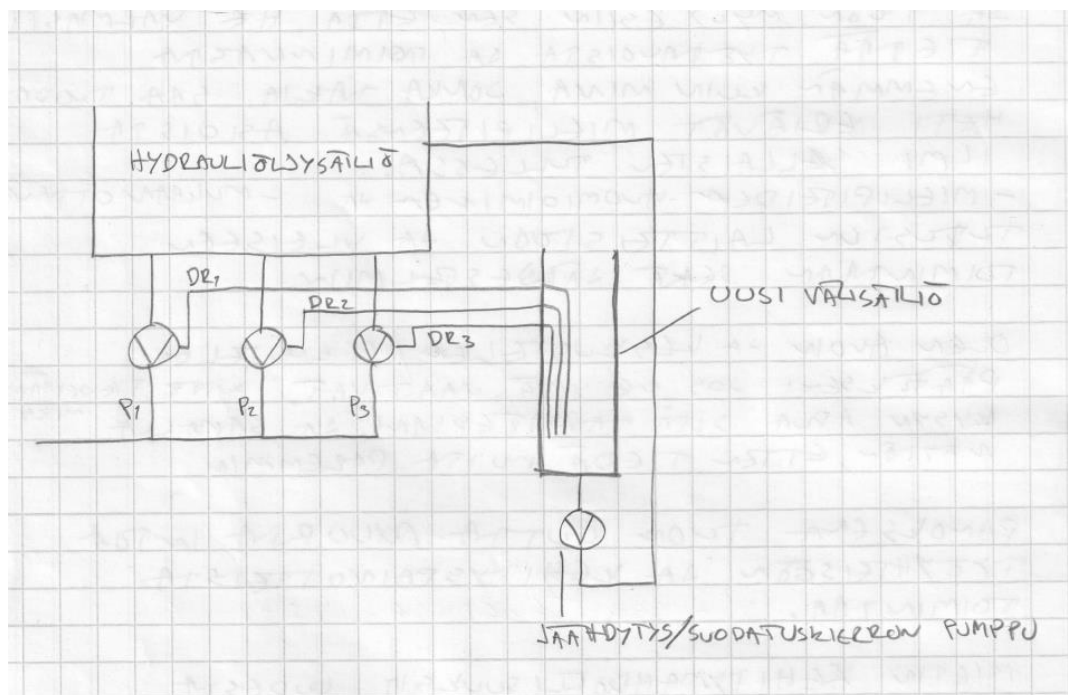
Myös välisäiliön mahdollinen tyhjentäminen ja puhdistus täytyi ottaa huomioon, jotta sinne kertyvä lika saadaan poistettua.

Säiliön pohjaan tehtiin yhde käsiventtiiliä varten, josta säiliön saa tyhjennettyä. Säiliöön suunniteltiin myös irrotettava kansi, jotta säiliöön pääsee näkemään sisälle. Säiliön pohjassa oleva käsiventtiili toimii hyvin myös visuaalisen näytteen ottopisteenä. Pohjaventtiilistä voi esimerkiksi suodattimien vaihdon yhteydessä tarkastaa onko säiliöön kertynyt likaa, joka kertoisi mahdollisesta pumppuvauriosta, jos sitä ei ole muuten huomattu.

4.2 Hydraulikkakaavioiden päivitys

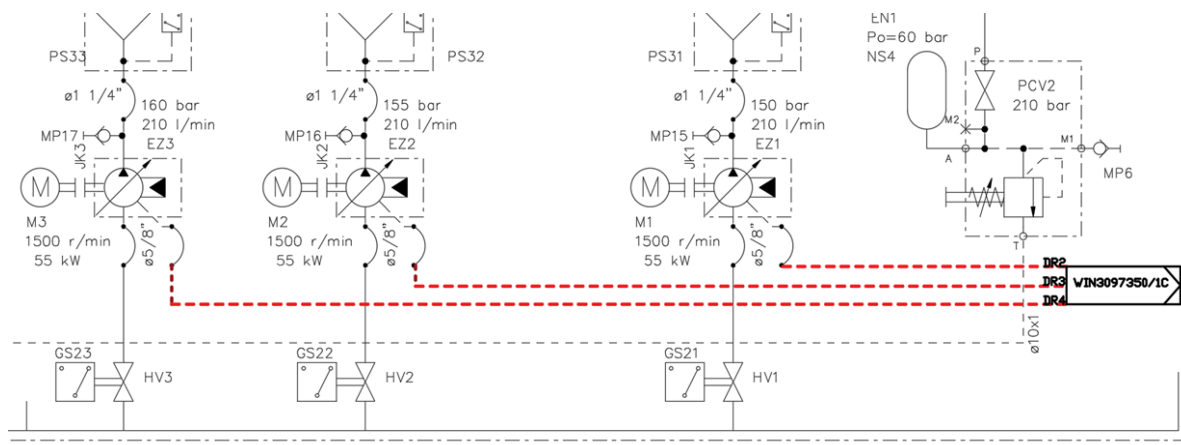
Vanhan järjestelmän hydraulikkakaaviot täytyi päivittää vastaamaan uuden järjestelmän toimintaa, joten vanhat DGN-tiedostomuodossa olevat kaaviot täytyi muuttaa DWG-muotoon, jotta niitä pystyi AutoCad-ohjelmalla muokkaamaan. Tämä tehtiin sen takia, ettei kaavioita tarvitse tehdä kokonaan uusiksi pienten muutosten takia. Vanhoihin kaavioihin oli eritelty hydraulikan pääpumput sekä suodatus- ja jäähdytyskierron pumppu omille hydraulikkakaavioille, joten muokattavia kaavioita oli kaksi kappaletta. Kuvat voidaan myös piirittää

kokonaan uusiksi halutunlaisiksi, jos uusi järjestelmä päätetään tehdä, mutta näiden kuvien perusteella se on helppoa, koska järjestelmä ja sen muutokset on selkeästi esitetty. Uudesta hydraulikkakaaviosta tehtiin ensin paperille piirtämällä luonnos (kuva 7), jonka perusteella alkuperäisiä hydraulikkakaavioita lähdettiin muokkaamaan.



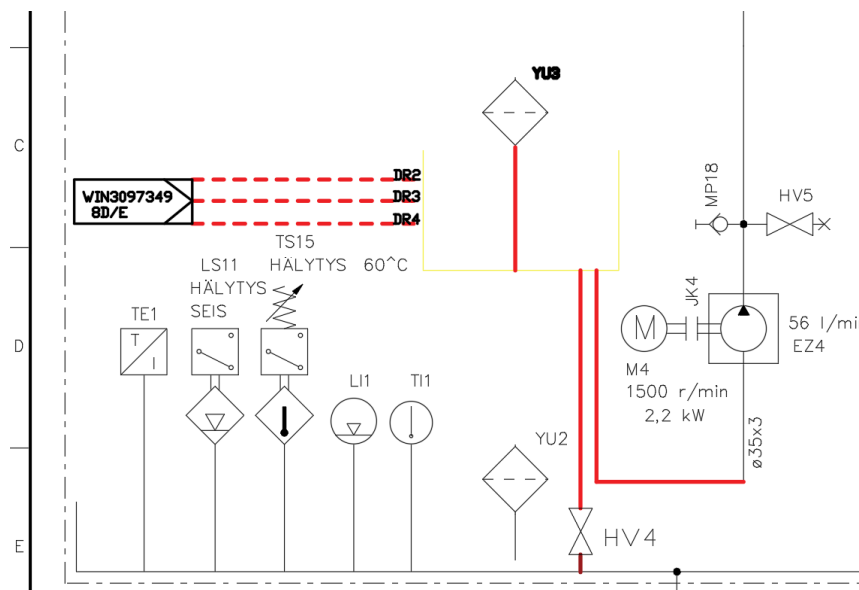
Kuva 7. Uuden hydraulikkakaavion luonnos

Hydraulikkakaaviosta 1. (kuva 8) johdettiin pumppujen vuotolinjat kuvan laitaan ja laitettiin viite ohjeistamaan linjojen jatkuvan toisessa kaaviossa toisen kaavion numerolla, sekä koordinaatit, mistä kohtaa toista kuvaa linjat jatkuvat. Linjat nimettiin linjoiksi DR2, DR3 ja DR4. Linjat olisi ollut järkevää merkitä numeroilla 1, 2 ja 3, mutta kaaviossa 2 on jo yksi DR-linja, jonka takia ei voida DR1-linjaa käyttää toiseen kertaan samassa kuvassa. DR-merkintä on hydraulikkassa yleisesti käytetty vuotolinjan merkintä.



Kuva 8. Hydraulikkakaavio 1.

Toiseen hydraulikkakaavioon (kuva 9) tehtiin samalla tyylillä merkintä toisesta kaaviosta tulevista linjoista (WIN3097349 8D/E) ja merkittiin linjojen nimet (DR2, DR3, DR4) tunnistamisen varmistamiseksi. Toiseen kaavioon piirrettiin myös välisäiliö, johon vuotolinjat johdetaan sekä välisäiliön huohotus (YU3). Varsinaisesta hydraulioöljysäiliöstä tuleva linja sekä jäähdytyskierron pumpulle lähtevä linja ja käsiventtiili (HV4).

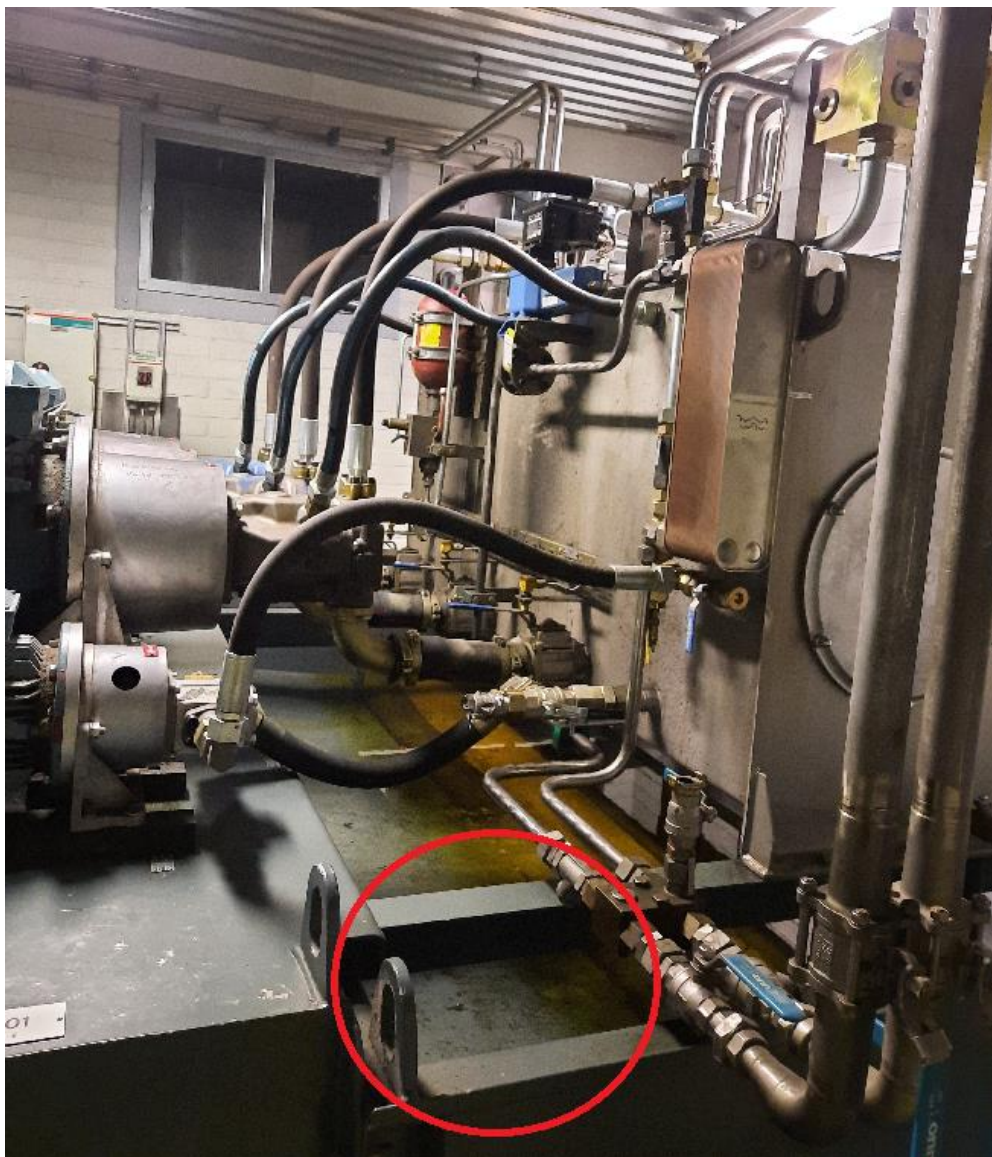


Kuva 9. Hydraulikkakaavio 2.

4.3 Välisäiliön suunnittelu

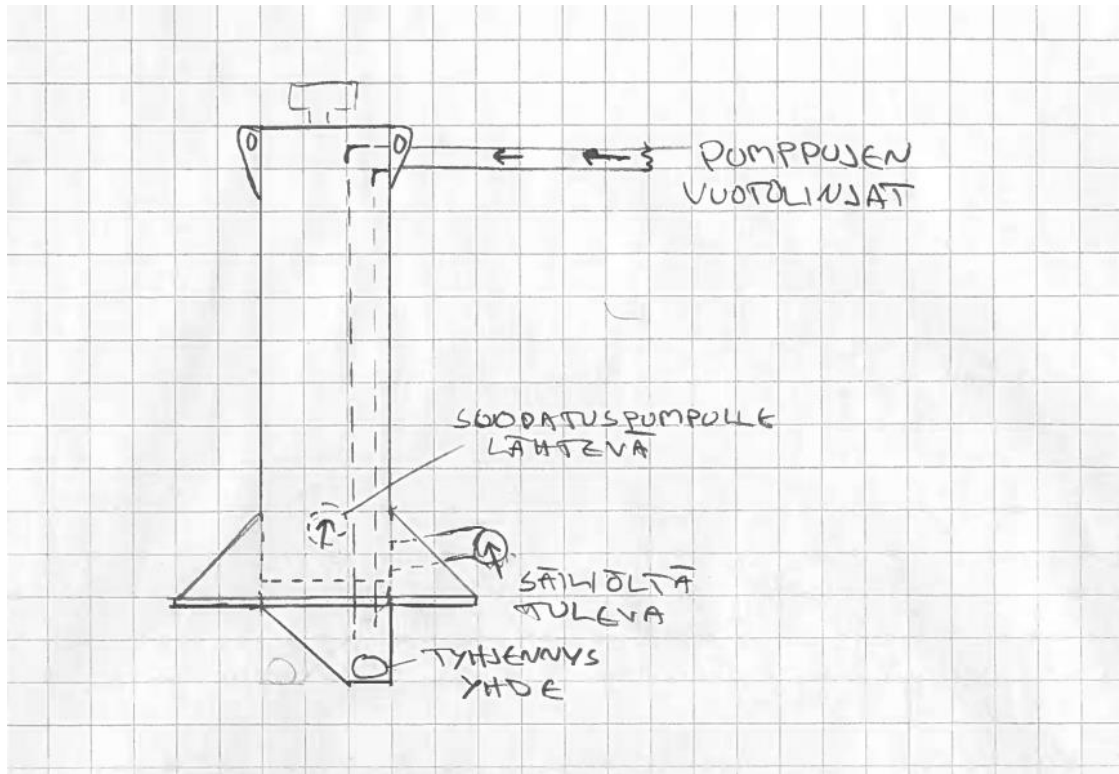
Välisäiliön suunnittelu aloitettiin asennuskohteeseen (kuva 10) tutustumalla ja rajoittavien tekijöiden listauksella ja mittailulla. Säiliölle valikoitui paikaksi kuvan 10 punaisella ympyröity kohta. Paikka on välisäiliölle erittäin hyvä sen ol-

lessa varsinaisen hydraulikkaöljysäiliön vuotoaltaan päällä. Välisäiliöstä mahdollisesti vuotava öljy vuotaa kaukaloon, josta se saadaan helposti hoidettua asianmukaiseen jatkokäsittelyyn.



Kuva 10. Hydraulikkakoneikko PL2

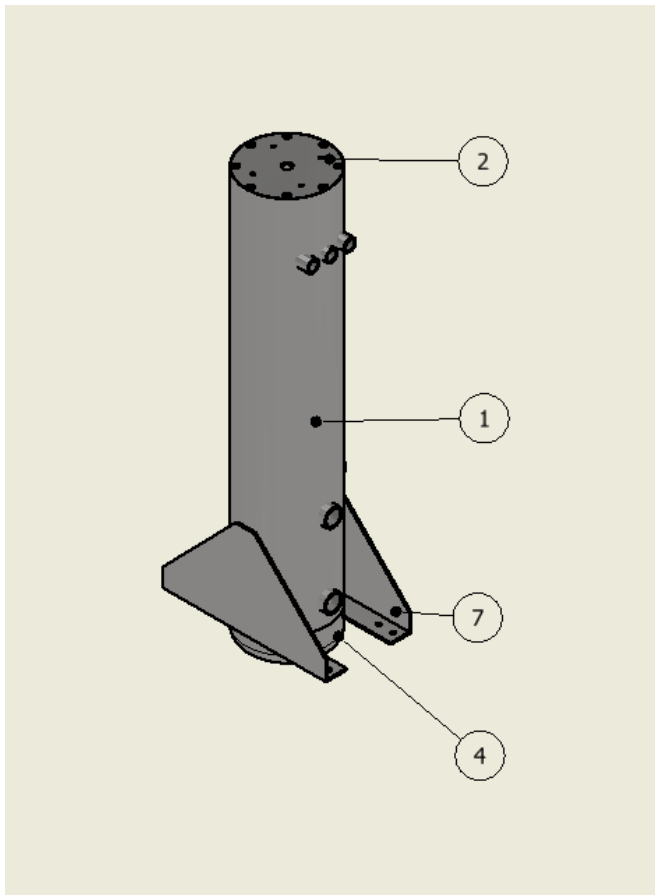
Suunnittelussa täytyi ottaa huomioon säiliöön mahdollisesti kertyvä lika, joka täytyy päästä tarpeen tullen puhdistamaan ja tyhjentämään. Myös säiliöön kertyvä lian kulkeutuminen varsinaiseen hydraulikkaöljysäiliöön täytyi estää. Välisäiliöstä tehtiin ensin paperille luonnos (kuva 11), josta ideaa lähdettiin kehittämään eteenpäin suunnitelmien tarkentuessa ja kehittyessä.



Kuva 11. Säiliön luonnos

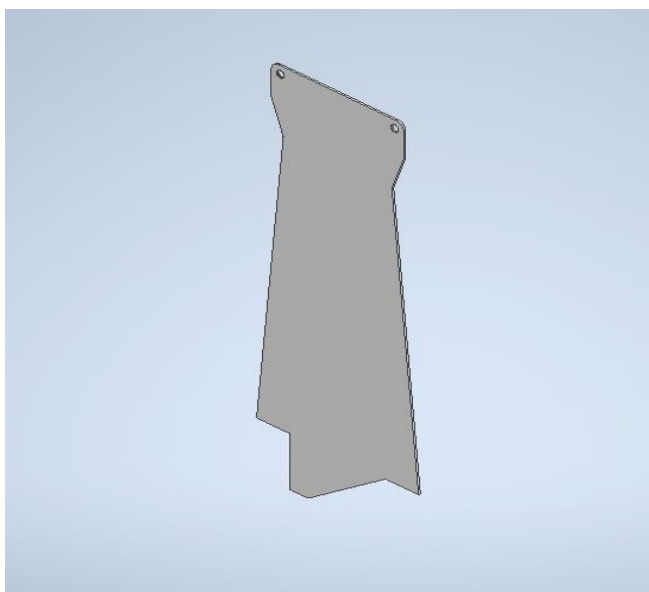
4.3.1 Säiliön rakenne

Säiliötä suunnitellessa määrääviä tekijöitä säiliölle oli asennuskohteen tilarajoitukset, säiliöön tulevien ja lähtevien yhteiden paikat sekä suunnat, varsinaisen hydraulikkaöljysäiliön öljypinnan korkeus sekä hydraulikkakoneikon pääpumpujen vuotolinjojen mahdollisimman pieni vastus. Säiliön materiaaliksi valikoitui ruostumaton haponkestävä teräs X2CrNiMo17-12-2, 1.4404 (316L). Haponkestävä teräs valikoitui materiaaliksi sen korroosionkestävyyden takia, ja materiaali on yleisesti käytössä paperitehtaalla muissakin laitteissa ja komponenteissa. Korroosionkestävyyttä vaaditaan, koska säiliön sisään jäävään tyhjään tilaan, olisi mahdollista tarttua korroosio öljyn seassa ja ilmassa olevasta kosteudesta. Korroosio säiliön sisällä taas likaa öljyä turhaan. Säiliön mahdollinen pinnoittaminen olisi mahdollista, mutta turha vaihe, koska säiliö voidaan rakentaa suoraan riittäväillä ominaisuuksilla varustetusta materiaalista kohtuu kustannuksin. Säiliöstä muotoutui lopuksi kuvan 12 mukainen säiliö pääkomponentteineen.



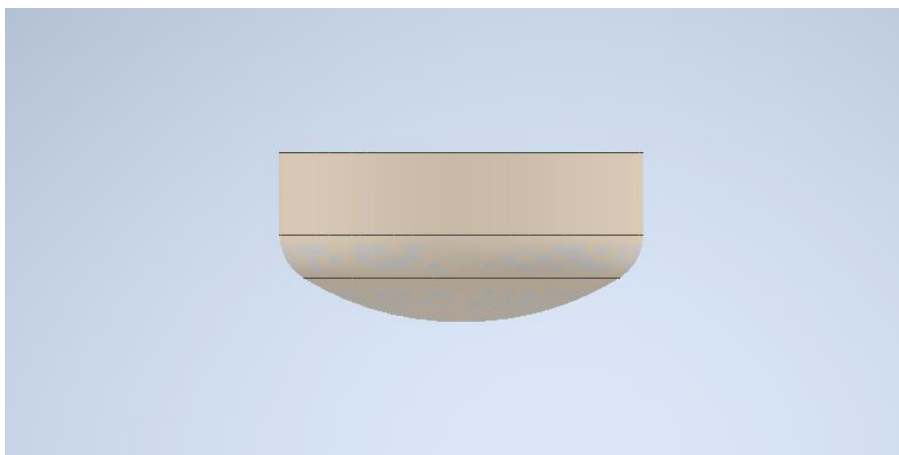
Kuva 12. Valmis säiliö. Pääkomponentit 1.Putki 2. Kansi 4.Putkipääty 7.Kiinnitysalka

Säiliötä lähdettiin suunnittelemaan ja mallintamaan AutoCad Inventor Professional 2022 -ohjelmalla ensin levyateriaalista (kuva 13) leikattavaksi ja siitä koottavaksi hitsaamalla säiliön muotoon.

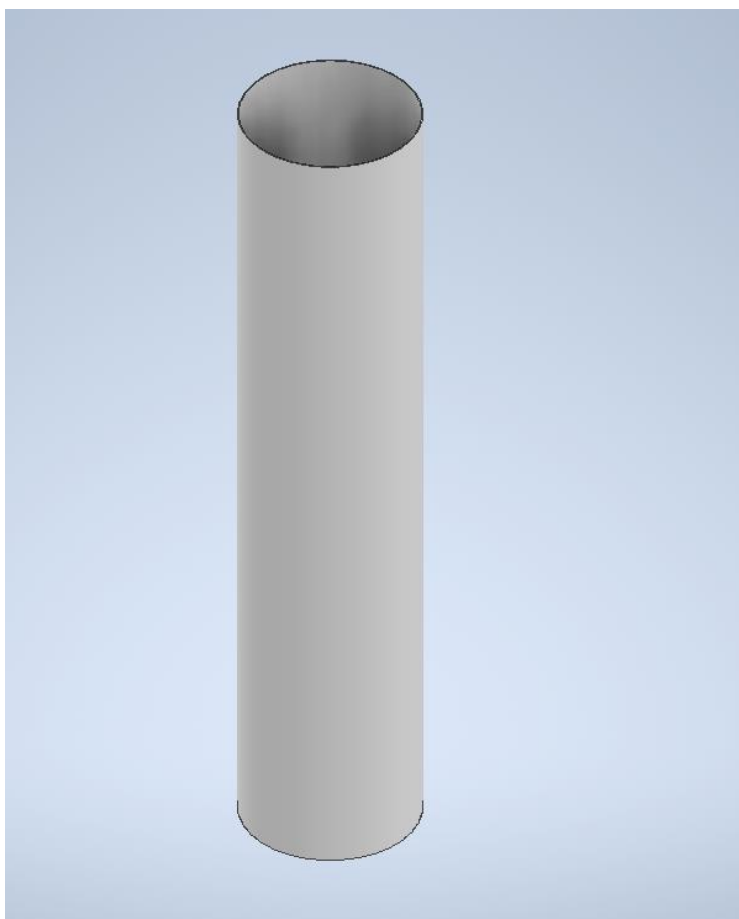


Kuva 13. Levymallinnus säiliöstä

Muutaman levykappaleen mallintamisen jälkeen mieleen tuli käyttää valmiita putkiosia säiliön rakenteena, jolloin saadaan kustannuksia minimoitua ja valmistusta helpotettua etenkin, jos säiliötä otetaan käyttöön tulevaisuudessa useampia. Säiliöosaksi valikoitui SFS-EN 10217-7 -standardin mukainen PN16 DN200 -putki ja tähän päätykappaleeksi SFS-EN 10253-4 -standardin mukainen PN16 DN200 -päätykappale. Putkiosat 3D -mallinnettiin ruostumattoman terästen putkiluokat standardin PSK 4240 E16H2A mittojen mukaan, kuvat 14 ja 15. (PSK standardisointiyhdistys ry, 2017)



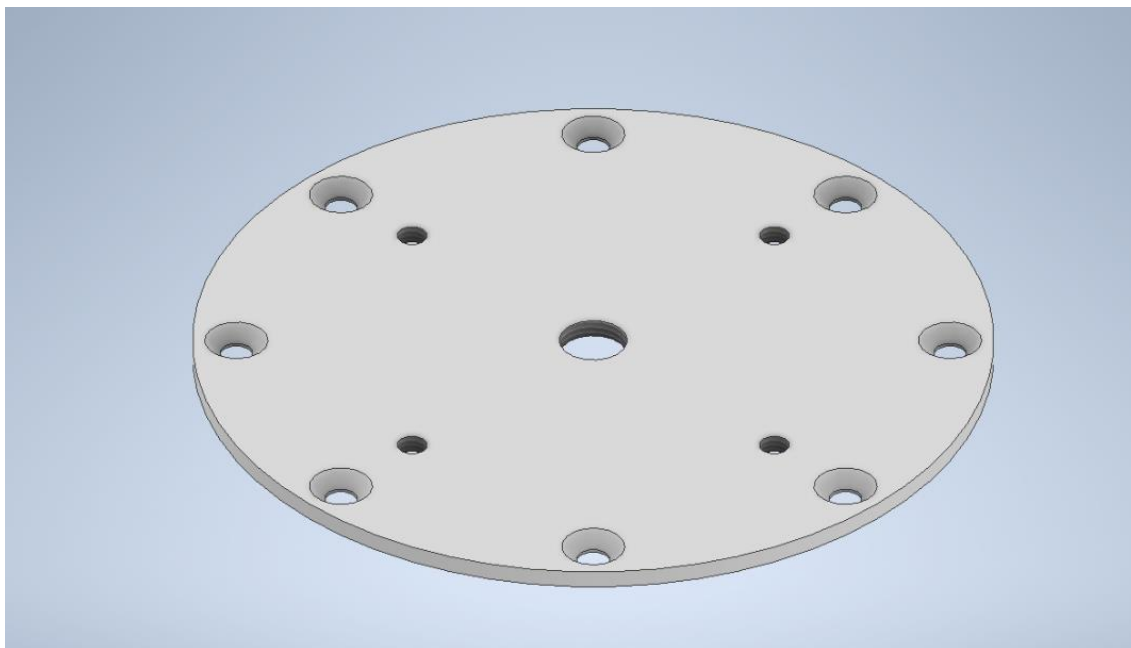
Kuva 14. Putkipääty DN200 SFS-EN-10253-4



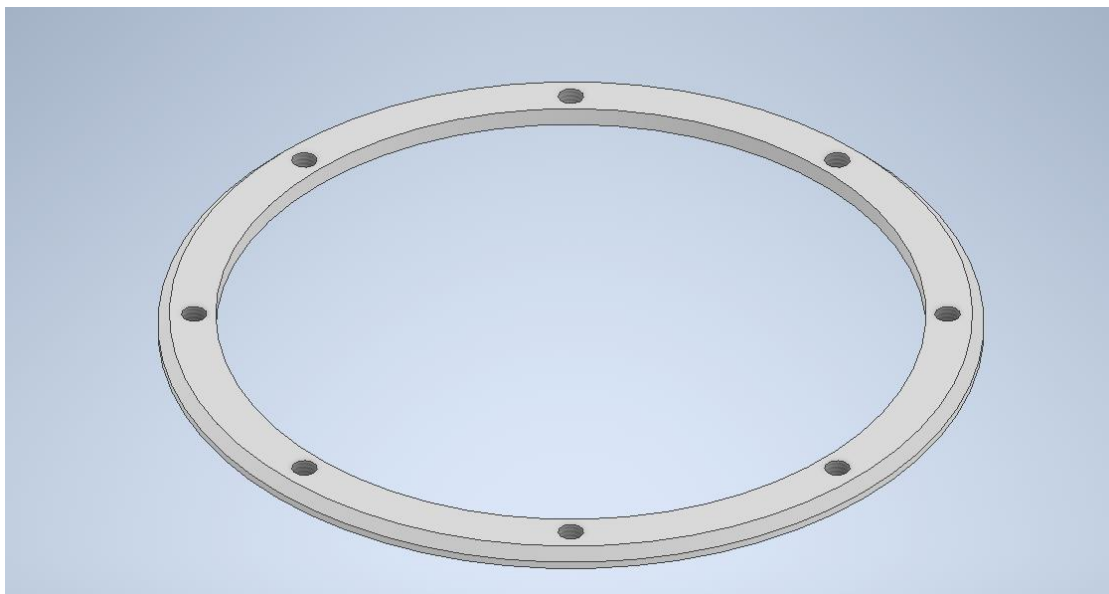
Kuva 15. Putki DN200 SFS-EN 10217-7

Valmiiden putkiosien paineenkesto on reilusti yli tarvittavan, mutta samalla haettiin hieman jäykkyyttä säiliön rakenteelle.

Valmiiden putkiosien lisäksi säiliöön piti suunnitella kansi ja sen kiinnikelevy. (Kuvat 16 ja 17). Kansi kiinnittyy säiliöön kiinnityspannan (kuva 17) avulla, joka hitsataan säiliöön kiinni. Kansi mallinnettiin viiden millimetrin paksuisesta levytavarasta tehtäväksi sen riittävän jäykkyyden vuoksi. Kansi kiinnitetään pantaan kahdeksalla M8-uppokantaruuvilla. Kanteen suunniteltiin myös M10-kierteet (4 kpl) mahdollisesti tarvittaville nostokorvakkeille tai kiinnityspisteeksi, jos säiliö tarvitsee korkeutensa takia lisätukea yläpään värinöiden hillitsemiseksi. Keskellä kantta on myös 3/4 tuuman BSP-putkikierre säiliön huohottimen asennusta varten.

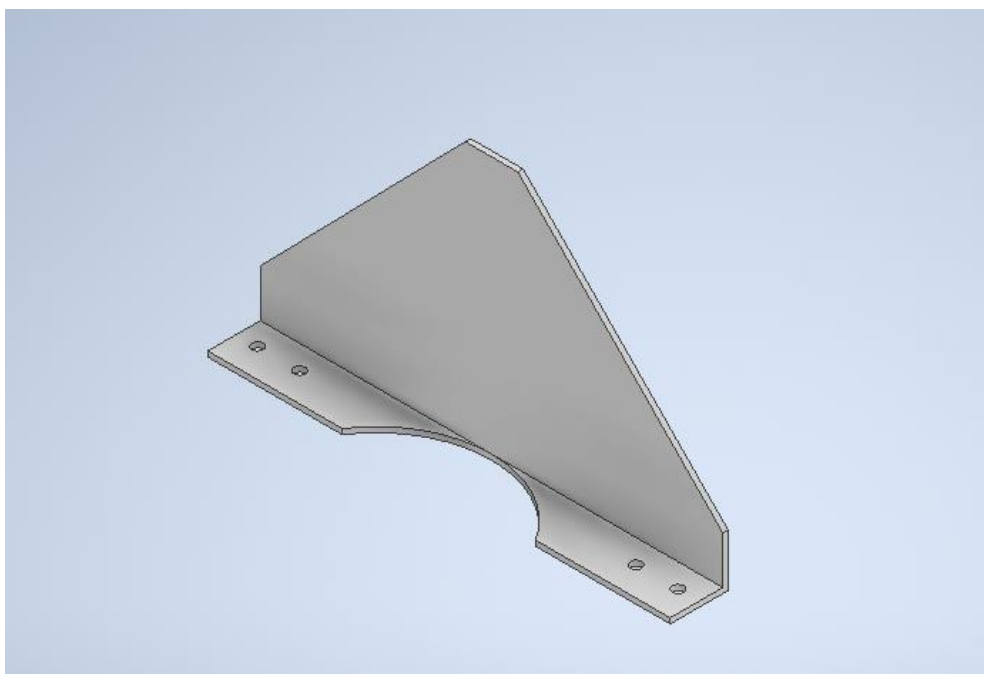


Kuva 16. Säiliön kansi



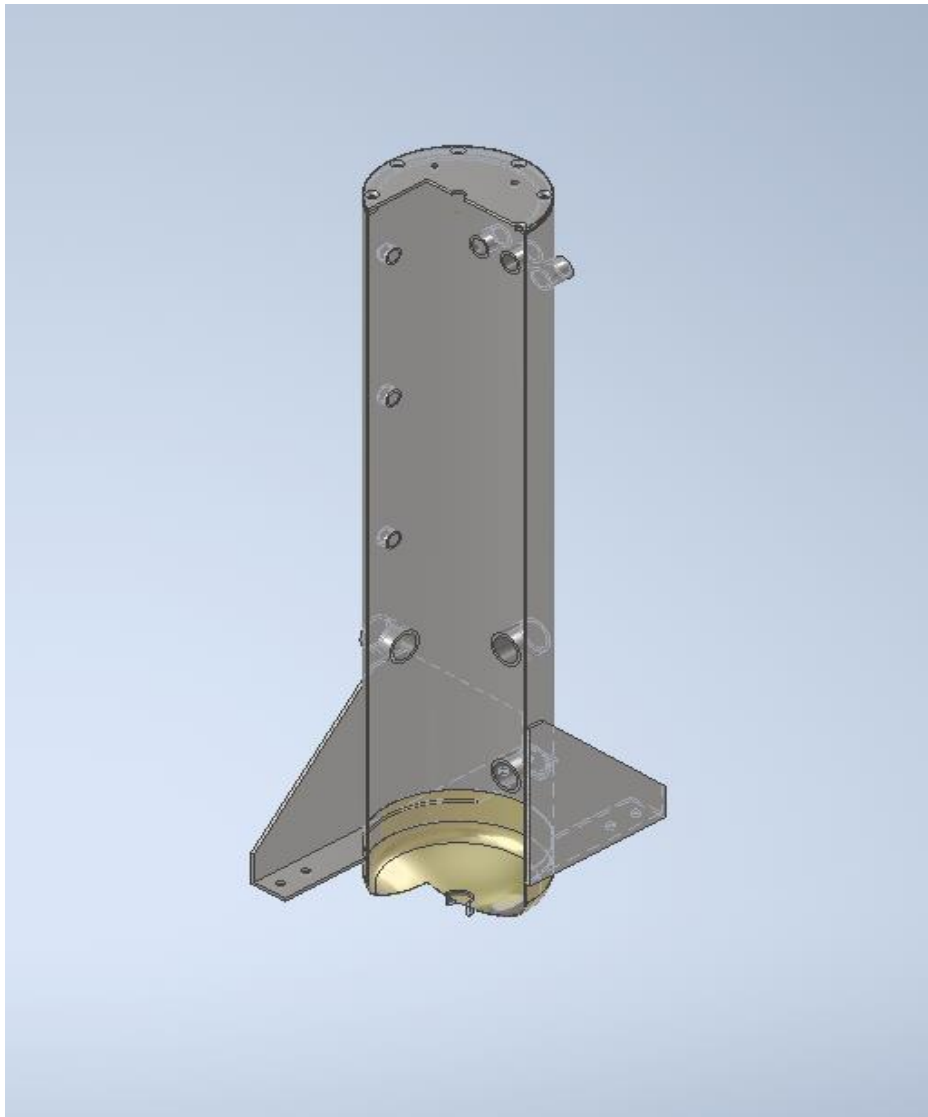
Kuva 17. Kannen kiinnityspanta

Säiliön kiinnitysjalat (kuva 18) suunniteltiin tehtäväksi kannen kanssa saman paksuisesta teräslevystä leikkaamalla ja kanttaamalla riittävän jäykkyyden saavuttamiseksi. Kannakkeet suunniteltiin hitsattavaksi säiliöön kiinni ja hydraulikkakoneikon palkkeihin M10-ruuviliitoksella (8 kpl) kiinnitettäväksi.



Kuva 18. Säiliön kiinnitysjalca

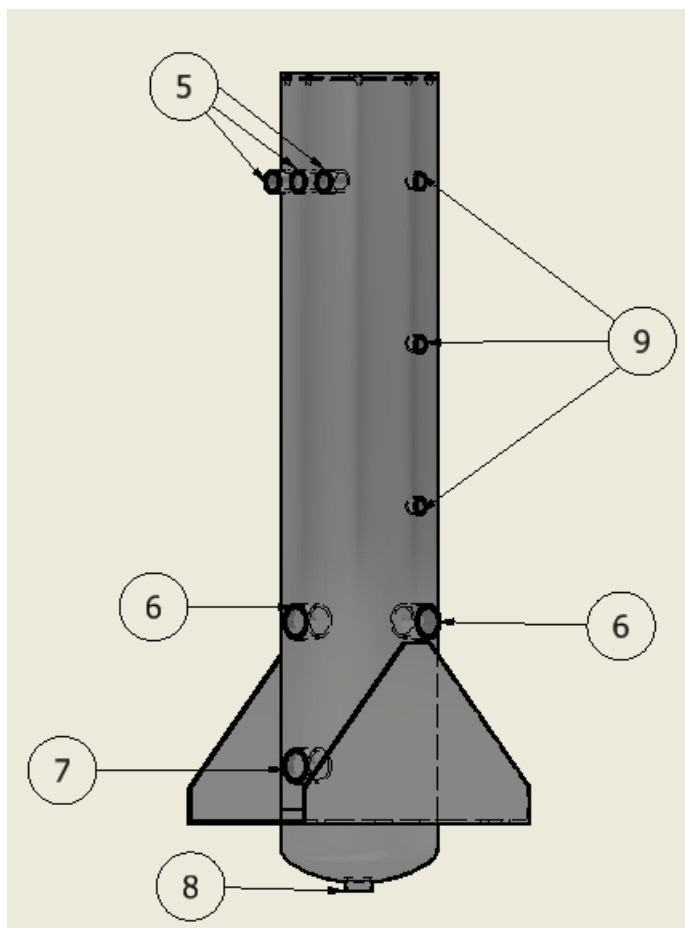
Osien mallinnuksen jälkeen tehtiin kokoonpanokuva (kuva 19) osat yhdistelemällä. Kokoonpanokuvaan lisättiin myös säiliöön tulevat yhteet letkulinjoja varten.



Kuva 19. Säiliön kokoonpano

4.3.2 Yhteet

Säiliö suunniteltiin paineettomaksi säiliöksi, jossa on oma huohotus, tuloyhteet kolmen pumpun kotelon vuotolinjalle (kuva 20 osat 5), tuloyhde varsinaisesta hydraulikkaöljysäiliöstä (osa 7) sekä kaksi vaihtoehtoista lähtöyhdeä hydraulikkapumpulle (osat 6). Säiliön pohjaan suunniteltiin tyhjennisyhde (osa 8), josta säiliön saa tarvittaessa tyhjennettyä tai otettua esimerkiksi öljynäytteen visuaalista tarkastelua varten.



Kuva 20. Valmiin säiliön yhteet

Pumppujen vuotolinjojen yhteet suunniteltiin putkitettavaksi säiliön sisällä lähes säiliön pohjalle asti. Tällä on tavoitteena saada hydraulikkapumpun mahdollisen hajoamisen yhteydessä välisäiliöön kulkeutuvan lian ja roskan päätyminen suoraan välisäiliön pohjalle. Öljyn virratessa säiliössä pienet likapartikkelit liikkuvat väkisin öljyn mukana, mutta tällä järjestelyllä suuret partikkelit jäävät säiliön pohjalle. Öljyn mukana liikkuvat pienet hienommat partikkelit päätyvät suodatus-jäähdytyskierron pumpun kautta paluusuodattimeen ja säiliöön palaava öljy on riittävän kelvollista lialle herkemille hydrauliiikan pääpumpuille. Yhteiden mitoitus tehtiin koneikon muiden yhteiden perusteella siten ,että vältetään ylimääräisiltä koon muunnin liitoksilta sekä siten, että käytettävät liitinkoot ovat yleisesti käytössä ja siten helposti saatavilla tarvittaessa. Kannen huohottimen yhde valittiin jo käytössä olevien huohottimien koon perusteella, jotta voidaan käyttää jo valmiina varaosina tehtaalta löytyviä osia. Säiliön pohjaan tulevan tyhjennysyhteen koko valittiin siten, että siihen liitettävän käsiventtiilin läpi mahtuu kaikki hydraulikkapumppujen vuotolinjojen kautta mahdollisesti tulevista likapartikkeleista. Säiliöön suunniteltiin myös

kolme ylimääräistä yhdettä (kuva 20 osat 9), jos tulevaisuudessa tulee tarvetta liittää jotakin muuta lisäksi.

Yhteiden korkeudet mallinnettiin koneikon yhteiden korkeuden mukaan, jotta letkulinjoihin ei tulisi ylimääräisiä mutkia. Varsinaisesta säiliöstä välisäiliöön tulevan linjan 1 ¼" BSP-kierteellä oleva yhde laitettiin tarkoituksella välisäiliöön 20 mm alemmas, kuin mitä se on varsinaisessa hydraulikkaöljysäiliössä. Tässä oli ideana estää välisäiliöön kertyvän suuremman lian kulkeutuminen takaperoisesti varsinaiseen säiliöön jonkin vikatilanteen sattuessa, kun esimerkiksi jäähdytyspumppu lakkaa pumppaamasta. Normaali toiminnan aikana virtaussuunta on varsinaisesta säiliöstä välisäiliöön, jolloin likainen öljy ei pääse kulkeutumaan varsinaiseen säiliöön.

Jäähdytyspumpun imulinjaa varten säiliöön tehtiin kaksi yhdettä, toinen varsinaisen säiliön yhteen yläpuolelle ja toinen tästä 90 astetta sivuun. Nämä yhteydet ovat myös 1 ¼" BSP-putkikierteellä. Kaksi yhdettä mallinnettiin sen takia, että näistä saadaan valittua asennusvaiheessa parempi vaihtoehto letkujen reitille. Näissä kokoluokissa hydraulikkaletkut ovat niin jäykkiä, että lyhyet vedot ovat vaikeita tehdä, jos liittimet ei osu hyvin kohdilleen. Säiliön yläreunaan laitettiin kolme ¾" BSP-putkikierteellä olevaa yhdettä hydraulikkapumppujen vuotolinjoja varten. Nämä linjat olisivat asennusvaiheessa hyvä putkittaa säiliön pohjalle, jotta varmistetaan suurempien likapartikkelien kulku säiliön pohjalle, eikä valuessaan pohjalle kulkeudu virtauksen mukana jäähdytyspumpun imuyhteeseen. Toisen jäähdytyspumpun imuyhteen kanssa samaan suuntaan laitettiin kolme ½" BSP-putkikierteellä olevaa yhdettä. Näiden kolmen yhteen tarkoitus on olla vain varalla, jos halutaan säiliöön liittää jotakin jälkikäteen. Yhteitä voi käyttää esimerkiksi näkölaseille öljyn pinnankorkeutta seurataksseen.

4.4 Komponenttien mitoitus

Komponenttien mitoituksessa oli periaatteena pitää järjestelmä mahdollisimman selkeänä ja yhteensopivana vanhan jo olemassa olevan laitteiston

kanssa. Uusina tarvittavina osina suosittiin yleisesti jo paperitehtaalla käytössä olevia komponentteja, jotta varmistutaan tarvittaessa komponenttien nopeasta saatavuudesta ja helposta tunnistettavuudesta.

Materiaalina kaikissa säiliön osissa käytettiin 1.4404 (316 L) haponkestävää terästä.

4.4.1 Säiliön ja sen osien mitoitus

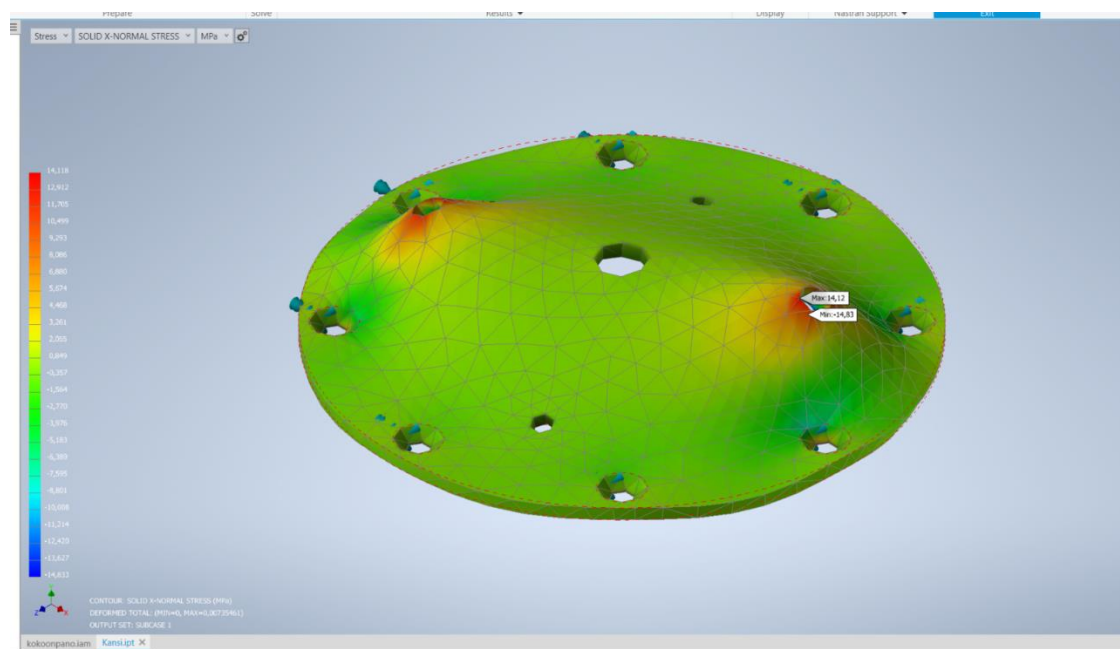
Säiliön rakenteen mitoituksessa päädyttiin käyttämään mahdollisimman paljon valmiita putkiosia. Putkiosat valikoituivat, koska niitä on helposti saatavilla ja hinta huomattavasti halvempi verrattuna erikoisvalmisteisiin osiin. Putkiosista on myös helppo rakentaa suunniteltu säiliö. Valmiita standardien mukaisia putkiosia käytettäessä myös lujuuslaskelmat on valmiiksi laskettu paineluokkien mukaan. Säiliöosa suunniteltiin tehtäväksi SFS-EN 10217-7 DN200 -putkesta 1020 mm:n mittaisena.

Säiliön ulkomitat määräytyivät suurimmalta osin asennuspaikan tilan mukaan ja korkeus tuli varsinaisen hydraulikkasäiliön korkeudesta, jotta molemmat säiliöt olisivat yhtä korkeita. Koska säiliöstä tehtiin paineeton säiliö, siihen asennettiin huohotus, jonka kautta säiliö hengittää mahdollisten pinnanmuutosten mukaan. Säiliön korkeudella myös estetään mahdollinen öljyn tulviminen huohottimen kautta, koska säiliöön jää riittävää elämisvaraa öljyn pinnanmuutoksille. SFS- EN 10217-4 standardin mukaan tehdyillä putkilla on 16 baarin paineenkesto, mikä on reilusti ylimitoitettu tälle järjestelmälle, jonka takia sen kestosta ei erillisiä laskelmia tehty. Säiliön pohja suunniteltiin tehtäväksi standardin SFS-EN 10253-4 mukaisesta DN 200 -putken päätykappaleesta, jolla paineenkesto on myös 16 baaria. Putkiosien suurin käyttölämpötila voidaan suunnittelussa olettaa olevan 100 °C. Normaalissa käytössä hydraulikkaöljyn lämpötila ei saa nousta yli 70 asteen, koska silloin öljyn ominaisuudet alkavat radikaalisti huonontua ja öljy vanhentua erittäin nopeasti. Tällä laskennallisella lämpötilalla putkiosien sallitut paineet ovat 14,2 baaria, joka on vielä reilusti yli tarvittavan, koska säiliössä vallitsee ainoastaan öljyn tuottama hydrostaattinen paine. Putkiosien hitsausliitoksia ei tarvitse paineenkestossa ottaa

suuremmin huomioon, koska SFS-EN 13480-3 -standardin laskentaperusteiden mukaan alle DN400-kokoisten putkiosien hitsausliitosten lujuuskertoimenä voidaan käyttää arvoa 1. (PSK standardisointiyhdistys ry 2017.)

4.4.2 Säiliön kansi, kannen kiinnityspanta ja tukijalat

Säiliön kansi, kannen kiinnityspanta ja tukijalat suunniteltiin tehtäväksi 5 mm:n paksuisesta levyateriaalista leikkaamalla. Kannessa olevien nostolenkkien vuoksi kannen kestävyys testattiin Fe-analyysin avulla Autodesk Inventor Nastran -ohjelmalla (kuva 21). Voimana käytettiin 1000 N:n voimaa, joka vastaa noin 100 kg:n massaa nostolenkkien (2 kpl) kierteestä ylöspäin, kun kansi oli ankkuroitu paikoilleen kannen kiinnitykseen käytettävien ruuvien rei'istä (8 kpl). Säiliön kokonaispaino on noin 75 kg, riippuen siinä kiinni olevien liittimien painosta, joten analyysin perusteella ollaan reilusti turvallisella puolella.



Kuva 21. Kannen FE-analyysi Nastran-työkalulla

Suurin jännitys, jonka Nastran-työkalu antoi, oli 14,118 MPa. Outokummun tuote Supra 316L/4404 (EN10088/EN10095) 1.4004 on myötölujuudeltaan ($R_{p0,2}$) 240 MPa (Valtanen 2019), jolloin kannen kiinnityspisteiden varmuuskertoimeksi saadaan $204 \text{ MPa} / 14,118 \text{ MPa} = 16,99$. Kansi kestää siis hyvin myös noston aikaiset nykäykset ja muut ylimääräiset kiihtyvyydet.

Nostolenkkien asennuksessa on kuitenkin esimerkiksi Haklift DIN 582, sekä luokan 8 nostosilmukkaruuveille kierteen minimi pituudeksi määritetty teräkselle $1*d$, joka siis M10 kierteellä tekee 10 mm (Haklift Oy 2021). Kannen ai-nevahvuuden ollessa 5 mm, täytyy nostolenkkien asennuksessa käyttää joko nostosilmukkaruuvien kanssa kannen alapuolelle asennettavia ylimääräisiä muttereita. Nostolenkkimuttereita käytettäessä kannen alapuolelta täytyy asentaa ruuvit nostopisteiden läpi ruuvaten siten, että kierre tulee esiin kannen yläpuolelle yli 10 mm. Kuorman kestoltaan pienempien Haklift DIN 582 M10-nostosilmukkaruuvien maksimi työkuorma on 230 kg, jolla varmuuskerroin on kahta nostolenkkiä käytettäessä $(230 \text{ kg} * 2) / 75 \text{ kg} = 6,13$ (Haklift Oy 2021). Jos kierteen kestävyys olisi lineaarista kierteen pituuteen verrattuna voitaisi nostosilmukkaruuveja käyttää sellaisenaan. Kannen paksuuden ollessa 5 mm, joka on puolet vaaditusta, jäisi varmuuskeroimeksi vielä $6,13 / 2 = 3,065$. Koska tästä ei ole varmuutta, on parempi käyttää valmistajan määrittelemiä minimi vaatimuksia ja sen takia apuna lisämuttereita tai ruuveja.

4.4.3 Säiliön yhteet

Säiliön yhteet ja niiden koot valikoituivat säiliöön liitettävien linjojen perusteella, jotta vältetään turhia koon muunnosnippoja tai yhteitä. Yhteinä käytettiin ISO 4144:n mukaisia kierteitettyjä yhteitä, jotka kiinnitetään säiliöön hitsaamalla. Säiliön pohjaan suunniteltiin yhden tuuman BSP-kierteellä oleva yhde käsiventtiilille säiliön tyhjennystä varten. Koko valikoitui sen perusteella, että tähän yhteeseen kiinnitettävän käsiventtiilin läpi mahtuu varmasti ulos kaikki säiliöön pumpuilta tuleva lika. Säiliön kylkeen suunniteltiin myös kolme kappaletta puolen tuuman BSP-kierteellä olevaa yhdettä esimerkiksi näkölasien asennusta varten, joista voidaan seurata öljypintaa.

4.4.4 Suodatuspumpun mitoitus

Suodatuspumpun riittävä tuotto täytyi varmistaa, jotta öljy ei missään tapauksessa liikkuisi väärään suuntaan, eli välisäiliöstä varsinaiseen säiliöön. Suodatuspumpusta löytyvällä tyyppikoodilla (kuva 22) lähdettiin etsimään pumpun tietoja.



Kuva 22. Suodatuskierron hydraulikkapumppu

Pumpun tietoja etsiessä selvisi, ettei kyseistä pumpua enää valmisteta. Tämän takia tietoja löytyi internetistä hyvin huonosti, eikä Mannesmann Rexrothin (nyk. Bosch Rexroth) arkistoista löytynyt tarkempia tietoja pumpusta. Myöskään paperitehtaan varastossa ei ollut varaosapumppua kyseiseen kohteeseen, josta olisi voinut tarkemmin tutkia pumpua. Paperitehtaan arkistoista kuitenkin löytyi pituusleikkurin valmistamisen ajoilta toimitetut komponenttikansiot, joista löytyi myös kyseisen pumpun datalehti.

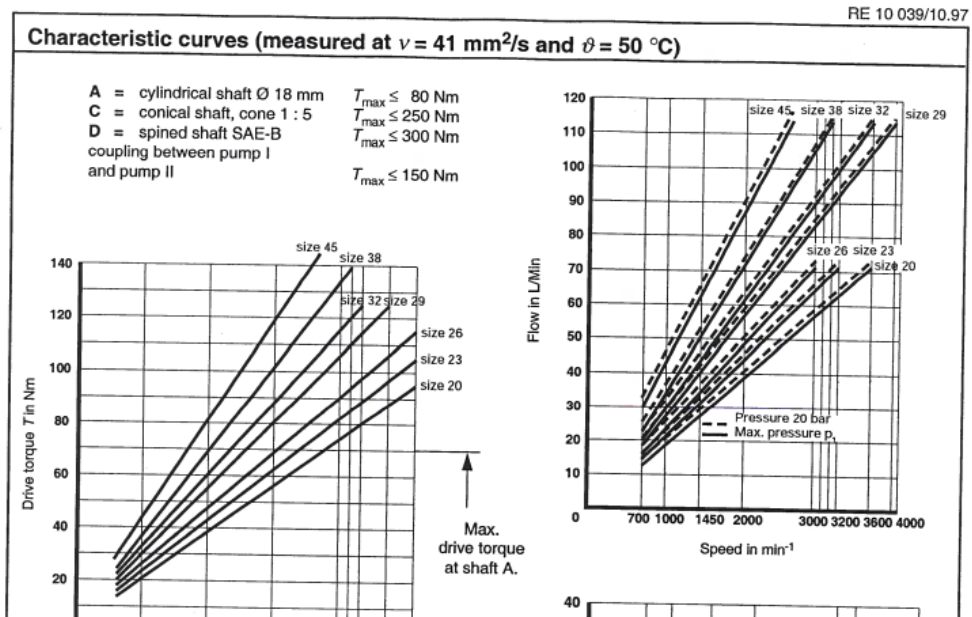
Datalehden tyyppikoodin purkutaulukon perusteella (kuva 23) pumpun tiedot pystyttiin selvittämään.

RE 10 039/10.97

Ordering details	
1 PF 2 G3 - 3X / 07 M *	
Series 30 to 39 (30 to 39, unchanged installation and connection dimensions)	= 3X Further details in clear text
20.9 cm ³ (V_{geom}) = size 20 = 020 23.4 cm ³ (V_{geom}) = size 23 = 023 25.9 cm ³ (V_{geom}) = size 26 = 026 30.1 cm ³ (V_{geom}) = size 29 = 029 32.6 cm ³ (V_{geom}) = size 32 = 032 37.6 cm ³ (V_{geom}) = size 38 = 038 45.2 cm ³ (V_{geom}) = size 45 = 045*	No code = single pump K = front pump for combinations L = rear pump for combinations N = centre pump for combinations S = rectangular flange Ø 80 mm (standard) B = SAE-B-2-hole flange Ø 101.6 mm T = rectangular flange Ø 50.8 mm H = combination flange for rear pump
Direction of rotation (viewed on the shaft end) clockwise = R anti-clockwise = L	M = NBR seals, suitable for mineral oil to catalogue sheet RE 07 075
Shaft end cylindrical shaft ISO (Ø 18 mm) = A conical shaft, cone 1 : 5, Ø 20 mm = C splined shaft SAE-B 7/8", 13 teeth = D shaft with claw coupling for rear pump = N	Note: Only the pump types which are listed in the catalogue sheet and have order numbers are available. Other types on request Connection flanges (see page 10) and pump mounting brackets to catalogue sheet RE 32 110 for the standard mounting flange type "S" have to be ordered separately.
For SAE- connection flanges on suction and pressure side = 07	
Ordering examples for single pumps : 1 PF 2 G3-3X/020 RA 07 MS Material no. 363 189 1 PF 2 G3-3X/029 RD 07 MBK Material no. 399 258 (only front pumps)	Ordering examples for double pumps : 1 PF 2 G3-3X/026 RA 07 MSK Material no. 399 098 1 PF 2 G3-3X/023 LN 07 MHL Material no. 363 240 Combination parts G3 + G3 Material no. 194 483
* only versions L/R D07MB or L/R D07MBK are available	Double pumps are supplied completely assembled.
Technical data (for applications outside these parameters, please consult us!)	

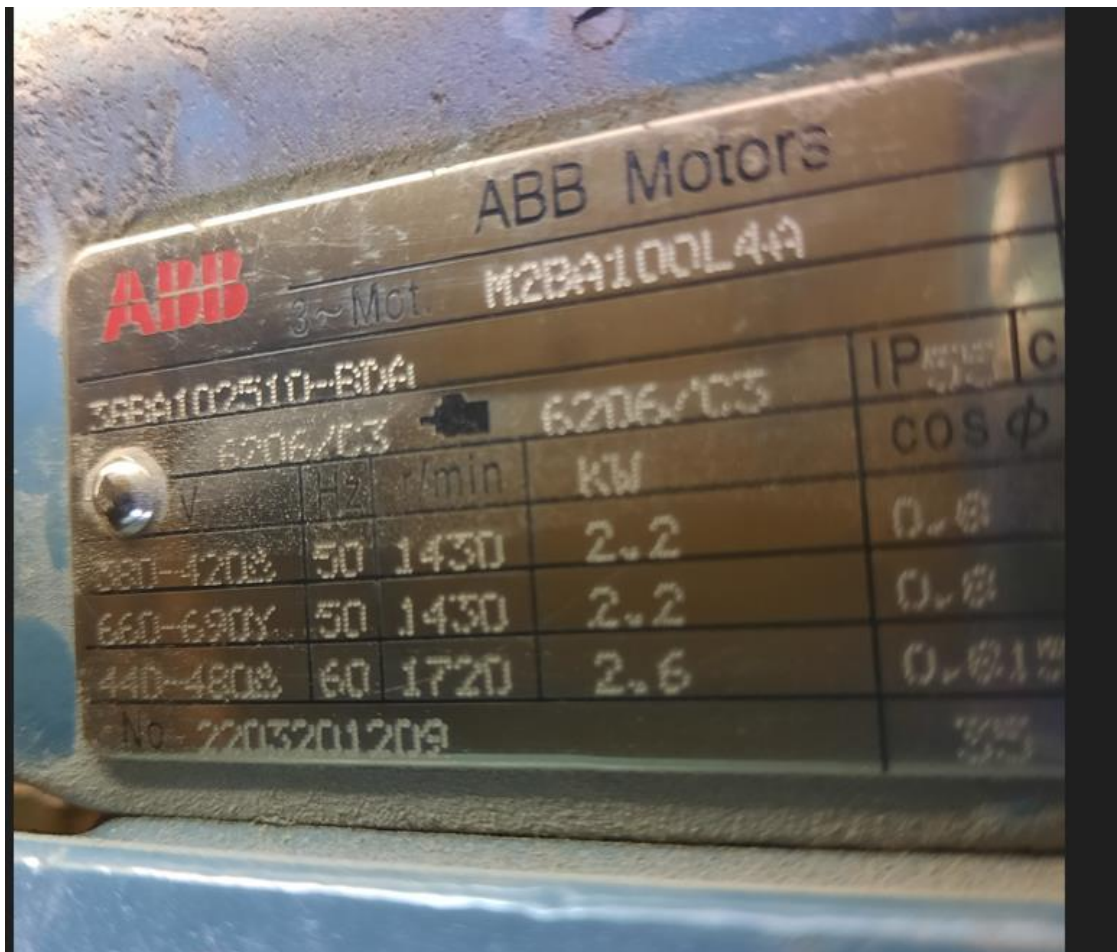
Kuva 23. Pumpun datalehti, tyyppikooditaulukko (Mannesmann Rexroth AG 1997)

Tyyppikoodi purkamalla saatiin pumpun koko (38) selville, minkä avulla datalehden virtaustaulukosta (kuva 24) katsomalla nähtiin pumpun virtausmäärät eri kierrosluvuilla.



Kuva 24. Pumpun virtauskaavio, virtauskaavio oikealla (Mannesmann Rexroth AG 1997)

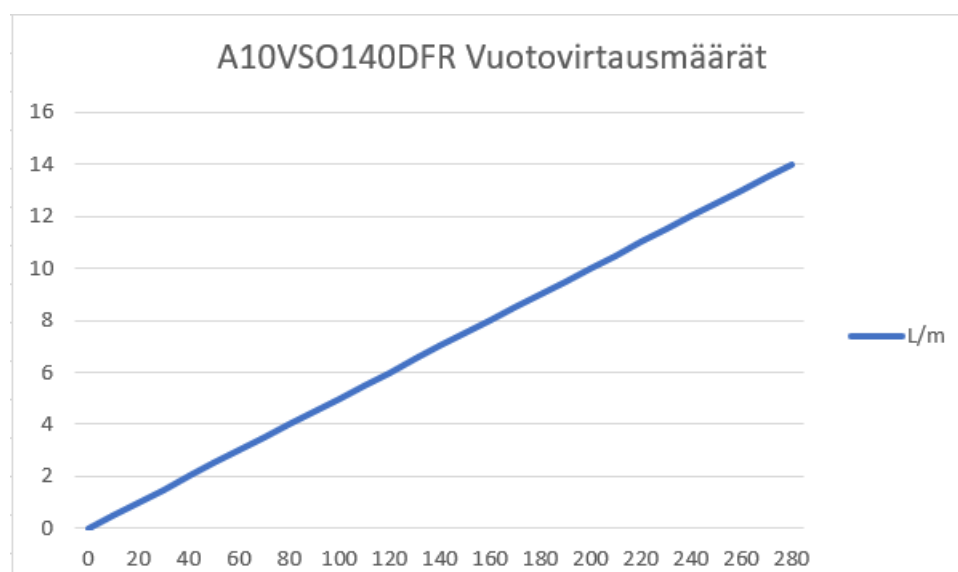
Pumpun kierrosluku selvisi pumpun pyörittävän sähkömoottorin tyyppikilvestä (kuva 25), kun tiedettiin moottorin olevan kytkettynä 380V:n linjaan kolmiokytkenällä. Tällöin kierrosluku on siis 1430 r/min.



Kuva 25. Suodatuspumpun sähkömoottorin tyyppikilpi

Kierroslukua vertaamalla taulukkoon (kuva 16) voidaan todeta pumpun virtauksen olevan noin 50 litraa minuutissa.

Hydrauliikan pääpumppujen A10VSO140DFR-datalehtiä tutkimalla ei löytynyt pumpun kotelon vuotolinjaa pitkin virtaavaa öljyn määrää, jotta olisi voinut todeta kierrätyspumppun tuoton riittäväksi. Asiaa tiedusteltiin Bosch Rexrothin myynti-insinööreiltä ja huoltohenkilöstöltä. Heiltä saatiin vuotovirtauksen arvoksi 12–14 litraa minuutissa paineiden ollessa 280 baaria sekä pumpun kierrosluvun ollessa 1500 kierrosta minuutissa. Huoltohenkilöstön kertoman mukaan vuotovirtauksen määrä liikkuu paineen perusteella lähes lineaarisesti. Näiden tietojen perusteella saadaan tehtyä suuntaa antava taulukko (kuva 26) 17A10VSO140DFR-pumpun vuotovirtausmäärille.



Kuva 26. A10Vso140DFR pumpun kotelon vuotovirtausmäärät

Pituusleikkurin hydraulikkapumppujen paineiden ollessa 150, 155 ja 160 baaria voidaan laskea kaikki suurimman paineen pumpun mukaan. Taulukosta katsomalla 160 baarin paineella vuotolinjassa kulkevan öljyn määrä on noin 8 litraa minuutissa. Kolmen pumpun ollessa käytössä kokonaisvuotomäärä on silloin $3 \times 8 = 24$ litraa. Tämän perusteella koneikossa tällä hetkellä käytössä oleva pumppu riittää hyvinkin pumppaamaan kaiken vuotolinjoista tulevan öljyn eteenpäin.

5. KUSTANNUKSET JA TAKAISINMAKSUAIKA

Säiliön valmistuksen kustannuksia on vaikea arvioida tarkasti, mutta oletetaan säiliön valmistuskustannuksiksi 40 €/kg. Tällä arviolla saadaan säiliön hinnaksi $40 \text{ €/kg} \times 75 \text{ kg} = 3000 \text{ €}$, joka voi olla hyvinkin lähellä totuutta. Koska säiliön asennus voidaan tehdä suurimmilta osin koneen käydessä, en arvioi koneen seisonta-ajasta johtuvia tuotannon menetyksiä laskelmiin. Säiliön asennustyöhön arvioidaan kahdelta asentajalta kuluvan kahdeksan tuntia, ja yhden työntekijän tuntihinnaksi 60 €, saadaan asennustyön kustannuksiksi $(8 \text{ h} \times 60 \text{ €/h}) \times 2 \text{ hlö} = 960 \text{ €}$. Säiliön liittämiseksi järjestelmään tarvitaan myös uudet letkut ja liittimiä letkujen liittämiseen. Työhön tarvittavista osista on tehty myös erillinen osaluettelo (liite 1), josta selviää tarvittavat liittimet työhön. Liitinten sopivuus täytyy kuitenkin varmistaa ennen asennusta, koska koneikossa tällä hetkellä olevien liitinten mallia on vaikea varmistaa avaamatta liitintä. Näiden osien hinnaksi arvioidaan 800 €, jolloin säiliön valmistuksen ja asennuksen kustannuksiksi saadaan yhteensä 4760 €.

Pumppujen rikkoutumisia arvioidaan tapahtuvan kerran viidessä vuodessa, jolloin uusitaan 3 kappaletta hydraulipumppuja, 2000 litraa öljyä ja työvoimaa viideltä henkilöltä 10 tuntia. Pumppujen hinnaksi arvioidaan 3500 €/kpl, öljyn hinnaksi arvioidaan 2 €/l ja tuntityölle jälleen 60 €/h. Kustannusarviot on hyvin lähellä vuoden 2022 yleistä hintatasoa osien ja työn osalta. Korjauksen hinnaksi tulee näillä arvioilla $(3 \text{ kpl} \times 3500 \text{ €}) + (2000 \text{ l} \times 2 \text{ €/l}) + (10 \text{ h} \times 60 \text{ €/h} \times 5 \text{ hlö}) = 17\,500 \text{ €}$. Tämä kustannus jaettuna viidelle vuodelle $17\,500 \text{ €} / 5 \text{ a} = 3500 \text{ €/a}$. Säiliön valmistus ja asennuskustannusten takaisinmaksuajaksi tulee $4760 \text{ €} / 3500 \text{ €/a} = 1,36 \text{ a}$, joka on pyöristettynä noin yksi vuosi ja neljä kuukautta.

Pumpun hajoamisen yhteydessä pituusleikkurilla on suurella todennäköisyydellä tuotanto käynnissä ja silloin tuotannon menetys on suurta. Tuotannon menetystä ei huomioitu remontin laskelmassa, mutta se on kuitenkin huomattava ja lyhentää vielä entisestään erittäin lyhyttä takaisinmaksuaikaa.

6 LOPPUTULOKSET JA YHTEENVETO

Lopputuloksena uudesta järjestelmästä tuli oikein toimiva kokonaisuus ja lisä jo olemassa olevaan koneikkoon, sen toimintavarmuuden kehittämiseksi. Suunnittelussa on huomioitu jo olemassa olevaa järjestelmää ja uuden liittämistä vanhaan mahdollisimman pienillä muutoksilla.

Uuden säiliön valmistus saatiin toteutettua hyvin yksinkertaisilla ratkaisuilla ja hyödynnettyä yleisiä putkiosia säiliön rakentamiseksi. Putkiosien käyttäminen säiliössä myös helpotti säiliön kestävyuden varmistamisessa, koska paineluokkien mukaan tehdyille standardiosille on lujuuslaskelmat jo tehty valmiiksi. Säiliö on suunniteltu siten, että sen voi valmistaa ja asentaa paikoilleen ennen vanhaan järjestelmään puuttumista, jotta koneen seisonta-aika minimoidaan muutoksen tekemiseksi. Säiliössä on huomioitu myös asennuksessa helpottavia seikkoja yhteiden osalta ja säiliön asennuksen kannalta nostolenkien paikoilla. Mahdollinen säiliön resonointi on huomioitu jo suunnitteluvaiheessa, kun säiliöön on suunniteltu valmiit kiinnityspisteet mahdolliselle lisätuennalle.

Hydrauliikkakaavioiden muutokset kertovat selkeästi järjestelmään tulevat muutokset uuden järjestelmän myötä. Muutosten myötä on helppo päivittää vanhat kuvat, jos uusi järjestelmä päätetään rakentaa.

Kustannuslaskelmien perusteella järjestelmän on kannattava toteuttaa sen erittäin lyhyen takaisinmaksuajan takia. Järjestelmän suuri hyöty myös koneen seisonta-ajan lyhentämisessä hydrauliikkapumpun rikkoutumistilanteessa auttaa pienentämään tuotannon häviöitä.

6.1 Työn kehityskohteet

Kehityksenä olisi mahdollista liittää uuteen välisäiliöön pinnankorkeusanturi, jolla seurattaisiin öljypinnan korkeutta. Tämä voisi olla hyödyllinen indikoimaan

jonkin pumpun kotelon vuotovirtauksen lisääntyneestä määrästä. Tai puolestaan kertomaan kierrätyspumpun tuoton pienenemisestä, jolloin säiliön öljyn pinnankorkeus alkaa nousta.

Säiliön nostoon tarkoitetut kierteet säiliön kannessa olisi ollut hyvä tehdä toisenlaisiksi, jotta käyttäminen olisi helpompaa. Tämä olisi esimerkiksi hoitunut hitsaamalla kannen pohjaan mutteri kannen kierteen jatkoksi, jolloin olisi saatu vaadittu määrä kierrettä nostosilmukalle. Toinen vaihtoehto olisi ollut suunnitella erilliset nostokorvakkeet säiliön kupeeseen.

Säiliön sisään olisi myös ollut hyvä suunnitella jonkinlaiset kiinnikkeet tai tuet säiliön sisään mahdollisille tuleville putkille, jos hydraulikkapumppujen vuoto-
linjat putkitetaan säiliön pohjalle.

LÄHTEET

- Bosch Rexroth AG. 2010. Type 4WRPEH 6 4/4-way servo solenoid directional data sheet. Lohr am Main, Saksa.
- Bosch Rexroth AG. 2016. Axial piston variable pump A10VSO Series 31. Saksa.
- Haklift Oy. 2021. Haklift nostosilmukka luokka 8, käyttöohje. Haklift Oy. PDF-dokumentti. Päivitetty 11.9.2021. Saatavissa:
<https://www.haklift.com/tuotteet/nosto-ja-siirtovalineet/9-nostosilmukat/nostosilmukkaruuvi-luokka-8-p298138?categoryId=491390#> [viitattu 17.10.2021]
- Haklift Oy. 2021. Haklift nostosilmukka DIN 582 käyttöohje. Haklift Oy. PDF-dokumentti. Päivitetty 11.9.2021. Saatavissa:
<https://www.haklift.com/tuotteet/nosto-ja-siirtovalineet/9-nostosilmukat/nostosilmukkamutterit-din-582-p356610?categoryId=491390#> [viitattu 17.10.2022].
- Mannesmann Rexroth AG. 1997. Gear pump type G3, series 3X. Lohr am Main, Saksa.
- Mäkinen, R. 1997. Hydraulikka 16. painos. Tuusula: AEL.
- Niemi, I. 2020. UPM Kymi historia. UPM Communication papers Oy. Päivitetty 15.4.2020. Intranet
- Promaint ry. 2018. Öljyn kunnossapito. Kerava: Promaint ry.
- PSK standardisointiyhdistys ry. 2017. Putkiluokat - Osa 1 Ruostumattomat teräkset 4. painos. Helsinki: Copy-Set Oy.
- Valmet. 2002. Kymi paper Oy artti/pituusleikkuri. PL2 Käyttö- ja huolto-ohjeet 2002. Pituusleikkurikirja käyttöohje 1/1. Suomi.
- Valtanen, E. 2019. Tekniikan taulukkokirja. 22. painos. Mikkeli: St Michel Print Oy.

Liite 1.

Osa					
Säiliö kokoonpano	kpl	lisätiedot			
Hst. Perusliitin S20 G 3/4 A	1	Erilliset valmistuskuvat ja piirustukset			
Hst. Perusliitin L35 G 1 1/4 A	3	Esim. Dunlop Hiflex 37-XBEDS-20R	kiinnitetään säiliön pumpunpujen vuotoinjogen yhteisiin.		
Hst. Kuusikolokotulppa G 1 1/4	2	Esim. Dunlop Hiflex 37-XBED-35R	kiinnitetään säiliön varainaisen säiliön tulolinjan sekä pumpulle lähtevän linjan yhteeseen		
90° suunnattava kulmalitiin L28 G 1 A	1	Esim. Dunlop Hiflex 37-RUHF-20	kiinnitetään säiliön tulopattavan pumpun lähdön yhteeseen.		
Suora putkipaate L28 G 1 A	1	Esim. Dunlop Hiflex 37-XOCL-28R	kiinnitetään säiliön pohjaan tyhjennys yhteeseen		
2-tie käsiventtiili	1	Esim. Dunlop Hiflex 24-EGL-28R	kiinnitetään suoran 2-tie käsiventtiin ja kulmalittimen väliin pohjan tyhjennysyhteessä		
Huohotin	1	Esim. Hydac BF P 7 G 3 W 1.0	kiinnitetään putkipaatteseen kulmalittimessä		
Hst. kuusikolokotulppa G 1/2	3	Esim. Dunlop Hiflex 37-RUHF-08	kiinnitetään säiliön kanteen keskellä olevaan kierteeseen.		
Tarvitavat letkut mihoitettava kun säiliö on asennettu paikalleen			kiinnitetään säiliön ylääätäisiin yhteisiin jollei oteta käyttöön.		