

Jonas Nyberg

Loviisan voimalaitoksen sekundääripiirin öljyjärjestelmien tiiveyden parantaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinöörityö
27.1.2012

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jonas Nyberg Loviisan voimalaitoksen sekundääripiirin öljyjärjestelmien tiiveyden parantaminen 33 sivua + 2 liitettä 27.1.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Koneasennukset, Jaospäällikkö Martti Joensuu Lehtori Markku Laukka
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Fortum Power and Heat Oy:lle. Se käsittelee Loviisan voimalaitoksen sekundääripiirin öljyjärjestelmien modernisointi- ja kehityssuunnitelmia. Sekundääripiirin öljyjärjestelmiin kuuluu neljä eri järjestelmää, jotka kaikki käyttävät samaa turbiiniöljyä.</p> <p>Öljyvuodot ovat voimalaitosympäristössä merkittävä turvallisuusriski, joten työn tarkoituksena oli pyrkiä eliminoimaan vuodot ja näin parantaa turvallisuutta. Öljyjärjestelmissä on havaittu peruskorjaus- tai modernisointitarvetta johtuen pienistä öljyvuodoista.</p> <p>Aluksi öljyjärjestelmiä lähdettiin tarkastelemaan turbiinihalliin, jolloin havaittiin kriittisimmät vuotokohteet. Tämän jälkeen oltiin yhteydessä tiivistetekniikkaan suuntautuviin jälleennyjiin, joilta saatiin eri komponenttien hintatietoja. Lopuksi tehtiin kustannusarvio muutoksista.</p> <p>Suunnitelmien mukaan suurimmat muutokset koskivat öljyjärjestelmien venttiileitä, eli niistä suurin osa vaihdettaisiin uusiin. Tämän lisäksi laippaliitokset voitaisiin vaihtaa toiseen liitostapaan tai vähintään vaihtaa laippatiiviste. Öljypumppujen osalta, osa pumpuista vaihdettaisiin ja osaan modernisoitaisiin akselitiivisteet. Tehdyt muutokset tekevät öljyjärjestelmistä huoltovapaammat, ja näin säästetään myös kunnossapitokustannuksissa.</p>	
Avainsanat	sekundääripiiri, öljyjärjestelmä, öljyvuoto, tiiviste, kunnossapito

Author(s) Title Number of Pages Date	Jonas Nyberg Improving the sealing of the secondary circuit´s oil systems at the Loviisa power plant 33 pages + 2 appendices 27 January 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructor(s)	Martti Joensuu, Section Manager, Mechanical Assembly Markku Laukka, Lecturer
<p>This Bachelor´s thesis was made for Fortum Power and Heat Oy. It contains modernization and development plans for the secondary circuit´s oil systems at the Loviisa power plant. The secondary circuit oil systems consist of four different units, which all use the same turbine oil.</p> <p>Oil leakages are a significant safety risk in a power plant environment. Therefore, the purpose of this work was to improve the safety by trying to eliminate oil leakages. It has been observed, due to small oil leakages – that the oil systems need some general overhaul and modernization.</p> <p>Firstly, the work began by inspecting the oil systems and by observing the critical leakage objects. Secondly, different component prices were found out by contacting distributors, orientated in sealing technology. At the end a cost estimate of the renovations was prepared.</p> <p>According to the plans, the biggest changes concern the oil systems´ valves, where almost every single valve will be replaced with a new one. Flange joints are going to be changed into a new pipe connection type or at least the joint-packing will be renewed. Some of the oil pumps will be changed into new ones and to some of the pumps the shaft seal will be modernized. The changes will make the oil systems maintenance-free, which reduces the maintenance costs.</p>	
Keywords	secondary circuit, oil system, oil leakage, seal, maintenance

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Fortum ja Loviisan voimalaitos	2
2.1	Fortum-konserni	2
2.2	Yleistä Loviisan voimalaitoksesta	3
2.3	Loviisan voimalaitoksen toimintaperiaate	5
2.3.1	Primääripiiri	5
2.3.2	Sekundääripiiri	6
2.3.3	Merivesipiiri	7
3	Turbiinihallin öljyjärjestelmät	8
3.1	Turbiinin voiteluöljyjärjestelmä SC	8
3.1.1	SC-järjestelmän tehtävä	8
3.1.2	SC-järjestelmän toiminnan kuvaus	8
3.2	Turbiinin säätö- ja suojausöljyjärjestelmä SE	10
3.2.1	SE-järjestelmän tehtävä	10
3.2.2	Säätöjärjestelmän toiminnan kuvaus	11
3.2.3	Suojausjärjestelmän toiminnan kuvaus	12
3.3	Generaattorin tiivisteöljyjärjestelmä SU	14
3.3.1	SU-järjestelmän tehtävä	14
3.3.2	SU-järjestelmän toiminnan kuvaus	14
3.4	Syöttövesipumpun öljyjärjestelmä RL	16
3.4.1	RL-öljyjärjestelmän tehtävä	16
3.4.2	RL-öljyjärjestelmän toiminnan kuvaus	16
3.5	Öljyjärjestelmien palontorjunta	17
3.6	Öljynerotus	18
3.7	Turbiiniöljy	18
4	Kunnossapito	19
4.1	Yleistä	19
4.2	Loviisan voimalaitoksen kunnossapitostrategiat	19
4.2.1	Ennakoiva kunnossapito	19

4.2.2	Ehkäisevä kunnossapito	19
4.2.3	Korjaava kunnossapito	20
4.2.4	Parantava kunnossapito	20
4.3	Öllyjärjestelmien kunnossapito	20
5	Tiivistäminen ja tavallisimmat tiivistykset	20
5.1	Tiivistämisen perusteita	20
5.2	Laippaliitos	21
5.3	Punostiiviste	22
5.4	Liukurengastiiviste	23
6	Öllyjärjestelmien muutossuunnitelmat	24
6.1	Laippaliitokset	24
6.2	Laippatiivisteet	25
6.3	Venttiilit	27
6.4	Pumput	28
6.4.1	Liukurengastiivisteet pumppuihin	28
6.4.2	Magneettikytkimellä varustettu pumppu	29
7	Kustannusarviot	30
7.1	SC-järjestelmän kustannusarvio	30
7.2	SE-järjestelmän kustannusarvio	30
7.3	SU-järjestelmän kustannusarvio	30
7.4	RL-järjestelmän kustannusarvio	31
7.5	Kokonaiskustannusarvio	31
8	Päätelmät	32
	Lähteet	33
	Liitteet	
	Liite 1. Kohteet uusille putkipantaliittimille	
	Liite 2. Kohteet uusille venttiileille	

Lyhenteet

MPa megapascal

MW megawatti

NBR-kumi nitriliä ja butadieeniä sisältävä kumi

PTFE polytetrafluorieteeni, teflon

rpm kierrosta per minuutti

TWh terawattitunti

1 Johdanto

Tämä insinöörityö on tehty Fortum Power and Heat Oy:n Loviisan voimalaitoksen toimemksiantona. Siinä tarkasteltiin voimalaitoksen turbiinihallin öljyjärjestelmiä ja niiden tiiveyden kannalta mahdollisia kehityskohteita. Työssä selvitettiin ja tuotiin esille parannuskeinoja vuotoalttiille kohteille.

Työn tavoitteena oli esittää öljyvuotojen hallinnointiin ja eliminoimiseen tähtäävät suunnitelmat, sekä tehdä järjestelmiin esitettyjen muutosten perusteella kustannusarvio.

Voimalaitoksen turbiinihallin öljyjärjestelmiin kuuluu turbiinin voiteluöljyjärjestelmä, turbiinin säätö- ja suojausöljyjärjestelmä sekä generaattorin tiivisteöljyjärjestelmä. Näiden lisäksi liukulaakeroidut syöttövesipumput käyttävät samaa pääöljyjärjestelmän öljyä.

Itse työssä arvioidaan laippaliitosten tarpeellisuus ja tarkastellaan niiden konstruktioita, sekä niissä käytettäviä tiivistemateriaaleja. Pumppujen ja venttiilien osalta tarkastellaan akseli- ja karatiivisteratkaisuja, sekä mahdollisia tiivistemateriaalien vaihtoja. Pumppujen osalta arvioidaan myös uusien magneettikytkimellä varustettujen pumppujen hankintaa.

2 Fortum ja Loviisan voimalaitos

2.1 Fortum-konserni

Fortumin liiketoimintaan kuuluu sähkön ja lämmön tuotanto, niiden myynti ja jakelu sekä tämän lisäksi energia-alan asiantuntijapalvelut. Fortum kuuluu maailman johtaviin energia-alanyrityksiin, jolla on toimintaa yli kymmenessä maassa. Toiminta on kuitenkin keskittynyt Pohjoismaihin, Venäjälle ja Itämeren alueelle. Tulevaisuudessa Fortum tähtää myös yhdentyville Euroopan ja nopeasti kasvaville Aasian energiamaarkkinoille.

Fortum Oyj:n osake on ollut listattuna NASDAQ OMX Helsinki Oy:n pörssissä vuodesta 1998 lähtien. Vuonna 2010 liikevaihto oli 6,3 miljardia euroa ja liikevoitto 1,8 miljardia euroa. [1.]

Fortum tuottaa sähköä ja lämpöä monipuolisesti eri energialähteillä, kuten ydin-, vesi- ja tuulivoimalla sekä yhdistetyillä sähkön ja lämmöntuotantolaitoksilla. Vuonna 2010 sähköntuotantokapasiteetti (taulukko 1) oli 14 113 MW ja lämmöntuotantokapasiteetti (taulukko 2) 24 494 MW. [1.]

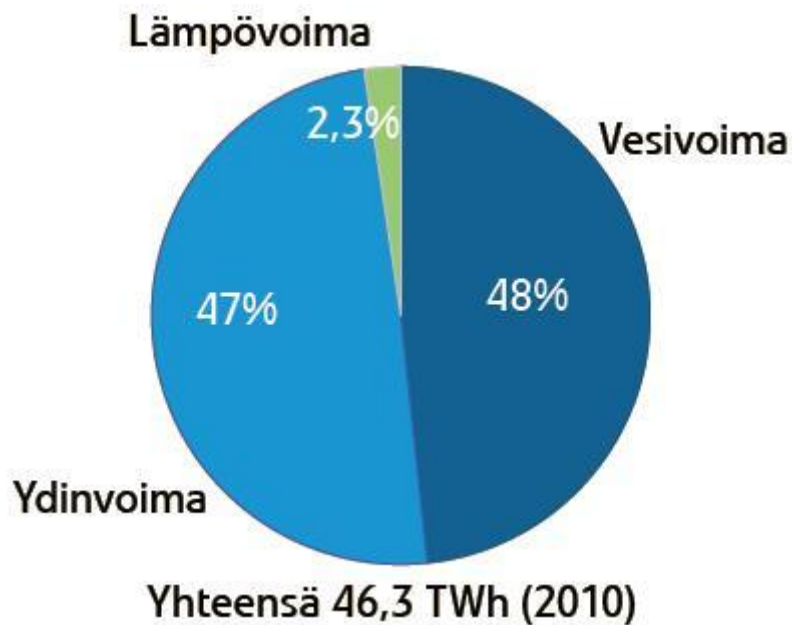
Taulukko 1. Fortumin sähköntuotantokapasiteetti vuonna 2010 alueittain [1].

MW	Suomi	Ruotsi	Venäjä	Muut	Yhteensä
Vesivoima	1 521	3 162			4 683
Ydinvoima	1 439	1 778			3 217
Sähkön ja lämmön yhteistuotanto	842	536	2 785	262	4 425
Lauhdevoima	1 376	397			1 773
Muut	3	12			15
Yhteensä	5 181	5 885	2 785	262	14 113

Taulukko 2. Fortumin lämmöntuotantokapasiteetti vuonna 2010 alueittain [1].

MW	Suomi	Ruotsi	Venäjä	Muut	Yhteensä
Lämpö	3 745	4 576	13 796	2 377	24 494

Fortumin Power-divisioona vastaa sähkön tuotannosta ja myynnistä Pohjoismaissa, sekä tarjoaa asiantuntijapalveluita sähkön tuottajille. Tämä divisioona keskittyy lähinnä ydin- ja vesivoimaan (kuvio 1), ja sillä on yhteensä noin 270 laitosta Suomessa ja Ruotsissa. Power-divisioona vastaa suuresta osasta Fortumin taloudellista tulosta.



Kuvio 1. Fortumin sähköntuotanto Pohjoismaissa [2].

2.2 Yleistä Loviisan voimalaitoksesta

Loviisan Voimalaitos sijaitsee Loviisan edustalla Hästholmenin saarella (kuvio 2), noin 13 km:n ajomatkan päässä Loviisan keskustasta. Loviisan voimalaitoksella työskentelee noin 500 henkilöä Fortumin palveluksessa. Voimalaitoksella työskentelee eri tehtävissä vakituisesti noin 100 urakoitsijaa. Vuosihuoltojen aikana ulkopuolisen henkilökunnan määrä voi nousta jopa tuhanteen henkilöön asti.



Kuvio 2. Loviisan voimalaitos ja Hästholmen saari ympäristöineen [1].

Loviisan voimalaitos on Suomen ensimmäinen ydinvoimalaitos. Ensimmäisen yksikön rakentaminen aloitettiin vuonna 1971 ja toisen vuonna 1972. Loviisan ydinvoimalaitos rakennettiin täyttämään länsimaiset turvallisuusvaatimukset. Loviisa 1 aloitti tuotannon 1977 ja Loviisa 2 vuonna 1980. Valtioneuvosto myösi vuonna 2007 uudet käyttöluvut yksiköille, Loviisa 1:lle vuoteen 2027 ja Loviisa 2:lle vuoteen 2030 saakka. [3.]

Laitoksen reaktorit, turbiinit, generaattorit ja muut pääkomponentit on valmistettu Neuvostoliitossa, kun taas turvallisuus-, valvonta- ja automaatiojärjestelmät ovat länsimaista alkuperää. Vuosien saatossa laitosta on modernisoitu laitoksen käytettävyyden ja turvallisuuden parantamiseksi.

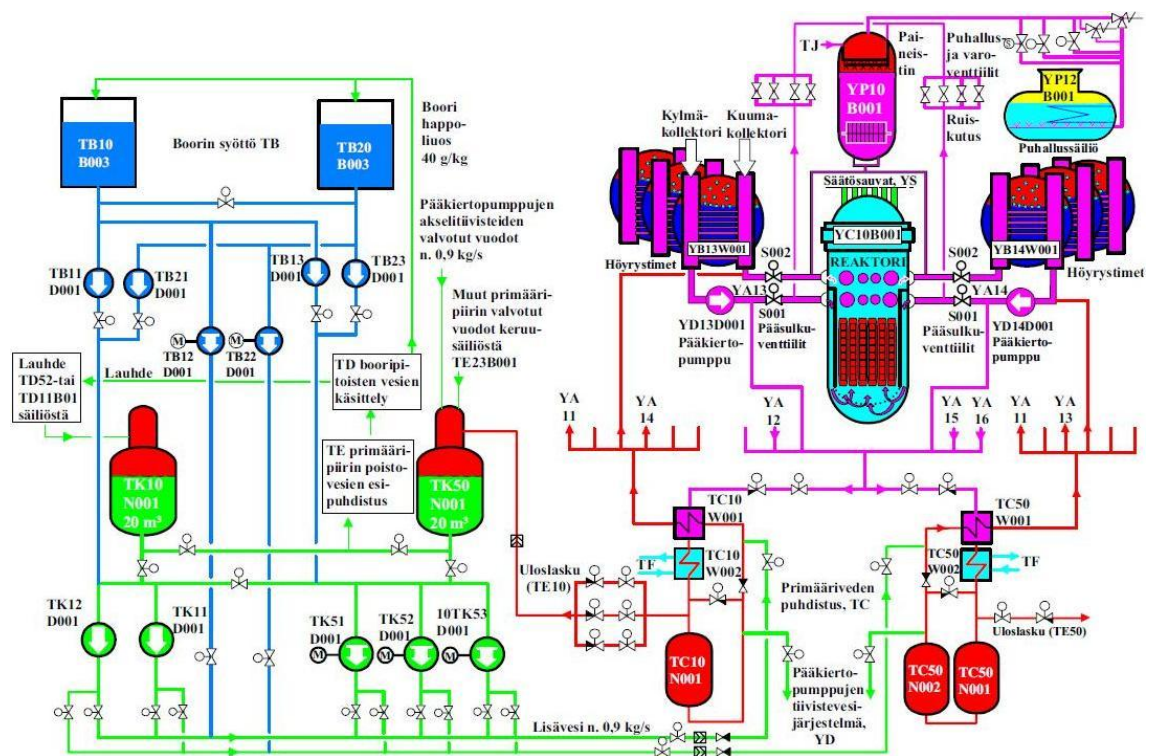
Voimalaitos tuottaa sähköä valtakunnan verkkoon vuosittain noin 8 TWh, joka kattaa kymmenen prosenttia maamme sähköntuotannosta. Vuosi 2011 oli Loviisan voimalaitokselle erinomainen tuotannollisesti, sillä ykkösyksiköllä nettotuotanto oli 4,027 TWh ja kakkösyksiköllä 4,035 TWh. Toimintavarmuus on Loviisan voimalaitoksella ollut koko käyttöhistorian hyvä, ja tästä kertovat myös käyttökertoimet, jotka vuosittain nousevat lähes 90 %:iin ja ylikin. [1.]

2.3 Loviisan voimalaitoksen toimintaperiaate

2.3.1 Primääripiiri

Loviisan voimalaitoksen yksiköt ovat VVER-440 tyyppisiä painevesireaktoreita. Lämmön tuottamisen energialähteenä käytetään urania. Lämpöä syntyy kun polttoainepuissa olevat uraaniytimet halkeavat. Ytimen haljetessa vapautuu uusia neutroneja, jotka vuorostaan voivat halkaista lisää uraaniytimiä, jolloin syntyy halkeamisreaktio, eli fissio. Reaktiossa syntynyt lämpö kuumentaa reaktorisydämen läpi kulkevan veden noin 300-asteiseksi, mutta primääripiirissä vallitsevan 123 barin paineen johdosta vesi ei kiehu.

Pääkiertopumppujen tehtävä on ylläpitää kierto- ja jäähdytysvirtausta reaktorissa jäähdytteeseen sitoutuneen lämmön siirtämiseksi höyrystimeen. Höyrystimien tehtävänä on siirtää reaktorin tuottama lämpöenergia primääripiirin jäähdytteestä höyrystimissä olevaan syöttöveeseen, höyrystää se ja edelleen kuivata höyry ennen sen johtamista tuorehöyryjärjestelmään, eli sekundääripuolelle. Primääripiirin pääkiertokaaviosta (kuvio 3) nähdään toimintaperiaate tarkemmin.



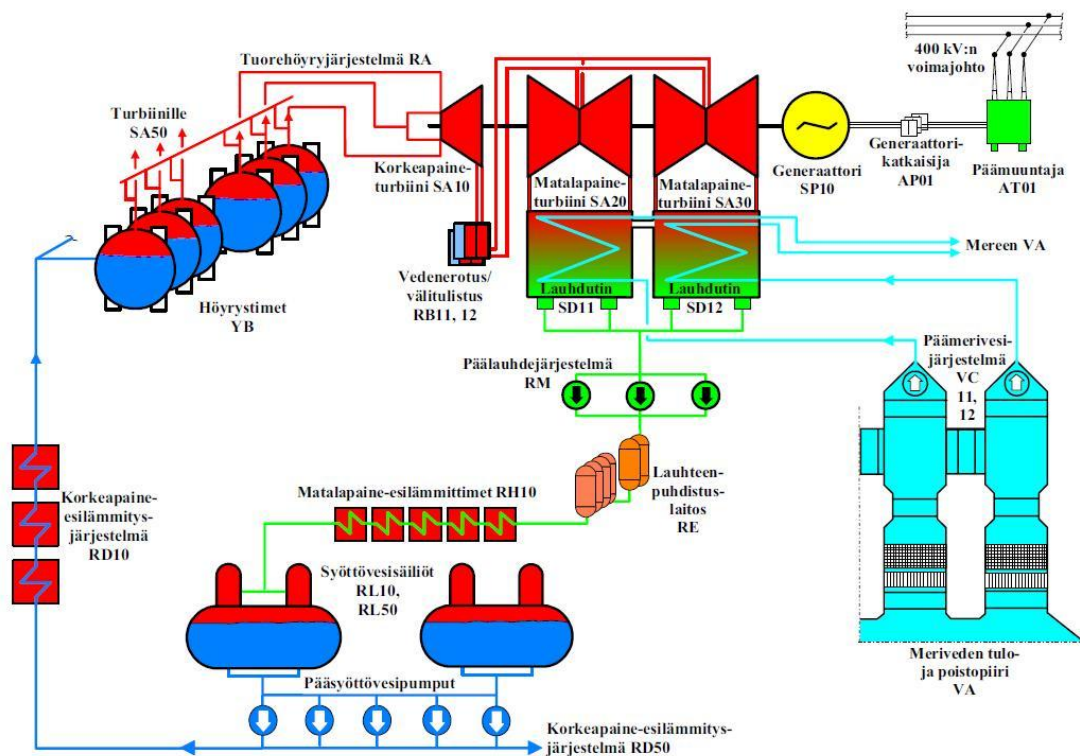
Kuvio 3. Primääripiirin pääkiertokaavio [4].

2.3.2 Sekundääripiiri

Höyrytimissä kiertävä syöttövesi on primääripiiristä erillinen piiri, joten se ei sisällä radioaktiivisuutta. Höyrytimissä syöttövesi alkaa kiehua alhaisen paineen ansiosta, noin 44 baria, ja syntyy höyryä. Tuorehöyryjärjestelmä toimittaa höyryn höyrytimistä turbiineille.

Höyryturbiinin tehtävä on muuttaa tuorehöyryyn sitoutunut lämpöenergia pyöriväksi mekaaniseksi energiaksi ja edelleen pyörittää turbiinin akselille kytkettyä generaattorin roottoria. Generaattori puolestaan muuttaa turbiinissa syntyneen liike-energian sähköksi, joka johdetaan sähköverkkoon.

Hyvä hyötysuhde tässä edellyttää höyryn paisumista turbiinissa alhaiseen loppupaineeseen ja syöttöveden lämpötilan nostamista turbiinin väliottojen avulla esilämmitys-järjestelmässä. Sekundääripiirin pääkiertokaaviosta (kuvio 4) nähdään toimintaperiaate tarkemmin.



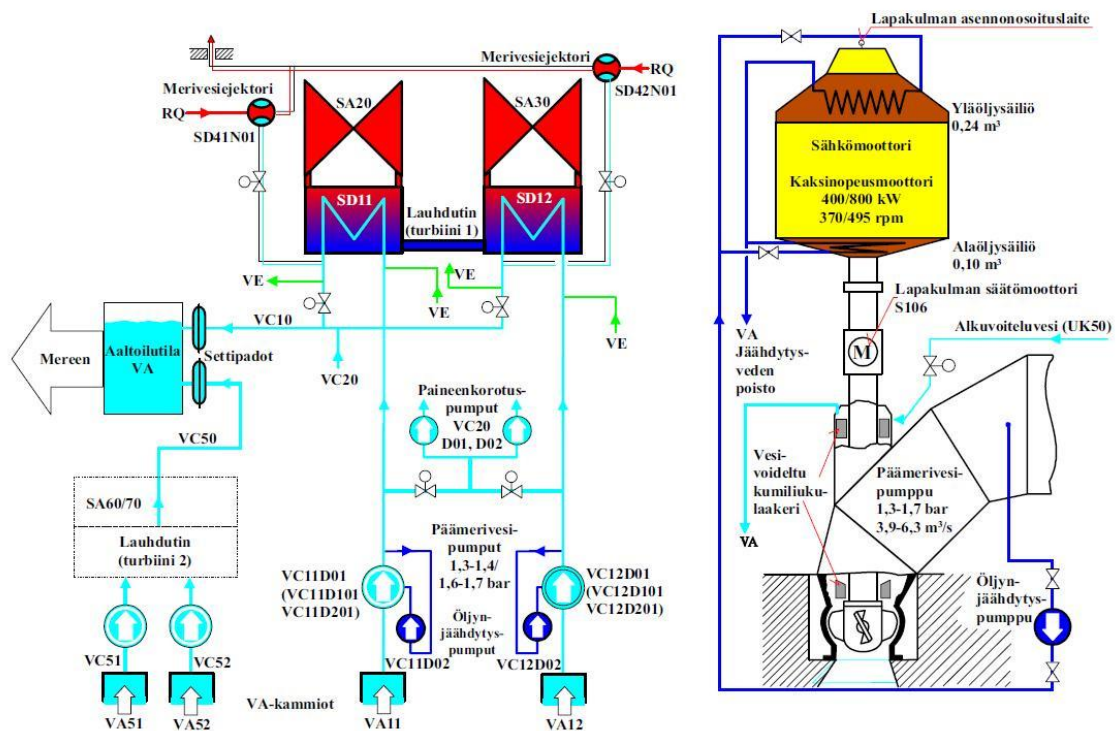
Kuvio 4. Sekundääripiirin pääkiertokaavio [4].

2.3.3 Merivesipiiri

Laitoksen kolmas erillinen piiri on merivesijärjestelmä (kuvio 5). Päämerivesipumput imevät puhdistetun meriveden merivesikammioista ja pumppaavat sen putkilinjoja pitkin turbiinien lauhduttimille.

Matalapaineinen höyry johdetaan turbiinien jälkeen lauhduttimiin, joissa höyry lauhdetaan kylmällä merivedellä takaisin vedeksi. Lauhduttimien jälkeen merivesi johdetaan takaisin mereen noin kymmenen astetta lämpimämpänä. Noin kaksi kolmasosaa reaktorissa tuotetusta lämmöstä siirtyy lauhduttimissa jäähdytysveteen ja sen mukana mereen.

Merivesijärjestelmän päätehtävä on siis jäähdyttää lauhduttimia, mutta toinen tehtävä on syöttää jäähdytysvettä sekundääripiiriin apujärjestelmien jäähdytykseen.



Kuvio 5. Merivesijärjestelmän pääkiertokaavio [4].

3 Turbiinihallin öljyjärjestelmät

3.1 Turbiinin voiteluöljyjärjestelmä SC

3.1.1 SC-järjestelmän tehtävä

Turbiinikohtainen järjestelmä huolehtii turbiinin ja generaattorin laakerien voitelusta ja jäähtytyksestä, sekä toimittaa öljyä turbiiniakselin nostojärjestelmälle, turbiinin säätö-öljy- ja generaattorin tiivistysöljyjärjestelmälle (kuvio 6, s. 10) [4].

3.1.2 SC-järjestelmän toiminnan kuvaus

Öljy pumpataan turbiinihallissa olevasta kolmilohkoisesta pääöljysäiliöstä keskipakopumpulla yläsäiliöön. Pumppuja on kaksi, joista toinen käy ja pumppaa 83 kg/s öljyä käytössä olevan levylämmönsiirtimen läpi, jossa öljy jäähdytetään säätöpiirin ohjaamana noin 40 °C:seen merivesipiirin vedellä. [4.]

Lämmönsiirtimiltä öljy ohjautuu kahteen yläsäiliöön. Tuleva öljymäärä on suurempi kuin laakereille ja muuhun kulutukseen menevä öljymäärä. Ylimääräinen öljy valuu yläsäiliöiden ylivuotoputkien kautta takaisin pääöljysäiliöön, joten yläsäiliöt ovat aina maksimipinnassa 2120 mm. Molemmista yläsäiliöistä syötetään öljyä turbiinin säätö-öljyjärjestelmään, 250 mm maksimipinnan alapuolelta lähtevien linjojen kautta. Jos pinta yläsäiliössä laskee häiriön vuoksi alle 2000 mm, käynnistyy myös varalla oleva nostoöljypumppu. Jos pinta laskee 250 mm, loppuu säätö-öljyjärjestelmän syöttö, jolloin säätö-öljyn imupaineesta tulee turbiinin pikasulku. [4.]

Voiteluöljy laakereille syötetään kummastakin yläsäiliöstä rei'itettyjen syöttöputkien kautta. Pinnan laskiessa syöttöputken yläpään alle, vähenee rei'ityksestä johtuen voiteluöljyn määrä. Syöttöputken rei'itys on mitoitettu niin, että voiteluöljyä riittää voiteluöljyn alhaisesta paineesta aiheutuneen turbiinipikasulun jälkeisen rullausajan, eli noin 30 minuuttia. [4.]

Yläsäiliöstä öljy valuu hydrostaattisella paineella kollektorista lähtevien putkien kautta laakereille. Normaalkäytössä yläsäiliöiden ja laakereiden korkeusero takaa laakereille tasapaineisen öljynsyötön, joka maksimipinnalla on noin 1,72 baria. Generaattorin hiili-

harjojen molemmin puolin olevien laakerien öljyn syöttö tapahtuu 250 litran välisäiliön kautta. Sen tarkoitus on estää laakerien lämpeneminen öljyn puutteen takia, sen jälkeenkään, kun öljy yläsäiliöstä on jonkin häiriön takia loppunut. [4.]

Laakereilta poistuva öljy ohjautuu niiden alla olevien öljykeruualtaiden kautta paluuöljytukkiin ja sitä pitkin takaisin pääöljysäiliöön. Pääöljysäiliö on jaettu verkkosihdeillä kolmiosaiseksi. Säiliön pohja on kalteva ja osien alimmissa kohdissa on urat, joista on putket öljyseparatorille ja tyhjennykseen. Öljy separoidaan, eli puhdistetaan laboratorion analyysin perusteella. Näin varmistetaan yhdessä verkkosihtien kanssa, ettei öljykierrosta mahdollisesti tullut kiintoaine tai vesi pääse uudelleen kiertoon. Kiinteiden hiukkasten vähentämiseksi voiteluöljyä johdetaan paperisuodattimella varustetun sivuvirtasuodattimen läpi, johon öljy otetaan lämmönsiirtimen jälkeen, minkä jälkeen se palautetaan pääöljysäiliöön. [4.]

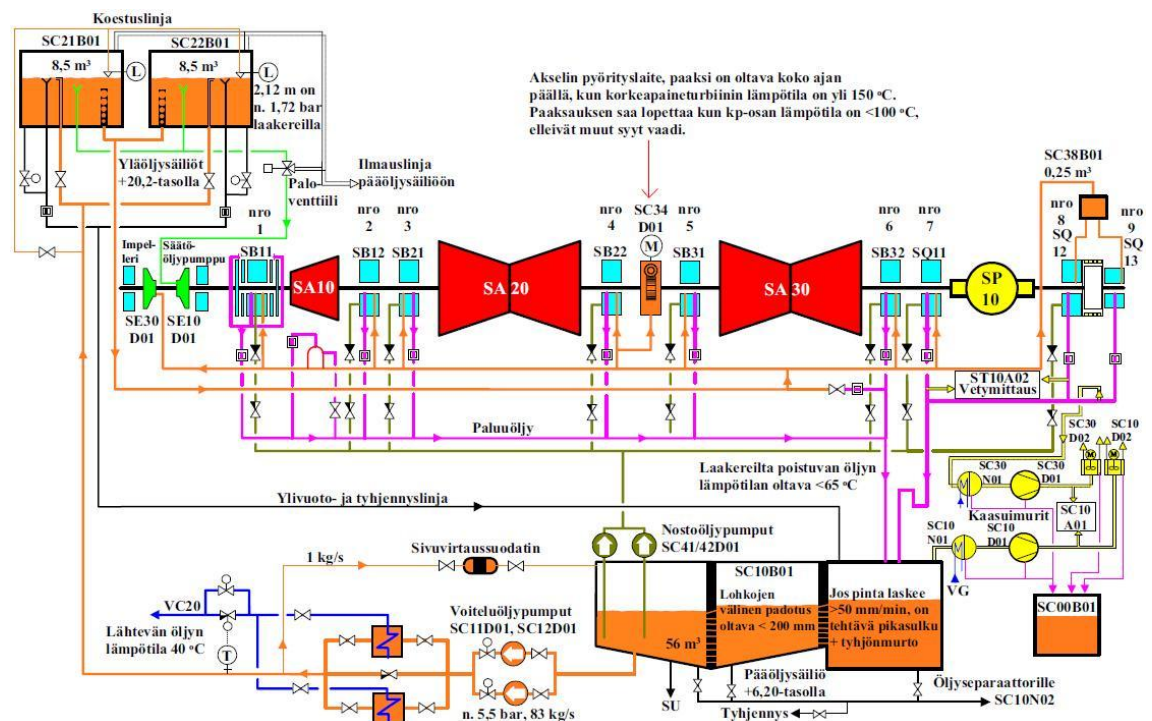
Generaattorin jäähdytysvetyä kulkeutuu pieniä määriä voiteluöljyjärjestelmän tiivistysöljyn mukana. Generaattorilta tulevan öljyn poistotukin ja pääöljysäiliön vetytuule-
tusta varten on kaasumureita, jotka estävät räjähdysvaarallisen vetyseoksen muodostumisen putkistossa ja öljysäiliön ilmatilassa. [4.]

Imureitten jälkeen mitataan vetypitoisuutta analysaattorilla, joka hälyttää jos vetypitoisuus on yli 1 %. Ennen imureita olevilla lämmönsiirtimillä lauhdutetaan ilman mukana kulkeutuvat öljysumupisarot, jotka johdetaan vuotoöljyjen keruusäiliöön. Vuotoöljyjen keruusäiliöön johdetaan lisäksi kaikkien öljypumppujen tiivistepesien vuodot sekä säiliöiden ja linjojen tyhjennykset. Kun säiliö täyttyy, separoidaan öljy takaisin pääöljysäiliöön. [4.]

Turbiinia käynnistettäessä, pysäytettäessä ja seisonapyörityksessä ei laakereiden normaali voitelu kykene muodostamaan riittävää voiteluöljykalvoa laakereille. Tätä varten laakereihin liittyy nostoöljyjärjestelmä, joka kytkeytyy käyttöön, kun turbiinin pyörimisnopeus on alle 300 rpm ja kytkeytyy käynnistyksessä pois, kun pyörimisnopeus on yli 300 rpm. Nostoöljyjärjestelmään kuuluu kaksi ruuvipumppua. Käytössä oleva pumppu imee öljyä pääöljysäiliöstä ja pumppaa sen noin 60 barin paineella nostoöljytukkiin. Jokaiselle laakerille on oma syöttölinja, jossa on takaisku- ja käsisäätöventtiili, jolla laakerikohtaisesti säädetään öljynvirtaus sopivaksi. Paineellinen öljy nostaa akselia, ja samalla se muodostaa yhdessä voiteluöljyn kanssa laakeripinnoille riittävän öljykalvon.

Varapumppu käynnistyy, jos nostoöljyn paine laskee alle 40 barin. Nostoöljy valuu laakerirungon öljykaukalosta voiteluöljyn paluutukkiin ja sieltä edelleen takaisin pääöljysäiliöön. [4.]

Akselin pyörityslaite saa voiteluöljynsä laakereille tulevasta öljytukista, joten sen käytön edellytyksenä on, että voiteluöljy- ja nostoöljyjärjestelmä on käytössä. Turbiinin seisoessa pyörityslaite pyörittää akselia 4 r/min. Turbiinin akselia täytyy pysäytyksen jälkeen pyörittää, jotta vältettäisiin akselin epätasainen jäähtyminen ja siitä johtuva vääntyminen. Pyörityslaitetta pidetään käynnissä, kunnes turbiinin korkeapaineosan lämpötila on alle 100 °C. [4.]



Kuvio 6. Turbiinin voiteluöljyjärjestelmän pääkiertokaavio [4].

3.2 Turbiinin säätö- ja suojausöljyjärjestelmä SE

3.2.1 SE-järjestelmän tehtävä

Järjestelmä syöttää ohjaus-, suojaus- ja toimiöljyä hydraulisesti toimiville turbiinin säätö-, pikasulku- ja välitulistimen läppäventtiileille sekä ohjaa niiden toimintaa (kuvio 7, s. 13). Lisäksi järjestelmä syöttää öljyä generaattorin tiivisteöljyjärjestelmään. [4.]

3.2.2 Säätojärjestelmän toiminnan kuvaus

Turbiinin tehokäytöllä SE-öljyn syötöstä huolehtii turbiinin akselilla oleva säätö-öljypumppu, sekä käynnistyksen ja pysäytyksen aikana sähkömoottorilla toimiva käynnistysöljypumppu. Pumppujen jälkeen öljy jakautuu järjestelmään laitteiden toimiöljyksi, niiden ohjausöljyksi sekä generaattorin tiivisteöljyjärjestelmän öljyksi. [4.]

Normaalisti turbiinin tehon ja käynnistyksessä kierrostaajuuden ohjaus tapahtuu sähköhydraulisella säätimellä. Sille tulee sähköinen ohjaussignaali turbiinikohtaiselta SK-säätäjältä. Ohjaussignaali muutetaan kahdessa muuntimessa ohjausöljyn paineeksi. Säätöpään sisällä olevilta suodattimilta tulevaa öljyä poistuu muuntimista siten, että ohjausöljyn paineella saavutetaan ohjattu teho. Sähköhydraulisen muuntimien säätämä ohjausöljyn paine välittyy säätöventtiilien pääservon ohjausluistille, joka ohjaa toimiöljyllä pääservoa. Pääservon liikkeen stabiloimiseksi muodostetaan ohjausluistin päälle toimiöljystä takaisinkytkentäpaine. Se muodostuu pääservon vipuvälityksen ja ohjausluistin ohjaaman kartiotappikuristimen avulla. Takaisinkytkentäöljyn ja ohjausöljyn paineiden vastatessa toisiaan servon liike loppuu. Ohjausöljyn paine ohjaa myös välitulistimen läppäventtiileiden servoja toimiöljyn välityksellä auki tai kiinni. [4.]

Turbiinin hydraulinen pyörimisnopeuden säädin on varalla rinnankytkettynä sähköhydraulisen säätimen kanssa. Tällöin sen tehon asetusarvo on säädetty maksimi asentoon, jotta kaksi eri säädintä ei samanaikaisesti osallistuisi turbiinin ohjaukseen. Rinnankytkettynä ohjausöljyn paine määräytyy sen säätäjän mukaan, joka säätää alemmaa ohjausöljyn painetta, pienempää tehoa. [4.]

Sähköhydraulinen säädin voidaan kytkeä pois tehokäytöllä, jolloin ohjausöljyn venttiilit suljetaan. Hydraulisella pyörimisnopeuden säätimellä turbiinia ohjattaessa muutetaan moottorin välityksellä ohjausöljyn painetta. Muuttunut paine vaikuttaa pääservon toimiöljyyn ja edelleen pääservon asennon kautta säätöventtiilien asentoon. Turbiiniin menevän höyryn määrä muuttuu säätöventtiilien asentoa vastaavaksi, jolloin turbiinin teho asettuu muutosta vastaavalle tehotasolle. Kun generaattori ei ole verkossa, voidaan hydraulisella pyörimisnopeuden säätimellä ohjata turbiinin pyörimisnopeutta. Myös pyörimisnopeutta ohjattaessa muutetaan moottorin välityksellä ohjausöljyn painetta, mikä vaikuttaa edelleen pääservon ja säätöventtiilien asentoihin. Turbiinin akselille on myös kytketty ns. impelleripumppu, joka kehittää turbiinin kierrostaajuuteen

verrannollisen mittauspaineen, jota käytetään säätimessä kierrosluvun takaisinkytkentäviestinä. Tämä lopettaa ohjausöljyn paineen muutoksen ja pitää paineen vakiona, kun ohjattu pyörimisnopeus on saavutettu ja säätäjä pitää sen vakiona seuraavaan muutokseen asti. [4.]

3.2.3 Suojausjärjestelmän toiminnan kuvaus

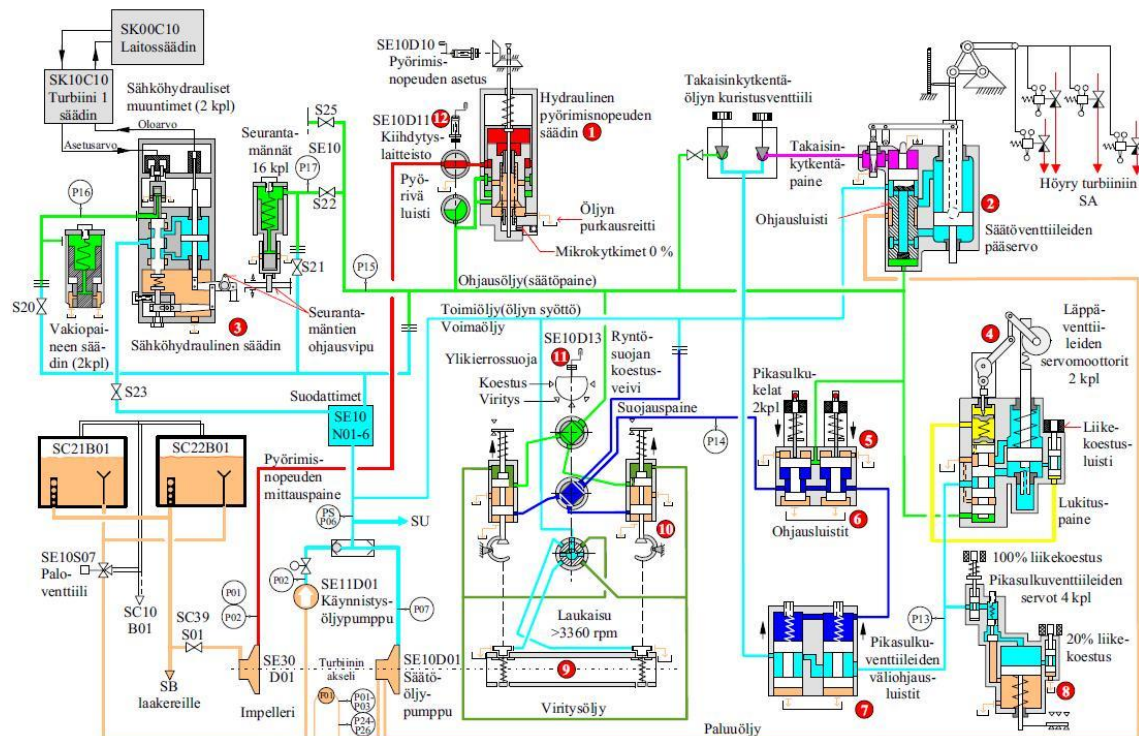
Turbiinin suojausjärjestelmästä tulevat pikasulkusignaalit toteuttavat turbiinin pikasulun ohjaamalla sähköisesti molempien pikasulkukelojen kautta ohjausluisteja. Pikasulku voidaan tehdä myös käsin paikan päältä painamalla nappien välityksellä ohjausluistit alas. Sen seurauksena purkautuu tuleva pikasulkupaine ja väliohjausluistien pitopaine pois ohjausluistien alaosien kautta. Väliohjausluistit nousevat vetojousien vaikutuksesta ylös, estäen toimiöljyn lisäsyötön ja poistaen pikasulku- ja läppäventtiilien servojen toimiöljyjen paineen. Venttiilit sulkeutuvat servojen sisällä olevien jousien vaikutuksesta. Samanaikaisesti, kun ohjausluistit siirtyvät ala-asentoon pikasulusta, purkautuu ohjausöljyn paine luistien yläosien kautta pois. Pääservo ohjautuu toimiöljyn paineella ala-asentoon ja säätöventtiilit sulkeutuvat. [4.]

Pikasulun syyn poistuttua palautetaan järjestelmä toimintavalmiuteen pikasulkukeloihin vaikuttavalla kuitaussignaalilla. Tällöin ohjausluistit nousevat valmiusasentoon ja sulkevat ohjausöljyn poistoreitit. Pikasulkupaine palaa samanaikaisesti, kun ohjausluistien kautta väliohjausluisteille tuleva öljy painaa ne alas. Ala-asennossa ne päästävät toimiöljyn pikasulku- ja läppäventtiileiden servoilta. Pikasulkuventtiilit avautuvat, sen sijaan läppäventtiilit avautuvat vasta, kun ohjausöljyn paine nousee turbiinin käynnistyessä. [4.]

Turbiinin akselilla on kaksi epäkeskorengasta, eli keskipakovoimalla toimivaa ylikierrossuojaa. Niiden tehtävänä on estää kaikissa tilanteissa turbiinin ryntääminen, eli pyörimisnopeuden nousu yli 3360 rpm. Molempien renkaiden kohdalla sijaitsee ylikierrossuojan luistit. Ne on viritetty valmiusasentoon viritysöljyn avulla. Luistin laukaisuvipu pitää luistia tässä asennossa estäen yläpuolen vetojousia nostamasta luisteja. Turbiinin pyörimisnopeuden noustessa siirtää keskipakovoima epäkeskorengasta. Kun rengas osuu ylikierrossuojaluistia viritysasennossa pitävään laukaisuvipuun, ylikierrossuojaluisti muuttaa asentonsa suojaustilaan vetojousen avulla. Tällöin luisti päästää koestus-

virityslaitteen kautta ohjaus- ja pikasulkupaineen pois. Väliohjausluistien pitopaine purkautuu ohjausluistien kautta ylikierrossuojaluistista pois. Sen seurauksena väliohjausluistit siirtyvät yläasentoon vetojousilla ja pikasulku- ja läppäventtiilit sulkeutuvat kuten edellä selostettiin, samoin säätöventtiilit. Ylikierrossuojan toiminta on täysin riippumaton sähköisistä signaaleista. [4.]

Ylikierrossuojajärjestelmän koestus suoritetaan tehokäytöllä kerran kuukaudessa. Se tehdään molemmille renkaille rengas kerrallaan, jolloin koestetuksi tulee ylikierrossuojarengas ja sen ylikierrossuojaluisti ilman todellista pikasulkua. Koestuslaite ohjataan koestusasentoon, jolloin ohjaus- ja pikasulkupaineen purkautuminen estyy ja toimiöljy siirtää epäkeskorengasta ja ylikierrossuojaluisti muuttaa asentoaan. Koestuslaite ohjataan viritysasentoon, jolloin toimiöljy menee viritysoljyksi. Hydraulisen pyörimisnopeuden säätimen yhteydessä on kiihdytyslaite, jota käytetään generaattorin ollessa irti verkosta turbiinin ylikierrossuojien koestukseen kierrosnopeutta nostamalla. Kiihdytyslaite kuristaa impelleriltä tulevaa öljyä, eli laskee takaisinkytkentäöljyn painetta. Hydraulinen säätäjä nostaa ohjausöljyn painetta, turbiinin kierrosnopeus nousee ja ylikierrossuojakoestus tapahtuu todellisessa olosuhteissa. [4.]



Kuvio 7. Turbiinin säätö- ja suojausöljyjärjestelmän pääkiertokaavio [4].

3.3 Generaattorin tiivisteöljyjärjestelmä SU

3.3.1 SU-järjestelmän tehtävä

Järjestelmän tehtävänä on tiivistää generaattorin akselin läpiviennit siten, ettei rungon sisällä 4 barin paineessa oleva jäähdytysvety pääse vuotamaan ulos turbiinihalliin (kuvio 8, s. 16) [4].

3.3.2 SU-järjestelmän toiminnan kuvaus

Generaattorin molemmissa akseliläpivienneissä on öljytoimiset tiivisteet. Paineellinen öljy syötetään tiivistykseen injektorilla, vaihtovirta- tai tasavirtakäyttöisellä pumpulla. Normaalisti käytössä on injektorilla, jolloin öljyn paine injektorin jälkeen on noin 11 baria. Injektori toimii turbiinin säätö-öljyjärjestelmästä syötettävällä öljyllä, jolloin öljyn jäähdytystä ei tarvita, koska tulevan öljyn lämpötila on noin 40 °C. Varalla olevista pumpuista vaihtovirtapumppu käynnistyy, jos öljyn paine laskee alle 7 baria. Tasavirtapumppu käynnistyy, jos öljyn paine laskee alle 6 baria. Järjestelmän ollessa pumpussyötön perässä imetään öljy pääöljysäiliöstä, jossa öljyn lämpötila on noin 60 °C. Silloin öljy jäähdytetään lämmönsiirtimillä 40 °C:seen. Lämmönsiirtimiä on kaksi, joista toinen on käytössä ja toinen varalla. [4.]

Lämmönsiirtimien jälkeen poistetaan mekaanisella suodattimella öljyssä olevat kiinteät hiukkaset. Suodattimien jälkeen öljy jakautuu puristus- ja tiivistysöljysäätimille. Puristusöljysäädin säätelee öljyn paineen 2,7 - 2,8 bariin, minkä jälkeen öljy syötetään suoraan tiivisteille. Tiivisteillä puristusöljy painaa liikkuvaa tiivistelaakeria generaattorin akselin painerengasta vasten. [4.]

Tiivistysöljy syötetään yläöljysäiliön kautta akselitiivisteille. Tiivistysöljysäätimille menee tieto generaattorin rungon vedyn paineesta ja tiivistykseen menevän öljyn paineesta. Niiden avulla se ohjaa säätimen jälkeisen öljyn paineen 0,8 baria korkeammaksi kuin vedyn paine. [4.]

Yläöljysäiliö on vuotojenkeruusäiliön kaasutilan kautta yhteydessä generaattorin rungon vetyyn, joten siinä on sama paine kuin generaattorissa. Koska säätimen jälkeinen paine on korkeampi, tiivistysöljy virtaa yläöljysäiliöön pitäen säiliön täynnä. Yläöljysäiliö tur-

vaa akselitiivisteiden öljynsyötön, jos öljyn syöttö keskeytyy. Tiivisteille riittää öljyä säiliöstä noin 20 minuutiksi, ja säiliön vajautuminen johtaa turbiinin pikasulkuun. [4.]

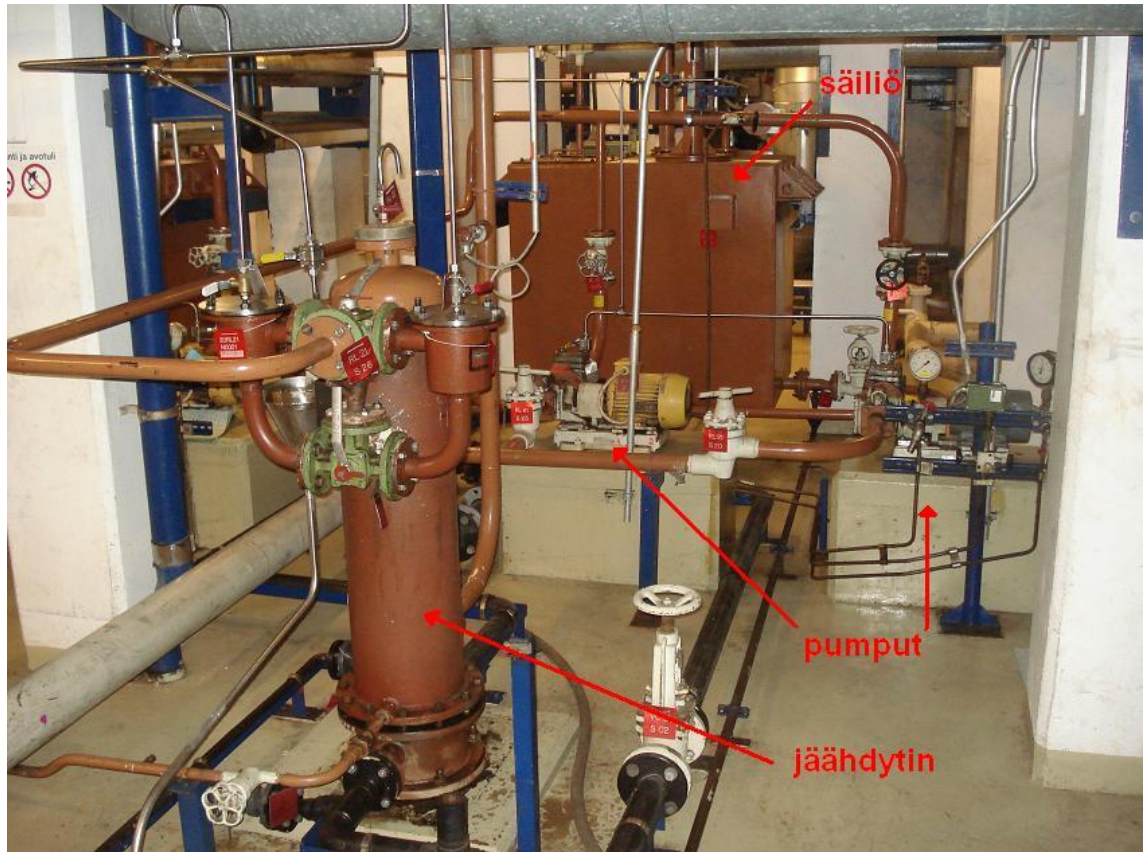
Yläöljysäiliön paineen ja korkeuseron vaikutuksesta virtaa akselitiivistykseen käytettävä öljy tiivisteöljykammion kautta laakerin rengasuraan. Siitä öljy leviää akselin kiertoliikkeen vaikutuksesta uran molemmilla puoliilla oleville valkometallipinnoille muodostaen öljykalvon sen ja akselin painerenkaan väliin. Puristusöljyn painaessa liikkuvaa tiiviste-laakeria akselin painerenkasta vasten ja tiivistysöljyn muodostaman kalvon tiivistäessä akselitiivistelaakerin, estyy paineellisen vedyn vuoto ulos generaattorin rungosta. [4.]

Tiivistyslaakerit voivat liikkua akselin suunnassa. Tämä on tarpeen, koska vastinpintoina toimivat generaattorin akselin painerenkaat liikkuvat turbiinin akselin liikkeiden, eli venymän mukaan. [4.]

Suurin osa tiivistykseen käytetystä öljystä poistuu sen paineen ja keskipakovoiman vaikutuksesta ulkokehän kautta imupuolelle, generaattorin tukilaakerien poistoöljykammioihin. Pieni osa öljystä kulkeutuu paine-eron vaikutuksesta sisäkehälle ja edelleen generaattorin vetypuolen vuotoöljykammioihin. Niistä öljy johdetaan näkölasin kautta vuotojenkeruusäiliöön. Siinä pidetään vakio pintaa uimuriventtiilin avulla. Pinnan säädöllä estetään, ettei säiliön kaasutilassa oleva paineinen vety pääse vuotamaan öljynpoistolinjaan. [4.]

Puristusöljyn kulutus on riippuvainen tiivisterungon ja tiivisterenkaan välisten tiivisteiden kunnosta. Mahdollinen pieni vuoto ohjautuu tiivistysöljyn joukkoon ja palaa sen mukana öljykiertoon. [4.]

Generaattorin laakeriöljyt yhdessä tiivistykseen käytetyn öljyn kanssa johdetaan tukilaakerien poistoöljykammioista poistotukkiin. Siihen johdetaan myös uimuriventtiilin ohjaama öljy vuotojenkeruusäiliöstä. Poistotukista öljy johdetaan takaisin pääöljysäiliöön. [4.]



Kuvio 9. Syöttövesipumpun öljyjärjestelmän öljypumpu, öljysäiliö ja öljyjäähdytin.

3.5 Öljyjärjestelmien palontorjunta

Turbiinien voiteluöljyt ovat turbiinihallin merkittävin palokuorma. Öljyn syttyä palo on voimakas ja käsikäyttöiset sammutusmahdollisuudet heikot ja vaaralliset. Tämän vuoksi turbiinihalliin on asennettu öljyjärjestelmien vesikohdesuojaus. [4.]

Pääöljysäiliön ja yläöljysäiliöiden kohdesammutusryhmät ovat automaattisesti toimivia. Turbiinin säätöpään kohdesammutus on laukaistava käsin palo ilmoituksen ja tilannearvion perusteella. Eri kohdesammutusryhmien alueilla kiertää 3 barin paineinen ilmaisuputkisto. Ilmaisuputkistossa olevat ilmaisuampullit rikkoutuvat, kun lämpötila nousee yli 79 °C:n, jolloin ilmaisuputkiston paine purkautuu pois aiheuttaen hälytyksen ja automaattisesti toimivien kohteitten vesisprinklauksen. [4.]

Säätöpään alueella, jonkin ilmaisuampullin rikkoontuessa lämmöstä, alkaa ilmanpaine laskea ja kun se on 1,7 baria, paloventtiili toimii estäen lisäöljyn pääsyn paloalueelle ja

säätö-öljyjärjestelmään. Paloventtiili kääntää säätö-öljyn imun yläsäiliöstä tulevasta putkesta pääöljysäiliön yläosaan menevään putkeen, jolloin säätö-öljyn alhaisesta imupaineesta johtuen tapahtuu turbiinin pikasulku ja lauhduttimen tyhjänmurto. [4.]

3.6 Öljynerotus

Voimalaitoksen useissa laitteistoissa on voitelu- ja hydraulikkaöljyjä. Eniten näitä öljyjä on turbiinihallissa. Turbiinihallin alimpien tasojen lattiavedet käsitellään öljynerottimissa ennen jäähdytysvesien purkutunneliin johtamista. Turbiiniöljyn varastosäiliö sijaitsee dieselrakennuksen suoja-altaassa, joka on viemäroity öljynerottimen kautta jäähdytysveden purkutunneliin. Kaikissa öljynerottimissa on öljynilmaisim, joka öljyn ilmaantues-
sa sulkee erottimen purkuventtiilin ja tekee hälytyksen valvomoon. Öljynerottimet ja öljynilmaisimet tarkastetaan säännöllisesti. Vuotojen varalle on laitosalueella saatavilla imeytysainetta. [4.]

3.7 Turbiiniöljy

Laitoksella käytetään turbiiniöljynä sekoitusta kahdesta eri viskositeettiluokkaisesta öljystä, jotka ovat Mobil Teresstic T-sarjan öljyjä. Tulevaisuudessa siirrytään käyttämään yhtä öljyä, Mobil Teresstic T 32, kahden sijasta. Mobil Teresstic T-sarjan öljyt ovat korkealaatuisia, sinkittömiä turbiini- ja kiertovoiteluöljyjä, jotka sopivat lukuisiin teollisuuden käyttökohteisiin. Mobil Teresstic T 32 on tarkoitettu vaativiin turbiinisovel-
luksiin, jotka edellyttävät öljyltä hyvää hapettumiskestävyyttä, ruosteenestokykyä sekä hyviä ilmanerottamisominaisuuksia. Öljy perustuu korkealuokkaiseen mineraaliöljyyn ja erittäin tehokkaisiin lisäaineisiin, jotka takaavat öljylle pitkän käyttöiän. Öljyn pitkä käyttöikä alentaa voiteluhuollon kustannuksia. Öljy on laadustaan ja luotettavuudestaan tunnettu tuote, joka tehostaa tuotantoa ja alentaa huoltokustannuksia. [5.]

4 Kunnossapito

4.1 Yleistä

Ammattitaidolla suoritettu kunnossapito on edellytys ydinvoimalaitoksen turvallisen ja taloudellisen käytön turvaamiseksi. Tavoitteeseen päästään parantamalla jatkuvasti turvallisuutta, käytettävyyttä, suorituskykyä ja kustannustehokkuutta.

Voimalaitoksella on käytössä laitostietojärjestelmä, jolla ohjataan sekä tilattuja laitos- töitä että vakiotyösuunnitelmiin perustuvia määräaikaista huoltoja, koestuksia ja tarkas- tuksia.

Laitostietojärjestelmään kerätään tietoja laitteiden, järjestelmien ja rakenteiden vikaan- tumisista, kunnostuksista, korjauksista ja niiden perussyistä. Lisäksi tietoja kerätään kunnonvalvonnasta, määräaikaistarkastuksista, -huolloista ja -koestuksista.

Historiatietojen perusteella arvioidaan kunnossapito-ohjelmien riittävyttä ja kattavuut- ta. Tietoja hyödynnetään myös tulevien vikakorjaus-, kunnostus- ja muutostöiden suunnittelussa ja toteutuksessa.

4.2 Loviisan voimalaitoksen kunnossapitostrategiat

4.2.1 Ennakoiva kunnossapito

Ennakoiva kunnossapito perustuu kuntoa tai suorituskykyä kuvaavien tunnuslukujen analysointiin ja arviointiin sekä niitä seuraaviin toimenpiteisiin. Laitteiden kunnossapito perustuu niiden kuntoon. Tunnuslukujen valvonta voi olla määräaikaista, jatkuvatoimis- ta tai yksittäinen selvitys. [6.]

4.2.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito suoritetaan määrävälein ja sen tarkoituksena on pienentää kohteen vaurioitumisen todennäköisyyttä tai toimintakunnon heikkenemistä. Ehkäisevä kunnossapito on aikaan perustuvaa kunnossapitoa. [6.]

4.2.3 Korjaava kunnossapito

Korjaavassa kunnossapidossa laite ei ole ennakoivan eikä ehkäisevän kunnossapidon piirissä, vaan sille suoritetaan korkeintaan aistinvaraista havainnointia. Laite korjataan tai vaihdetaan, kun sen toimintakyky on alentunut tai se ei suoriudu sille tarkoitetusta tehtävästä. [6.]

4.2.4 Parantava kunnossapito

Parantavassa kunnossapidossa yhdistetään muiden kunnossapitostrategioiden tulokset. Tässä kunnossapidossa etsitään parannuskohteita, joiden avulla kohotetaan laitteiden toimintavarmuutta ja kunnossapidettävyyttä sekä siten organisaation suorituskykyä optimoiden kunnossapitokustannukset. [6.]

4.3 Öljyjärjestelmien kunnossapito

Öljyjärjestelmien kunnossapitoon kuuluvat ehkäisevän ja korjaavan kunnossapidon strategiat. Järjestelmille suoritetaan aistinvaraista havainnointia, ja jos havaitaan ongelma-kohtia, kuten vuotoja, niin niistä tehdään työtilaus ja ongelmat korjataan. Laajempia korjaustöitä, joissa tarvitsee esimerkiksi purkaa putkisto, voidaan tehdä ainoastaan vuosihuollossa tai kohteesta riippuen, jopa ainoastaan kahdeksan vuoden välein, jolloin pääöljysäiliö on määräaikaistarkastuksessa ja tyhjä. Öljyjärjestelmän pumpuille suoritetaan määräaikaishuoltoja, kuten laakerien rasvausta.

Tämän työn toimenpiteiden osalta, oli tarkoitus tehdä öljyjärjestelmistä huoltovaapaamat, löytää oikeat tiivistämisratkaisut ja näin ehkäistä vuotoja.

5 Tiivistäminen ja tavallisimmat tiivistykset

5.1 Tiivistämisen perusteita

Tiivistyksellä pyritään estämään vuotoa, eli kahden tilan välistä aineen virtausta. Tiivistyksen tarkoituksena on estää tiivistyskohdan eri puolilla olevien aineiden sekoittuminen tai paineen tasautuminen. Vuoto voi olla haitallinen koneen, osan tai ympäristön

kannalta. Teollisuudessa tavallisimmat tiivistysongelmat johtuvat siitä, että tiivistettävä paine on suurempi kuin ympäristön paine. Tiivistintyyppin valintaan keskeisesti vaikuttava asia on tiivistyskohdassa esiintyvä liike. Tiivistimet jaetaan viiteen pääryhmään liikkeen luonteen perusteella:

- staattiset eli lepotiivistimet
- puolistaattiset tiivistimet
- pyörimisliikkeen tiivistimet
- suoraviivaisen liikkeen tiivistimet
- yhdistelmäliikkeen tiivistimet

[7, s. 636.]

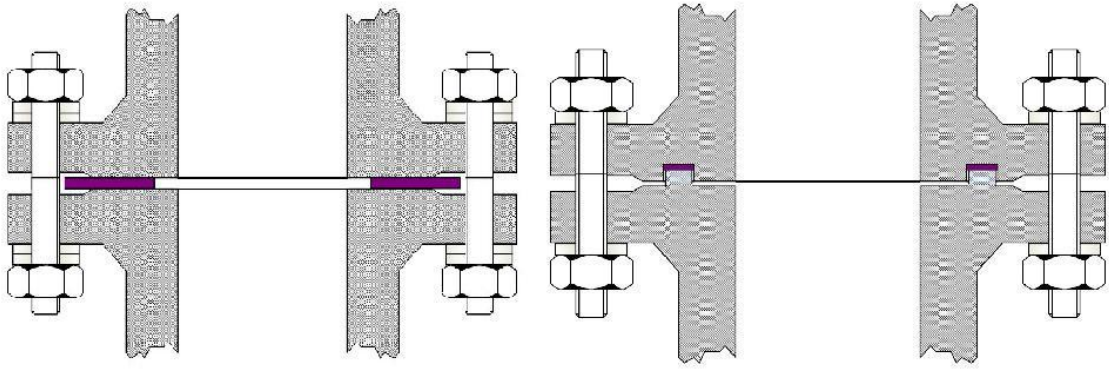
5.2 Laippaliitos

Laippaliitoksen tiivistemateriaalin on oltava elastista sekä toisaalta tarpeeksi jäykkä, jotta tiiviste ei pureskele pois tilastaan. Tiivisteiltä vaaditaan myös muodonmuutoskykyä, erityisesti kokoonpuristuvuutta, sekä kimmoisuutta, lujuutta, paineenkestoa, lämpötilankestoa, kemiallista kestävyyttä ja tiiviyyttä. Tiivisteen päättehtävä on mukautua siten, että vuotomahdollisuudet poistetaan. Tiivisteen mukautumisen pitäisi tapahtua mahdollisimman pienellä voimalla. Ohuella tiivisteellä on huono mukautumiskyky, joten tällöin tiiviste-pinnalta vaaditaan enemmän sileyttä (taulukko 3). [7, s. 638.]

Taulukko 3. Pinnankarheuden vaikutus levytiivisteen paksuuteen [7, s. 638].

Pinnankarheus	Ra 12,5	Ra 3,2	Ra 1,6
Tiivisteen pintapaine (MPa)	Paksuus (mm)	Paksuus (mm)	Paksuus (mm)
10	5	1,5	0,5
20	4	1	0,5
50	3	0,75	0,3
75		0,75	0,3
100		0,5	0,3

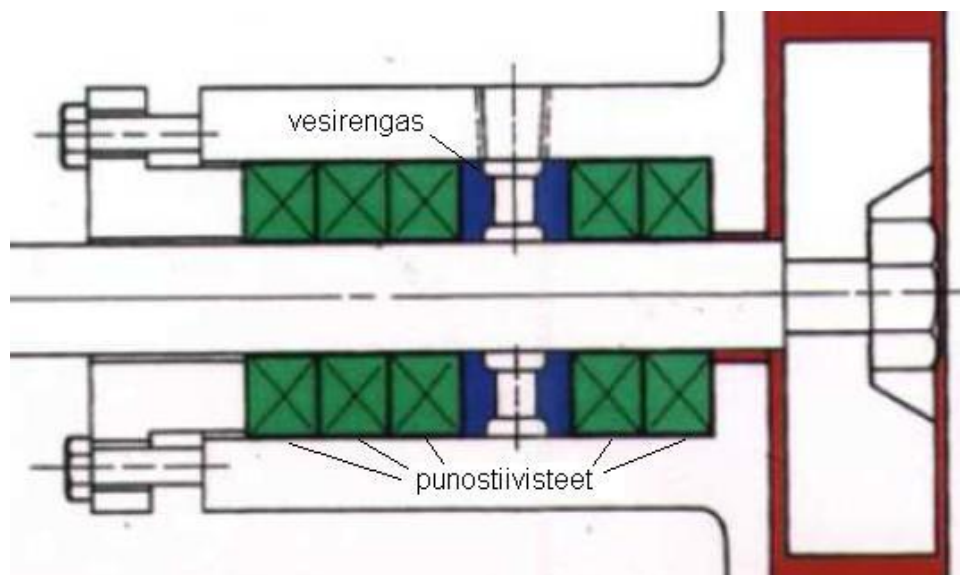
Laippaliitosten tiivisteet valitaan laippojen mukaan, ja nämä ovat yleensä joidenkin standardimittojen mukaisia tiivisteitä. Laipparakenteita on useita malleja, mutta tavallimpia ovat tasopinnaltaan sileät laipat, sekä koroke- ja uralaipat (kuviot 10).



Kuvio 10. Vasemmalla tasopinnaltaan sileä laippaliitos ja oikealla koroke- ja uralaippaliitos [8].

5.3 Punostiiviste

Punostiiviste on vanha tiivistysratkaisu, jota käytetään pumpunakseleiden ja venttiilikarojen tiivistämiseen. Tätä tiivistettä käytetään pääasiassa pyörivän liikkeen tiivistyskohdeissa, mutta se soveltuu myös staattisiin kohteisiin [7, s. 646]. Asennuksessa on huolehdittava siitä, että punosrenkaat menevät tiivistepesän pohjaan asti. Purkaessa vanhat tiivisteet tiivistepesästä on oltava vahingoittamatta akseliholkkia tai karaa. Pumppujen tiivistepesät tarvitsevat jäähdytystä korkeiden pyörimisnopeuksien johdosta, ja siksi tiivistepesään asennetaan vesirengas, joka mahdollistaa jäähdytyksen (kuvio 11).



Kuvio 11. Pumpun tiivistepesä pakattu punostiivisteillä ja vesirenkaalla [8].

5.4 Liukurengastiiviste

Liukurengastiiviste on nykyisin yleisesti käytetty pumppuakselin tiivisteratkaisu. Liukurengastiiviste on mekaaninen tiiviste, joka koostuu kahdesta toisiaan vasten liukuvasta yhdensuuntaisesta liukupinnasta (kuvio 12). Pumpun runkoon aputiivisteellä ankkuroitu vastarengas on kiinteä ja akselilla oleva liukurengas pyörivä. Tiivistykseen tarvittava voima saadaan jousien sekä tiivistettävän nesteen ja sulkunesteen paineiden avulla. Tiivistepinta muodostuu näiden kahden tiivisteiden väliin. Liukurengastiiviste nimetään yksi- tai kaksitoimiseksi riippuen siitä, onko liukupareja yksi tai kaksi kappaletta. [7, s. 649.]



Kuvio 12. Yksitoiminen kasettitiiviste Chesterton 180 [8].

6 Öljyjärjestelmien muutossuunnitelmat

6.1 Laippaliitokset

Työssä tuli arvioida laippaliitosten tarpeellisuus, sillä liitoskohta on aina mahdollinen vuotokohta. Suurin osa öljyputkiston liitoksista on hitsausliitoksia, mutta asennusteknisistä syistä välissä on myös laippaliitoksia. Laippaliitokset, jotka eivät sijaitse komponenttien, esim. venttiilien välittömässä läheisyydessä, ovat turhia, sillä putkistoa ei pureta ikinä. Korvattavia laippaliitoksia oli yhden turbiiniyksikön öljyjärjestelmissä yhteensä 22 kappaletta. Työssä tarkasteltiin vaihtoehtoisia liitosmahdollisuuksia laippaliitosten korvaamiseksi.

Hitsausliitos ei ole mahdollinen toteuttaa öljyputkistoon paikan päällä, sillä putkisto pitäisi saada huuhdeltua puhtaaksi ennen hitsausta. Tämä liitostapa olisi tiiveydeltään varmin vaihtoehto, mutta edellä mainitusta syystä, tämä liitostapa suljettiin pois välittömästi.

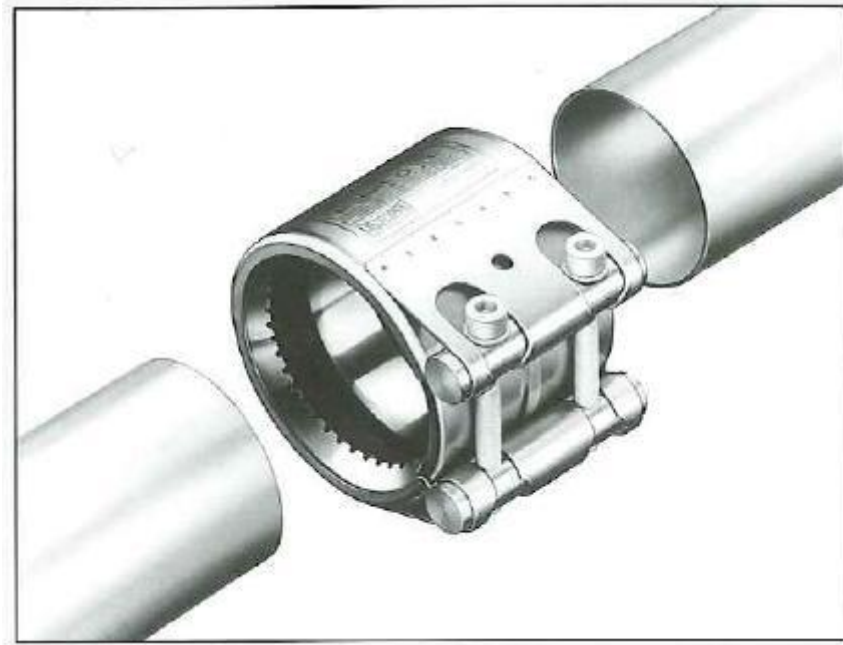
Seuraavaksi tarkasteltiin kahta eri putkiliitinmallia, jotka soveltuisivat laippaliitosten korvaajiksi. Liitoksen vaihto toteutettaisiin käytännössä siten, että poistettaisiin vanha laippaliitos ja tilalle asennettaisiin pala uutta putkea ja kaksi putkiliitintä.

Ensimmäinen putkiliitosmalli oli Victaulicin valmistama pantaliitin, joka toimii uralukitusjärjestelmällä. Tämä pantaliitos on monikäyttöinen ja luotettava liitos. Liitos on joustava, ja se kestää hyvin pienet kulmavirheet. Liitoksessa käytettävä kumitiiviste vähentää merkittävästi värinää. Pantaliitin on nopea ja helppo asentaa, eikä se vaadi minkäänlaista tulityötä.

Ainut ongelma tämän liitintyyppin käytön kannalta on putken päähän tehtävä ura. Käyttökohteet, joista laippaliitokset poistettaisiin, sijaitsevat hankalissa ja ahtaissa paikoissa, joten uran työstäminen työmaalla on lähes mahdotonta. Tämän takia tämä liitostapa hylättiin ja tilalle valittiin toinen putkiliitos.

NormaConnect Grip-putkiliitin (kuvio 13) on luotettava vaihtoehto metalliputkien vetolujiin liitoksiin. Se ei vaadi putkeen uritusta, vaan sillä voidaan liittää yhteen kaikki siileäpintaiset putket hyvin lyhyessä ajassa ilman hitsausta. Liittimessä on kaksihuulinen

tiivistysmenetelmä, ja sillä on maksimaalinen tiivistyskyky sekä alhaisessa että korkeassa käyttöpaineessa. Liitos on vähän tilaa vievä, joten se sopii mainiosti ahtaisiin käyttökohteisiin.



Kuvio 13. NormaConnect Grip-putkiliitin [9].

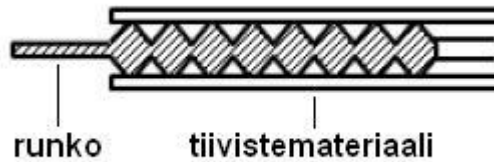
Putkiliittimen asennus on helppoa, työnnetään liitin putkien päälle ja kiristetään pultteja vuorotellen momenttiavaimella oikeaan arvoon. Liitin vaatii sileän liitospinnan, joten katkaistusta putkesta joudutaan puhdistamaan maalikerros pois. Liitin ei vaadi tarkkaa asennusta, vaan erikokoisille liittimille on annettu maksimiväli, joka putkien välissä saa olla. Ankkurointirenkaan hampaat painuvat putken pintaan ja saavat aikaan luotettavan aksiaalisen kiinnityksen. Tämän ansiosta liitos kestää suurtakin tärinää. [9.]

6.2 Laippatiivisteet

Kaikkia laippaliitoksia ei pystytä korvamaan edellä mainitulla putkiliittimellä, joten tässä esitellään kolme eri vaihtoehtoista tiivistettä, joita voitaisiin käyttää. Kaikki kolme tiivistettä ovat Chestertonin valmistamia.

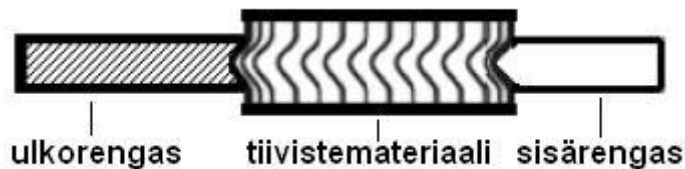
Kampaprofiilitiiviste (kuvio 14) on luotettava, ja alhaisen pintapainevaatimuksen ansiosta se luo hyvän tiiveyden koko ajan, eikä siihen synny ylikiristyksestä johtuvia vauri-

oita. Tiivisteiden runko on ruostumatonta terästä ja tiivistävänä materiaalina joko grafiitti tai PTFE-materiaali. Kun laipat ovat linjassa ja samansuuntaisia, niin kampaprofiilitiiviste saa aikaan tiiveyden pienellä voimalla.



Kuvio 14. Kampaprofiilitiiviste [8].

Toinen vaihtoehto on spiraalitiiviste, joka koostuu sisä- ja ulkorengaasta (kuvio 15). Sisärenkas on ruostumatonta terästä ja ulkorengas hiiliterästä. Tiivistämateriaalina käytetään joko grafiittia tai PTFE-materiaalia. Tämä tiiviste sallii kokoon puristuessaan hieman suurempia kulmapoikkeamia kuin kampaprofiilitiiviste. Spiraalitiiviste on halvempi kuin kampaprofiilitiiviste.



Kuvio 15. Spiraalitiiviste [8].

Kolmas vaihtoehto on tavallista tiivistelevyä. Chesterton Malli 553 on erinomainen perustiivistelevy, jolla on hyvät paine- ja lämpötilaominaisuudet. Tiiviste koostuu lasi- ja aramidikuiduista, jossa sidosaineena käytetään NBR-kumia. Tiiviste on valmistettu öljynjalostus-, kemikaali-, ja paperiteollisuuden sekä voimalaitoskäyttöön. Tällä tiivistemateriaalilla on paloturvallisuustodistus.

6.3 Venttiilit

Laitoksen öljyjärjestelmissä olevat käsikäyttöiset sulkuventtiilit ovat lähes kaikki neuvostoliittolaisen AEE:n valmistamia punostiivistettyjä venttiileitä (kuvio 16). Ongelmaksi on havaittu venttiilikaran tiivistyksen pettäminen, joka johtaa öljyvuotoon ja epäsiisteyteen. Venttiileissä käytetään grafiittipohjaista punostiivistettä, joka käyttökokemusten mukaan ei sovellu käytettävälle turbiiniöljylle. Tilanne on parantunut niiden venttiilien osalta, joihin on vaihdettu teflonpunostiiviste. Asennuskustannukset tiivistepesän pakkaamiseen ovat kuitenkin niin suuret, että suositeltavaa olisi vaihtaa venttiilit kokonaan uusiin paljietiivisteisiin venttiileihin.

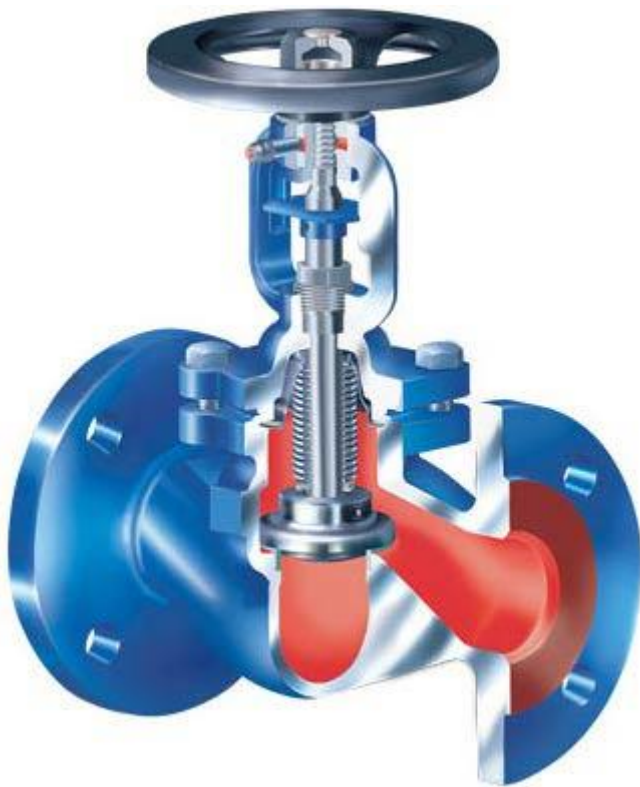


Kuvio 16. Punostiivisteinen sulkuventtiili.

Uudet paljietiivisteiset venttiilit olisivat ARI:n valmistamia Faba-Plus-mallisia venttiileitä (kuvio 17). Paljietiivistyksen ansiosta venttiili on lähes huoltovapaa. Paljietiiviste tekee tiivistepesästä paineettoman ja itse venttiilistä kevytliikkeisen.

Laitoksen vanhoissa venttiileissä on koroke- ja uralaippaliitos, joten uusissa venttiileissä tulisi myös olla uralaipat, jotta ne kävisivät suoraan vanhan venttiin paikalle. ARI:n venttiileissä on normaalisti sileät laipat, mutta valmistaja toimittaa myös uralaipallisia venttiileitä tilauksesta, joten se ei ole ongelma.

Yhden turbiiniyksikön öljyjärjestelmissä on yhteensä 33 venttiiliä, jotka tulisi vaihtaa uusiin. Venttiilit ovat nimellissuuruuksiltaan 25 - 100-mm:siä ja nimellispaineiltaan 16-barisia.



Kuvio 17. ARI-Faba-Plus paljeteiivisteisen venttiilin rakenne [10].

6.4 Pumput

6.4.1 Liukurengastiivisteet pumppuihin

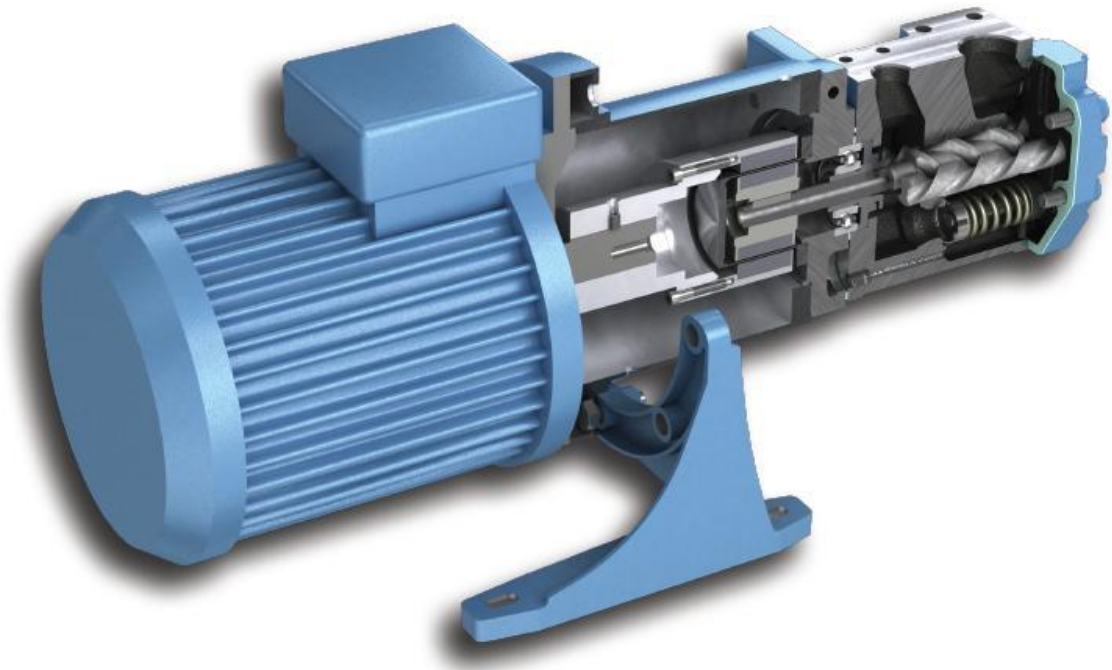
Öljyjärjestelmien pumppuihin on osaan vaihdettu vuosien saatossa liukurengastiivisteet. Tarkoitus olisi vaihtaa kaikkiin pumppuihin liukurengastiivisteet ja luopua punostivisteistä pumppujen akselitiivistyksessä. Pumput, joihin muutokset tehtäisiin, olisivat SE-järjestelmän käynnistysöljypumppu, sekä SU-järjestelmän öljypumppu ja hätäöljy-

pumppu. SC-järjestelmän voiteluöljypumppuihin on aikaisemmin asennettu yksitoiminen kasettitiiviste Chesterton 180, ja tiiviste toimii näissä kohteissa hyvin.

6.4.2 Magneettikytkimellä varustettu pumppu

Nykyisin on saatavilla myös akselitiivisteettömiä pumppuja. Pumppu saadaan tiivisteettömäksi käyttämällä voimansiirtoon akselin ja juoksupyörän välillä magneettikytkintä, jolloin magneetikenttä pyörittää juoksupyörää. Pumppu ja sähkömoottori voidaan myös rakentaa samaan pakettiin.

Syöttövesipumppujen öljypumput, AEE:n valmistamat hammasrataspumput, vaihdetaan uusiin IMO:n valmistamiin magneettikytkimillä varustettuihin ruuvipumppu-moottoripaketteihin (kuvio 18). Uuden pumpun malli on ACE 038K3 NVBP, jossa ABB:n sähkömoottori.



Kuvio 18. IMO:n valmistama Opti Line ACE-pumppu [11].

7 Kustannusarviot

7.1 SC-järjestelmän kustannusarvio

Työn perusteella päädyttiin esittämään, että SC-järjestelmään vaihdetaan viisi venttiiliä ja kolme laippaliitosta korvataan uusilla putkipantaliittimillä. Uusien venttiileiden kustannus asennuksineen olisi 3 000 euroa ja putkipantaliittimien 1 500 euroa. SC-järjestelmän kokonaiskustannus tulisi näin olemaan 4 500 euroa.

7.2 SE-järjestelmän kustannusarvio

SE-järjestelmään ehdotetaan vaihdettavaksi käynnistysöljypumpun akselitiivistys, eli punostiivisteet korvataan liukurengastiivisteillä. Muutoksen kustannus asennuksineen olisi 6 700 euroa. Pumpussa tulee vapaanpään tiivistepesän holkki, joka samalla toimii tasapainolevyn kiinnitysmutterina, vaihtaa pidennettyyn malliin. Kytkimen puoleiselle tiivistepesälle riittää tarvittaessa akselin kiillotus. Kustannusarvio on tehty Chesterton 180-liukurengastiivisteiden hinnan mukaan.

7.3 SU-järjestelmän kustannusarvio

SU-järjestelmään ehdotetaan vaihdettavaksi 24 venttiiliä ja 16 laippaliitosta korvattavaksi uusilla putkipantaliittimillä. Uusien venttiileiden kustannus asennuksineen olisi 12 000 euroa ja putkipantaliittimien 7 500 euroa. SU-järjestelmän öljy- ja hätäöljypumpun akselitiivistykset vaihdetaan liukurengastiivisteisiin. Näille pumpuille tehtäisiin samat muutokset kuin SE-järjestelmän käynnistysöljypumpulle. Pumpujen muutoksien kustannukset asennuksineen olisivat 13 500 euroa. SU-järjestelmän kokonaiskustannus tulisi näin olemaan 33 000 euroa.

Suunnitelmissa on myös ollut SU-järjestelmän putkilämmönsiirtimien vaihto levylämmönsiirtimiin tai jopa luopuminen kokonaan lämmönsiirtimistä järjestelmässä. Kyseinen muutos on iso projekti, eikä se tullut mukaan tähän työhön ja kustannusarvioon.

7.4 RL-järjestelmän kustannusarvio

RL-järjestelmään ehdotetaan vaihdettavaksi neljä venttiiliä ja kolme laippaliitosta korvattavaksi uusilla putkipantaliittimillä. Uusien venttiileiden kustannus asennuksineen olisi 1 000 euroa ja putkipantaliittimien 1 300 euroa. Syöttövesipumppujen öljyjärjestelmään vaihdetaan vanhat pumpput magneettikytkimellä varustettuihin pumppuihin. Uusien pumppujen kappalehintaa on noin 2 500 euroa. Asennuskustannuksia ei pumppujen vaihtojen suhteen määritelty tässä työssä, sillä siihen kuuluu paljon valmistavia töitä ja rakennemuutoksia. RL-järjestelmän kokonaiskustannus, ilman öljypumppujen kustannuksia, tulisi näin olemaan 2 300 euroa, yhtä syöttövesipumppua kohden.

7.5 Kokonaiskustannusarvio

Työssä on tarkasteltu yhden turbiiniyksikön järjestelmiä ja kustannusarviot on tehty yhdelle yksikölle. Kun lasketaan yhteen SC-, SE- ja SU-järjestelmien kustannukset, tulee yhden turbiiniyksikön kokonaiskustannukseksi 44 200 euroa. Laitoksella on neljä turbiiniyksikköä, joten voimalaitoksen kokonaiskustannus näiden järjestelmien muutokseen on 176 800 euroa.

Yhden syöttövesipumpun öljyjärjestelmän kokonaiskustannus on 2 300 euroa. Laitoksella on yhteensä kymmenen syöttövesipumppua, joten voimalaitoksen kokonaiskustannus syöttövesipumppujen öljyjärjestelmien muutokseen on 23 000 euroa.

Voimalaitoksen turbiinihallin öljyjärjestelmien muutoksien kokonaiskustannusarvio on 199 800 euroa.

8 Päätelmät

Työssä käytiin yksityiskohtaisesti läpi turbiinihallin öljyjärjestelmät ja esitettiin havaituille kehityskohteille muutossuunnitelmat. Järjestelmien tarkasteluissa havaittiin tiiveyden kannalta kriittisimmiksi kohteiksi pumppujen akselitiivisteet, venttiilien karatiivisteet ja laippaliitoksien tiivisteet.

Pumppujen osalta päädyttiin vaihtamaan RL-syöttövesipumppujen voiteluöljypumput magneettikytkimellä toimiviin pumppuihin. Nämä pumppuyksiköt ovat täysin suljettuja, joten vuotomahdollisuudet ovat olemattomat, mikä vuorostaan vähentää huoltokustannuksia. Muihin pumppuihin vaihdettaisiin akselitiivisteeksi liukurengastiivisteet, punostiivisteiden sijaan. Liukurengastiivisteet toimivat paremmin varsinkin pumpuissa, jotka eivät ole yhtäjaksoisesti käytössä.

Lähes kaikki öljyjärjestelmien vanhat punostiivisteiset sulkuventtiilit vaihdetaan paljettiivisteisiin venttiileihin. Uudet venttiilit ovat lähes täysin huoltovapaat. Venttiilirinnassa oleva tiiviste on helppo vaihtaa, mahdollisen vuodon sattuessa, verrattuna karatiivistykseen käytettyihin punosnaruihin.

Laippaliitokset korvataan putkipantaliittimillä ja jäljelle jääviin laippoihin asennetaan uudet tiivisteet. Pitää muistaa, että liitoskohta on aina mahdollinen vuotokohta, mutta näillä muutoksilla vuotoriski ainakin vähenee.

Tämä opinnäytetyö käsittää öljyjärjestelmien öljyvuotojen hallinnointiin ja eliminoimiseen tähtäävät suunnitelmat. Työ käsitti tekniikan ohella myös taloudellisia arviointeja.

Lähteet

- [1] Fortum Oyj. 2011. Verkkodokumentti. <www.fortum.fi>. Fortum-konserni > Energiantuotanto > Ydinvoima. Luettu 25.10.2011.
- [2] Fortum, Power Divison. 2011. Ydinvoimaesite. Verkkodokumentti. <http://www.fortum.com/SiteCollectionDocuments/Energy%20production/Ydinvoima_esite_FI_148x210_4s_netti.pdf>. Luettu 26.10.2011.
- [3] Fortum Generation. 2011. Loviisan voimalaitosesite. Verkkodokumentti. <http://www.fortum.com/SiteCollectionDocuments/Energy%20production/106-voimalaitosesite_fin.pdf>. Luettu 26.10.2011.
- [4] DORIS, Loviisan voimalaitoksen dokumenttienhallintaohjelmisto. Cabinets > Yleiset > Koulutusmateriaali > Koulutuspaketit > Yleiskuvaus > Primääri- ja sekundaaripiirienpääjärjestelmät/Sekundaaripiirin apujärjestelmät. Ei julkaistu. Luettu 26.10.2011.
- [5] Mobil. 2011. Verkkodokumentti. <http://www.mobil.com/Finland-Finnish/Lubes/PDS/GLXXFIINDMOTeresstic_T_32-100.aspx>. Luettu 10.11.2011.
- [6] Loviisan voimalaitos. 2011. Menettelyohje. Kunnossapidon strategiat. Ei julkaistu. Luettu 9.12.2011.
- [7] Airila, Mauri, Ekman, Kalevi, Hautala, Pekka, Kivioja, Seppo, Kleimola, Matti, Martikka, Heikki, Miettinen, Juha, Niemi, Erkki, Ranta, Aarno, Rinkinen, Jari, Salonen, Pekka, Verho, Arto, Vilenius, Matti & Välimaa, Veikko. 2009. Koneenosien suunnittelu. Helsinki: WSOYpro Oy.
- [8] Koulutusmateriaali. Chesterton. Pdf-tiedosto. Pumppujen ja venttiilien punostivistäminen.pdf ja Tasotivistäminen.pdf. Ei julkaistu. Luettu 9.12.2011.
- [9] Teknoma Oy. 2002. Norma-esite. Verkkodokumentti. <<http://www.teknoma.fi/dev/wp-content/uploads/Norma-putkipantaliittimet.pdf>>. Luettu 18.11.2011.
- [10] ARI Armaturen. 2011. Verkkodokumentti. <<http://www.ari-armaturen.com/en/products/globe-valves/faba-plus.html>>. Luettu 21.11.2011.
- [11] IMO Ab. 2011. Product description ACE. Verkkodokumentti. <http://www.imo.se/assets/files/Product_description_ace.pdf>. Luettu 25.11.2011.

Kohteet uusille putkipantaliittimille

Valokuvat	Laippaliitokset (kpl)	Putken halkaisija (mm)	Järjestelmä	Taso	Huonetila	Paikan tarkennus
<u>Kuva 1</u>	2	89	SC10/SC50	-0	2T9057	Vuotoöljyn keräilyssäiliön SC00B01 vieressä
<u>Kuva 2</u>	1	57	RL21	-0	2T9033	Katon rajassa, öljysäiliön RL21B01 takana, öljyjaahdyttimeltä laakereille menevä putki
<u>Kuva 3</u>	1	57	RL21	-0	2T9033	Katon rajassa, öljysäiliön RL21B01 takana, öljyjaahdyttimeltä laakereille menevä putki
<u>Kuva 4</u>	1	76	RL21	-0	2T9033	Katon rajassa, öljysäiliön RL21B01 takana, laakereilta öljysäiliöön palautuva putki
<u>Kuva 5</u>	1	57	SC00	+3	2T0337	RM lauhdevesipumppujen kohdalla
<u>Kuva 6</u>	1	89	SU10	+3	2T0317	SE11D01 käynnistysöljypumpun vieressä
<u>Kuva 7</u>	1	89	SU10	+3	2T0307	Katon rajassa, öljypumpuilta SU11D01 ja SU13D01 menevä putki
<u>Kuva 8</u>	1	89	SU10	+6	2T0617	Pääöljysäiliön SC10B01 vieressä
<u>Kuva 9</u>	1	89	SU10	+6	2T0617	Katon rajassa, pääöljysäiliön SC10B01 takana
<u>Kuva 10</u>	1	89	SU10	+6	2T0617	Katon rajassa, pääöljysäiliön SC10B01 takana
<u>Kuva 11</u>	2	89	SU21	+6	2T0637	Katon rajassa, oven 2N0701 kohdalla
<u>Kuva 12</u>	2	89	SU21	+6	2T0627	Sama putki kuin edellä mainittu, liitos huonetilan kulmassa, katon rajassa
<u>Kuva 13</u>	1	89	SU10	+12	2T1218	Pääöljysäiliön SC10B01 ylätason kohdalla
<u>Kuva 14</u>	2	89	SU21	+12	2T1218	Pääöljysäiliön SC10B01 ylätason kohdalla
<u>Kuva 15</u>	2	89	SU21	+12	2T1247	3 generaattorin kulman kohdalla, SU21B01 säiliölle nouseva putki
<u>Kuva 16</u>	2	89	SU21	+15	2T1538	3 generaattorin kulman kohdalla, SU21B01 säiliölle nouseva putki

Kohteet uusille venttiileille

Käyttöpaikka	DN Nimellissuuruus (mm)	PN Nimellispaine (bar)	Asennuspituus (mm)	Liitostapa	Taso	Huonetilä	Valokuva
RL21S22	32	16	180	laippa	-0	2T9033	RL21S22
RL21S25	32	16	180	laippa	-0	2T9033	RL21S25
RL21S38	32	16	180	laippa	-0	2T9033	RL21S38
RL21S37	40	16	200	uralaippa	-0	2T9033	RL21S37
SU12S05	40	16	200	uralaippa	+3	2T0307	SU12S05
SU12S01	40	16	200	uralaippa	+3	2T0307	SU12S01
SU10S01	50	16	230	uralaippa	+3	2T0307	SU10S01
SC10S08	50	16	230	laippa	+3	2T0317	SC10S08
SU11S03	80	16	310	uralaippa	+3	2T0308	SU11S03
SU13S03	80	16	310	uralaippa	+3	2T0308	SU13S03
SU12S03	80	16	310	uralaippa	+3	2T0307	SU12S03
SU10S02	80	16	310	uralaippa	+3	2T0307	SU10S02
SU10S10	80	16	310	uralaippa	+3	2T0307	SU10S10
SU10S04	80	16	310	uralaippa	+3	2T0307	SU10S04
SU10S03	80	16	310	uralaippa	+3	2T0307	SU10S03
SU10S11	80	16	310	uralaippa	+3	2T0307	SU10S11
SC10S07	100	16	350	uralaippa	+3	2T0317	SC10S07
SC10S01	100	16	350	uralaippa	+3	2T0317	SC10S01
SC10S02	100	16	350	uralaippa	+3	2T0317	SC10S02
SC10S03	100	16	350	uralaippa	+3	2T0317	SC10S03
SU31S01	50	16	230	uralaippa	+6	2T0627	SU31S01
SU31S02	50	16	230	uralaippa	+6	2T0627	SU31S02
SU10S07	80	16	310	uralaippa	+12	2T1218	SU10S07
SU10S05	80	16	310	uralaippa	+12	2T1218	SU10S05
SU10S08	80	16	310	uralaippa	+12	2T1218	SU10S08
SU10S06	80	16	310	uralaippa	+12	2T1218	SU10S06
SU21S01	80	16	310	uralaippa	+12	2T1218	SU21S01
SU21S03	80	16	310	uralaippa	+12	2T1218	SU21S03
SU21S08	80	16	310	uralaippa	+12	2T1218	SU21S08
SU21S05	80	16	310	uralaippa	+12	2T1218	SU21S05
SU21S09	80	16	310	uralaippa	+12	2T1218	SU21S09
SU22S01	25	16	160	laippa	+12	2T1218	SU22S01
SU22S03	25	16	160	laippa	+12	2T1218	SU22S03