

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulkualan koulutusohjelma / merenkulkualan insinöörin sv.

Jesse Silander

**TURBIINIEN KUNNOSSAPITO-OHJELMAN OPTIMOINTI;
LAAKEROINTI JA SÄÄTÖJÄRJESTELMÄ**

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulkuala

SILANDER, JESSE	Turbiinien kunnossapito-ohjelman optimointi; laakerointi ja säätöjärjestelmä
Insinööri	44 sivua, 7 liitettä
Työn ohjaaja	lehtori Kari Ronkainen, ylläpidon insinööri Martti Joensuu
Toimeksiantaja	Fortum Power and Heat Oy, Loviisan voimalaitos
Lokakuu 2010	
Avainsanat	Kunnossapito, turbiinit, huoltajaksot, huolto

Opinnäytetyössä tarkastellaan höyryturbiinien akselilinjan laitteiden kunnossapito-ohjelmaa. Tavoitteena on parantaa huoltovälijaksotusta laakereiden ja säätöjärjestelmän osalta.

Työssä on käsitelty laitteiden toiminnan kuvaus sekä huolto- ja koestustoimenpiteet. Työn pääpaino on laitteiden huoltohistorian tutkimisessa. Tarkoituksena on selvittää laitteille optimaaliset huoltajaksot sekä huoltajakson ulkopuoliset toimenpiteet pyrittään erottelamaan määräaikaishuolloista.

Työn tulokset ovat suuntaa antavia, tarkempi huoltovälien uudelleen määrittäminen jätetään voimalaitoksen henkilökunnalle.

ABSTRACT

KYMENLAAKSO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Maritime Engineering

SILANDER, JESSE Turbine Optimizing Maintenance Program; bearings and adjustment system

Bachelor's thesis 44 pages, 7 appendices

Supervisor Senior lecturer Kari Ronkainen, maintenance engineer Martti Joensuu

Commissioned by Fortum Power and Heat Ltd, Loviisa power plant

October 2010

Keywords maintenance sequence, predictive -and preventive maintenance, turbine, maintenance history

In this bachelor's thesis the maintenance program of the equipment on the shaft line of the steam turbine was examined. The goal was to improve the timing of the maintenance period regarding bearings and adjustment system.

This thesis presents the description of equipment operations, maintenance, and proof measures. The main emphasis lied on investigating the maintenance history. The purpose was to find out if the equipment had been maintained too often or too seldom. The external measures of the maintenance sequences were separated from the periodic maintenance procedures.

As a conclusion of this thesis, changes are proposed to the timing of the maintenance procedures. The results are indicative, and a more precise definition of the maintenance periods will be done by the personnel of the power plant.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	8
2	FORTUM OYJ JA LOVIISAN VOIMALAITOS	9
2.1	Fortumin konserni	9
2.2	Loviisan voimalaitos	9
2.3	SA-höyryturbiini	10
3	KUNNOSSAPITO	12
3.1	Laiteluokittelu	12
3.2	Kunnossapidon strategia	14
3.2.1	Ennakoiva kunnossapito	15
3.3	Tunnusluvut	16
3.4	Ekonomiakeskeinen kunnossapito	18
4	AKSELILINJAN LAITTEET	19
4.1	Laakerit	19
4.2	Nostoöljypumppu	21
4.3	Akselin pyörityslaite (paaksi)	22
4.4	Pääöljypumppu	23
4.5	Ryntösuoja	24
4.6	Kierroslukusäätäjä	25
4.7	Sähköhydraulinen muunnin	26
5	HUOLLOT, TARKASTUKSET JA KOESTUKSET	27
5.1	Laakereiden huolto/tarkastus	27
5.2	Pyörityslaitteen huolto/tarkastus	28
5.3	Pääöljypumpun huolto/tarkastus	28
5.4	Ryntösuojan huolto/tarkastus	28
5.4.1	Ryntösuojan koestukset	29
5.5	Kierroslukusäätäjän huolto/tarkastus	29
6	LAITTEIDEN VIKAHISTORIA	30
6.1	Lomax-tietokanta	30
6.2	Laitteiden vikahistorian tutkiminen	30
7	OPTIMOINTI	31
7.1	Laakerit	32
7.1.1	TG1	32
7.1.2	TG2	32
7.1.3	TG3	33
7.1.4	TG4	33
7.1.5	Johtopäätös	34
7.2	Kierroslukusäätäjät	34
7.2.1	TG1	34
7.2.2	TG2	34
7.2.3	TG3	34
7.2.4	TG4	34
7.2.5	Johtopäätös	34
7.3	Ryntösuojat	35
7.3.1	TG1	35
7.3.2	TG2	35

7.3.3	TG3	35
7.3.4	TG4	35
7.3.5	Johtopäätös.....	35
7.4	Keskipakoiskytkimet.....	35
7.4.1	TG1	35
7.4.2	TG2	36
7.4.3	TG3	36
7.4.4	TG4	36
7.4.5	Johtopäätös.....	36
7.5	Pääöljypumput	36
7.5.1	TG1	36
7.5.2	TG2	36
7.5.3	TG3	37
7.5.4	TG4	37
7.5.5	Johtopäätös.....	37
7.6	Nostoöljypumput.....	37
7.6.1	SC41 TG1	37
7.6.2	SC81 TG2	37
7.6.3	SC41 TG3	38
7.6.4	SC81 TG4	38
7.6.5	Johtopäätös.....	38
7.7	Paaksi	39
7.7.1	TG1	39
7.7.2	TG2	39
7.7.3	TG3	39
7.7.4	TG4	39
7.7.5	Johtopäätös.....	39
8	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	42
	LÄHTEET.....	43

LIITTEET	Liite 1. Ydinvoimalaitoksen primääripiirin kaavio
	Liite 2. Ydinvoimalaitoksen sekundääripiirin kaavio
	Liite 3. SA-höyryturbiinin kaavio
	Liite 4. Akselilinjan laitteiden huoltovälilyksöt
	Liite 5. SA 10-höyryturbiinin korkeapaineosa
	Liite 6. SA 20- ja SA 30-höyryturbiinin matalapaineosat
	Liite 7. Esimerkkitapaus laakeri 7:n huoltohistoriasta.

1 JOHDANTO

Huoltoseisokkeja ja polttoaineen vaihtoa lukuun ottamatta voimalaitoksia pyritään käyttämään koko ajan täydellä teholla. Vaikka pääomakustannukset ovat suuret, tuotettu sähkö on halpaa, mikä johtuu edullisesta polttoaineen hinnasta. Siksi tuotantokäytön kustannukset ovat korkeat ja käyttökertoimet pyritään saamaan mahdollisimman korkeiksi.

Kunnossapidon parantamisella pyritään saavuttamaan optimaalinen kustannusten ja luotettavuuden suhde. Tämän työn tavoite on selvittää, onko Loviisan voimalaitoksen turbiinien akselilinjan laitteita huollettu liikaa vai toisaalta liian vähän. Kunnossa olevaa laitetta avattaessa tapahtuu asennusvirheitä, kustannukset lisääntyvät ja laite kuluu. Suuri osa laitteiden toimintavioista on juuri kunnossapidon aiheuttamia.

Työssä käsitellään turbiinin akselilinjan laakerit sekä säätöjärjestelmää. Huoltohistoriatiedot on kerätty voimalaitoksen Lomax-tietokannasta. Tiedot on analysoitu, huoltojakson ulkopuoliset huollot on eroteltu ja ehdotettu uusia huoltojaksoja.

Työssä käytetään käsitteitä kunnossapitostrategia, huoltojakso ja huoltohistoria. Kunnossapitostrategia on suunnitelma laitteiden kunnossapidosta. Huoltojakso on ennalta määrätty ajanjakso huoltojen välissä. Huoltohistoria sisältää palautetiedot laitteille tehdyistä huolloista, huoltojen ajankohdat sekä tehdyt toimenpiteet.

2 FORTUM OYJ JA LOVIISAN VOIMALAITOS

2.1 Fortumin konserni

Fortum Oy kuuluu pohjoismaiden johtaviin energiayhtiöihin. Toimintaa on 12 eri maassa, pääpainona Pohjoismaat, Venäjä ja Itämeren alue. Konserni työllistää noin 15 500 työntekijää. Yhtiön palveluihin kuuluvat muun muassa sähkön- ja lämmöntuotanto, sähkön siirto ja myynti, käyttö- ja kunnossapitopalvelut. /1/

Fortum Oy on pohjoismaiden toiseksi suurin sähköntuottaja 1,3 miljoonalla sähköasiakkaalla sekä 1,6 miljoonalla sähkönjakeluasiakkaalla. Lisäksi yhtiö toimittaa kaukolämpöä 7 maassa 80 kaupunkiin. Fortum on valtioenemmistöinen pörssiyhtiö, joka on perustettu ja listattu Helsingin pörssissä 1998. Suomen valtio omistaa yhtiöstä 50,8 % ja osakkeenomistajia on yli 50 000. Yhtiön liikevaihto oli 5,6 miljardia euroa ja liikevoitto 1,9 miljardia euroa vuonna 2008. /1/

Yhtiö pitää kilpailuetunaan mukanaoloa kestävän kehityksen ohjelmassa. Keskeisimpiä tavoitteita ovat uusiutuvan energian käytön edistäminen, luonnonvarojen tehokas käyttö, paikallisten ympäristövaikutusten vähentäminen sekä kattava ympäristösertifiointi. /1/

2.2 Loviisan voimalaitos

Fortumin Loviisan voimalaitos on Suomen ensimmäinen ydinvoimalaitos. Se käsittää kaksi laitousyksikköä. Sopimus solmittiin vuonna 1969 neuvostoliittolaisyritys V/O Atomenergoexportin kanssa ja Imatran voima Oy rakennutti laitokset. Loviisa 1 aloitti sähköntuotannon helmikuussa 1977 ja Loviisa 2 marraskuussa 1980. Suomen kaikki neljä yksikköä ovat kevytvesireaktoreja, Loviisassa VVER-440 tyyppisiä painevesireaktoreja. /2/

Loviisan voimalaitos toteutettiin monikansallisena hankkeena, jossa sekä idän että lännen ydinalan osaaminen kohtasivat ensi kertaa. Laitoksen reaktori, turbiini, generaattori sekä muut pääkomponentit hankittiin Neuvostoliitosta. Turva-, valvonta- ja automaatiojärjestelmät edustivat länsimaista alkuperää. Reaktorirakennuksen kaasutiivis teräksinen suojaukuori ja jäälahduttimet valmistettiin Westinghousen lisenssillä. /3/

Tunnusomaisia piirteitä painevesilaitoksessa (PWR - Pressurized Water Reactor) ovat kaksi erillistä kiertopiiriä. Primääripiiri (liite 1) käsittää reaktorin ja höyrystimet ja siinä vesi kiertää reaktorisydämen läpi sekä sekundääripiiriin (liite 2), jossa tuotettava höyry ohjataan turbiinille. Turbiinilta höyry ohjataan lauhduttimeen, jossa kylmä merivesipiiri tiivistää höyryn takaisin vedeksi. /3/

Kiehumisvesireaktoriin (BWR - Boiling Water Reactor, Olkiluoto 1 ja 2) verrattaessa painevesireaktorissa on korkeammat paineet, noin 120 – 160 bar. Paineistetun, 300 – 330-asteisen veden mukana energia siirtyy reaktorista höyrystimiin, joissa lämpöenergia siirtyy sekundääripiiriin veteen höyrystäen sen 260 – 295-asteiseksi, 45 – 71 barin paineeseen. Kehittynyt höyry ohjataan turbiiniin. Primääripiiriin jäähtynyt vesi ohjataan takaisin reaktoripaineastiaan pääkiertopumpulla. Sekundääripuolella turbiinin jälkeen lauhduttimessa tiivistynyt vesi siirretään syöttövesipumpuilla takaisin höyrystimeen ja lauhteen jäähdytyksessä lämmennyt merivesi johdetaan mereen. /3/

2.3 SA-höyryturbiini

Loviisan voimalaitoksella on yhtä reaktoria kohden kaksi neuvostoliittolaisvalmisteista K - 220 - 44 - 2 aksiaalilauhdutinturbiinia, akseliteholtaan 260 MW. Turbiinien tehtävä on muuntaa höyryyn sitoutunut lämpöenergia mekaaniseksi pyöriväksi energiaksi ja edelleen pyörittää akselilinjassa kiinni olevaa generaattoria. /4/

Aktioreaktioturbiinit, eli tasapaine- ja ylipaine yhdistelmä turbiinit koostuvat yksijuoksu-
sutteisesta korkeapaineturbiinista (liite 5) sekä kahdesta kaksijuoksu-
sutteisesta matalapaineturbiinista (liite 6). KP-sylinterissä on yksi säätövaihe ja viisi painevaihetta, molemmat MP-sylinterit ovat kaksivirtaisia ja niissä on viisi painevaihetta. Korkeapaineturbiiniosasta katsottuna myötöpäivään pyörivän turbiinin akseliin on suoraan kytketty nimellisteholtaan 260 MW:n generaattori. Turbiini-generaattorin pyörimisnopeus on 3000 r/min. /4/ (liite 3)

Kylläinen höyry kulkeutuu höyrystimistä 44 barin paineessa turbiinin pikasulkuventtiileille, joista höyry ohjataan 41,3 barin paineella neljän säätöventtiilin läpi KP-turbiinin suutinvyöhykkeelle, joka koostuu Laval-tyyppisestä johtosiivistöstä sekä Curtispyörästä. Säätökammioista höyry kulkeutuu viiden painevyöhykkeen läpi. Vyöhykkeet muodostuvat turbiinin kuoresta olevasta johtosiivistöstä ja akselilla olevasta juoksu-

siivistöstä. Muiden, paitsi neljännen painejakson jälkeen on väliotto esilämmitinjärjestelmiin. Johtosiivistöjen tiiveys akseliin ja juoksusiivistöjen tiiveys kuoreen nähden on toteutettu labyrinttitiivistyksenä jotta minimoitaisiin siivistöjen ohi tapahtuvat vuotohäviöt. Turbiinin siivistön suojaamiseksi eroosiovaikutuksilta on höyrystä erotettu pisaroitunut vesi. Jokaisen johto- ja juoksusiivistön jälkeen osa pisaroituneesta vedestä ohjautuu keskipakovoiman vaikutuksesta ulkokehälle, josta vesi ohjautuu vyöhykekohtaisen väliottohöyryn joukkoon ja edelleen esilämmittimeen. /4/

KP-turbiinin jälkeen 3,1 barin paineessa ja 134 asteisena höyry johdetaan vedenerottimien kautta kahteen välitulistimeen ja pieni osa suoraan esilämmittimeen. Tulistuksen jälkeen höyry ohjataan 2,8 barin paineessa rinnan kytkettyihin matalapaineturbiineihin. Tulistettu höyry menee akselin rengaskammioista ohjauslaitteen kautta molempiin MP-sylinterin virtoihin, viiden painevyöhykkeen läpi. Kolmansissa vyöhykkeissä paisunut höyry muuttuu tulistetusta kosteaksi. Kosteuden poistamiseksi on kolmansien vyöhykkeiden johtosiivistöjen jälkeisistä tiloista yhteys kahdeksansiin väliottoihin, joista höyry johdetaan esilämmittimiin. Neljänsissä vyöhykkeissä ja viidensissä johtosiivistöissä erottunut vesi ohjataan kanavia pitkin suoraan lauhduttimeen ohi viimeisen juoksusiivistön. Turbiineista poistuva höyry ohjautuu poistokammioiden kautta lauhdutinpuoliskoihin noin 0,025 barin paineessa, 21 asteisena ja kosteus on n. 8,6 %. /4/

Turbiini on varustettu MP-sylinterin poistoyhteiden kastelulaitteella, jotta sen liika kuumeneminen estettäisiin tyhjäkäynnillä tai ajettaessa hyvin pienellä teholla, alle 20 - 30 MW /4/.

Turbiinin säätöjärjestelmä koostuu kahdesta säätimestä, sähköhydraulisesta ja hydraulisesta, jotka toimivat toisistaan riippumatta. Tehoa ja säätöventtiileitä ohjataan säätö- ja suojausöljyjärjestelmällä. Pääservoon on kytketty vipuvälityslaitteet, jotka ohjaavat turbiinin neljän säätöventtiilin nokka-akseleita. Venttiilien läpi virtaavan höyryn kuristushäviöiden minimoimiseksi säätöventtiilit aukeavat sarjassa; nokkien muotoilun ansiosta servon alkaessa nousta ala-asennosta avautuvat ensin pienemmät säätöventtiilit pareittain, sitten suuremmat. Akselin kannatuksesta vastaavat öljyvoidellut valko-metalliliukulaakerit, 6 kappaletta turbiinipuolella ja 3 generaattorilla. /4/

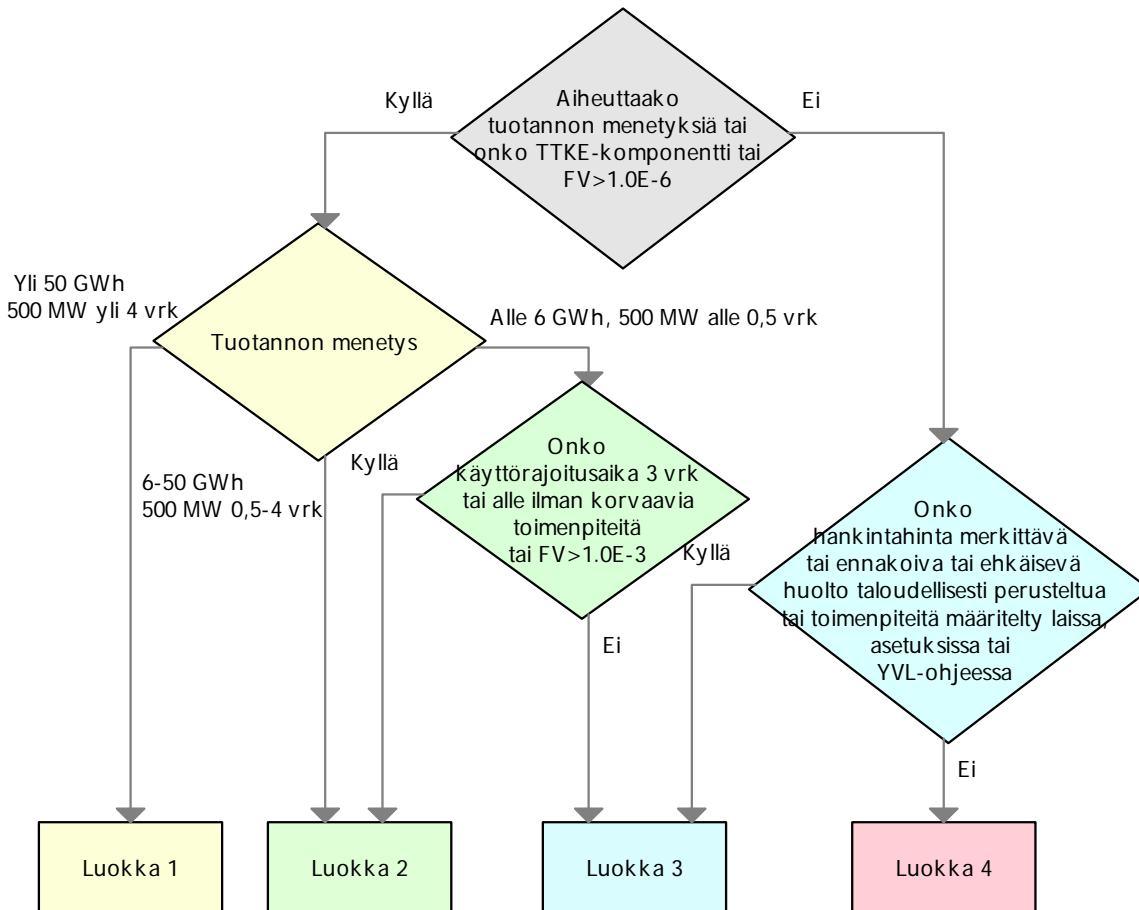
KP- ja MP-turbiinien akselien ja kuorien tiiveys sekä höyryn ulospäin ja ilman sisäänvirtaus on estetty tiivistehöyryjärjestelmällä /4/.

3 KUNNOSSAPITO

3.1 Laiteluokittelu

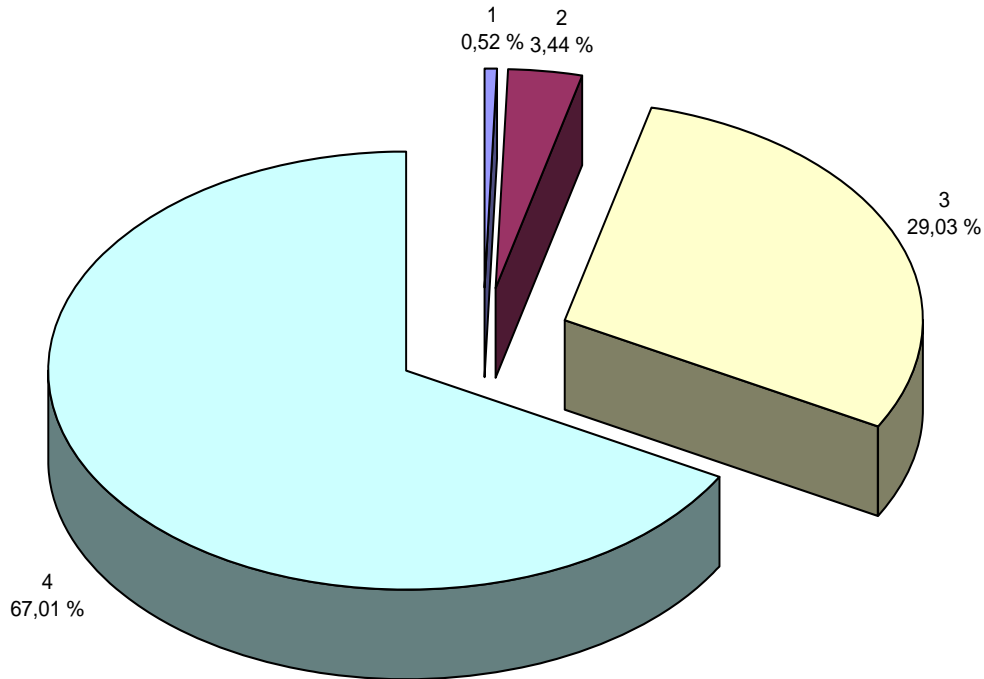
Laitoksen kaikki laitteet on luokiteltu kunnossapitoluokkiin 1-4. Luokituksella määritellään laitteelle oikea kunnossapitostrategia /5/

- Luokka1: Kriittiset laitteet, joiden vikaantuminen johtaa huomattaviin tuotannollisiin menetyksiin. (Välitön alasajo tai tuotannon rajoitus merkittäväksi ajaksi) Yhtään toiminnallista vikaa ei sallita käyttöjakson aikana.
- Luokka 2: Tärkeät laitteet, joiden vikaantuminen aiheuttaa ongelmia laitoksen tuotettavuudelle ja käytettävyydelle. Yhtään toiminnallista vikaa ei sallita vuotuisen kulutushuipun aikana, jouluhelmikuussa. Muina aikoina sallitaan rajoitettu epäkäytettävyys, kuitenkin 98 %:n käytettävyys tulee olla.
- Luokka 3: Merkittävien laitteiden vikaantuminen, joista aiheutuu vähäinen tuotannon menetys. Käytettävyyden tulee olla vähintään 97,5 %.
- Luokka 4: Laitteilla ei ole käytettävyysvaatimuksia. Ei ole taloudellisesti kannattavaa suorittaa ennakoivaa tai ehkäisevää kunnossapitoa.



Kuva 1. Loviisan voimalaitoksen laiteluokittelu /5/

Laiteluokittelu tehdään laitteiden turvallisuus- ja käytettävyyksvaatimusten sekä investointikustannusten perusteella. Vikaantumisessa laitteet luokitellaan pahimman vauriotapahtuman mukaisesti, eli laite rikkoutuu kokonaan ja on pois käytöstä. Huomioituja seikkoja ovat laitteen korjaukseen tai uusintaan menevä aika ja siitä aiheutuva tuotannonmenetys. Laiteluokkia voidaan muuttaa käyttö - ja kunnossapitokokemusten perusteella. /5/



Kuva 2. Laitteiden prosentuaalinen osuus laiteluokissa 1-4 /5/

3.2 Kunnossapidon strategia

Laitoksen kunnossapito-ohjelma perustuu kolmeen kunnossapidon osa-alueeseen, ennakoiwaan, ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon. Näistä osioista saatujen palautetietojen analysoinnilla siirrytään neljänteen osaan eli parantavaan kunnossapitoon, jonka avulla pyritään kehittämään kunnossapito-ohjelmaa. (kuva 3). /5/

Kaksi kolmasosaa voimalaitoksen laitteista (kuva 2) kuuluu korjaavaan kunnossapitoon, jolloin laitteen kunnonvalvonta perustuu aistiensavaraiseen havainnointiin. Laite ajetaan rikki, vaihdetaan osat tai vaihdetaan uusi laite tilalle. Jäljelle jäävästä osuudesta kaksi kolmasosaa on ehkäisevää eli määräaikaista kunnossapitoa, jossa huollot toteutetaan jaksotusten mukaisesti, oli laite vikaantunut tai ei. Näin pyritään pienentämään vaurioriskin todennäköisyyttä tai toimintakunnon heikkenemistä. /5/

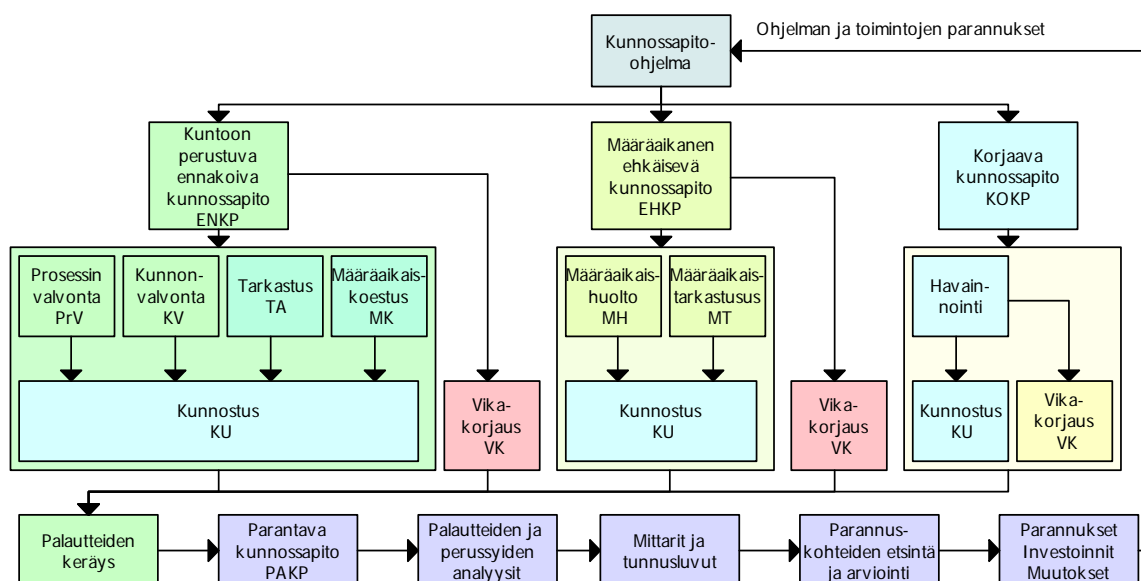
Kunnossapitotehtävien valinta perustuu laitetyyppiin, laiteluokkaan, laitteen käyttötapaan sekä käyttöolosuhteisiin. Kunnossapitotehtäviä voidaan myös muuttaa kunnossapito ja käyttökokemusten perusteella. /5/

3.2.1 Ennakoiva kunnossapito

Ennakoiva eli kuntoon perustuva kunnossapito perustuu laitteen kuntoon tai suorituskykyyn viittaavien tunnuslukujen analysointiin, arviointiin, oikea-aikaisiin päätöksentekoihin ja niistä seuraaviin toimenpiteisiin. Tavoitteena on käyttö ja kunnossapitokustannusten vähennys pidentäen samalla laitteen käyttöikä. /5/

Ennakoivan kunnossapidon ohjelma ja kunnonvalvonnan menetelmät suunnitellaan jo laitteen tai laitoksen suunnitteluvaiheessa. Samalla päätetään kunnossapitostrategian suuntauksesta. Kerätään tiedot toiminnassa olevasta laitteesta, myös laitteeseen liittyvä historia, koestustulokset ja käyttökokemukset. Kolmas vaihe on tietojen yhdistäminen ja analysointi, muunto ymmärrettäväksi informaatioksi, ja sitä seuraa päätöksenteko mahdollisista toimenpiteistä. Viimeinen vaihe on toimenpiteet, jolloin laitetta huolletaan tai parannellaan suunnitellusti. Työn jälkeen tarkastetaan vielä työn laatu ja kerätään tiedot laitteen korjaajilta. Tiedot kirjataan laitteen historiaan, ja niitä voidaan hyödyntää jatkossa. Tällä kaikella pyritään selvittämään, miten laitteesta voisi tehdä vielä luotettavamman ja kestävämmän. /6 s.13-14/

Voimalaitoksella ennakoiva kunnossapito koostuu prosessien valvonnasta, kunnonvalvonnasta ja -mittauksista, määräaikaistarkastuksista ja käytön määräaikaiskoestuksista. Ennakoivalla kunnossapidolla pyritään vähentämään ehkäisevän kunnossapidon osuutta. (Kuva 3)



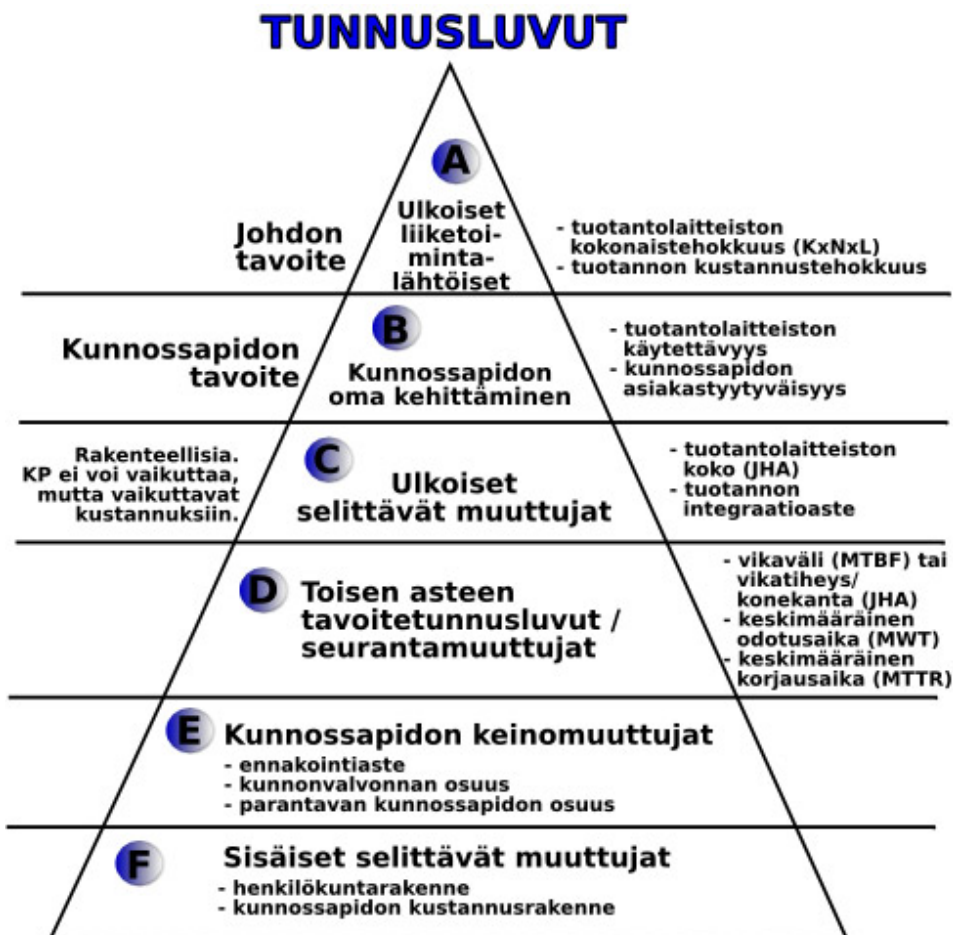
Kuva 3. Kunnossapidon strategiat /5/

3.3 Tunnusluvut

Asetettujen tavoitteiden toteutumista ja toiminnan tehokkuutta tulee seurata. Tunnusluvut (kuva 4) ovat yrityksen kerätystä tiedosta laskettuja indikaattoreita siitä, kuinka hyvin asetetut suoritustavoitteet on saavutettu. Ne ovat tärkeä osa yrityksen tavoitteiden sekä henkilöiden avaintulostavoitteiden määrittelyä. /7 s. 24-26, 31/

Toiminnan mittauksella on päätöksenteon ohella myös muita oleellisia tehtäviä:

- korostaa mitattavan asian arvoa
- ohjata tekemään oikeita asioita
- selkiinnyttää tavoitteita
- motivoida kunnossapidon tekijöitä
- synnyttää tervettä kilpailuhenkeä. /7 s. 24-26, 31/



Kuva 4. Kunnossapidon tunnusluvut /8/

Tunnusluvut eivät yksistään anna riittävää kokonaiskuvaa kunnossapidon toiminnallisesta tehokkuudesta tai kustannustehokkuudesta. Tarvitaan useamman tunnusluvun samanaikaista tutkimista, yrityksen liiketoiminnan, sidotun pääoman, tuotannon sekä kunnossapidon sisäisen toimintakyvyn tarkastelua. /8/

Tunnusluku ja sen arvo eivät sinänsä ole tavoitteita, vaan se tilanne ja tehokkuusaste, jota kuvaa. Järjestelmää tulee jatkuvasti kehittää, jotta luvut muuttuisivat myös toiminnan muuttuessa ja jotta niihin voidaan toteuttaa käytössä havaitut parantavat ajatukset. /8/

Tunnuslukujen lähtöarvoja ovat budjettitiedot, kustannuslaskennan tiedot, työmääräinjärjestelmä sekä vikatilastointi, yhdistettynä vikojen vaikutusten tilastointi. Lukuja käytettäessä tulee määritellä yrityksen käytäntöihin liittyvät käsitteet: kunnossapito-kustannusten sisältö, kunnossapitotunti, kunnossapitohenkilö, ylityötunti, ulkopuolinen työ, kiertonopeus häiriötaajuus ja töiden suunnitteluaste (kuva 4). /8/

Kunnossapidon kokonaisvaltaisen tunnuslukujärjestelmän mallissa on tunnusluvut jaettu avainalueisiin hierarkkisesti:

- **kunnossapidon ulkoiset tavoitemuuttujat** ovat liiketoiminnallisia, seuraavat yrityksen johdon tavoitteita sekä strategiaa
- **sisäiset tavoitemuuttujat** mittaavat kunnossapidon tehokkuutta, taloudellisuutta sekä tuottavuutta
- **ulkoiset selittävät muuttujat** auttavat tulkitsemaan muita tunnuslukuja ja arvioimaan niitä, ns. olosuhdetekijöitä
- **seurantamuuttujat** saattavat antaa informaatiota parannuskohteista, joita voidaan asettaa kehittämistavoitteiksi
- **keinomuuttujat** ovat välineitä tavoitteiden saavuttamiseksi, seurannan tuloksena voidaan analysoida toimintaa ja kohdistaa toimia kunnossapitoa vaativille kohteille
- **sisäiset selittävät muuttujat** antavat informaatiota kunnossapidon kustannusrakenteesta, organisaatorakenteesta ja töiden kohdistumisesta

Loviisan voimalaitoksen suorituskyvyn mittaaminen on tärkeää tiukkojen turvallisuus ja tehokkuusvaatimusten valossa. Tunnusluvuilla pystytään tunnistamaan ongelmakohtat sekä kohdistamaan toimenpiteet oikein. Käyttöään hallinnalla pyritään saamaan

valmiudet 50 vuoden käyttöikäen molemmilla laitostyksiköillä nykyisellä tehotasolla. /7 s. 24-26, 31/

Tunnuslukujärjestelmän tarkoitus on antaa tietoa suorituskyvystä laitoksen johdolle, helpottaa päätöksentekoa ja ohjata toimintaa. Yhtiön strategia yhdistettynä laitoksella tehtyyn SWOT-analyysiin pystytään määrittelemään kriittiset menestystekijät: Kustannustehokkuus, korkea käytettävyys, osaamisen varmistaminen, aktiivinen viestintä sekä omaisuuden arvon ylläpito. /7 s. 24-26, 31/

3.4 Ekonomiakeskeinen kunnossapito

Kunnossapidon vaatimuksena on, että kunnossapidon toimenpiteet tulevat maksamaan vähemmän kuin laitteiden uusiminen kokonaan. Periaatteessa kunnossapito ei ole kustannus vaan se tuottaa. /9/

Kunnossapito on muuttunut ajan kuluessa reaktiivisesta proaktiiviseksi. Reaktiivisella tarkoitetaan vian korjaamista. Proaktiivisella tarkoitetaan vioittumisen ennakoimista arvioimalla järjestelmän vioittumistavat. /9/

Järkevän kunnossapidon tarkoituksena on varmistaa prosessin luotettavuus, eli ehkäistä suunnittele mattomat ja kalliit seisokit. Kunnossapitoa varten laitevalmistajat neuvovat miten ylläpitää laitteet toimintakunnossa. Nykyaikaisilla mittausmenetelmillä voidaan tarkasti mitata prosessia ja laitteita. Mittausten perusteella voidaan laitteiden vioittuminen ennustaa tarkasti. /9/

Optimaaliseen prosessiluotettavuuteen johtava kunnossapito on järkevää. Minimi prosessiluotettavuus johtaa kalliisiin seisokkeihin ja maksimiprosessiluotettavuudessa kunnossapito maksaa enemmän kuin hyöty seisokin välttämisestä. Tästä johtuu, että molemmat ovat yhtä kalliita. /9/

Optimaalinen luotettavuus saavutetaan kunnossapitotoimenpiteillä, jotka tuovat parhaan taloudellisen hyödyn. Kunnossapidon kokonaishinnasta tulee kalliimpi jos kunnossapitoon käytetään tätä enemmän tai vähemmän rahaa. Kyseistä analysointimenetelmää kutsutaan ekonomiakeskeiseksi, ja sitä ohjaavat taloudelliset näkökannat. Kunnossapitokustannukset verrattuna tuotantoon kertovat, kuinka hyvin kunnossapito toimii. /9/

Ekonomiakeskeistä kunnossapitoanalyysiä varten kerätään kaikki tarvittava tieto, jotta voidaan laskea niin suunniteltujen kuin suunnittelemattomien seisokkien tuotanto-, henkilöstö- ja materiaalikustannukset. Tähän käytetään sekä ehkäiseviä että ennustavia kunnossapitotoimenpiteitä. /9/

Laitteiden rikkoutumistavat ja rikkoutumisten seuraukset voidaan analysoida, kun järjestelmän vioittumiseen ja kunnossapitotoimiin liittyvät kustannukset on saatu kerättyä. Kunnossapitoon liittyviä tietoja käyttäen rakennetaan matemaattinen malli, jota käytetään optimiluotettavuuden laskentaan. /9/

Luotettavuuskeskeisen (RCM) ja ekonomiakeskeisen kunnossapidon suurin ero on, että kaikki tarjolla olevat kunnossapitostrategiat (CBM – Condition Based Maintenance, FTM – Fault Tolerant management, OTF – Operate To Failure) käydään läpi analysoiden ja laskien, ennen kuin päätetään, mikä niistä on taloudellisin ja kannattavin. /9/

4 AKSELILINJAN LAITTEET

4.1 Laakerit

Laakerit kuuluvat laiteluokkaan 2. Turbiini-generaattorin pyörivä akseli muodostuu kytkimillä yhdistetyistä korkeapaineosan, kahden matalapaineosan sekä generaattorin akselista. Akselit tukeutuvat yhdeksään radiaalilaakeriin (kuva 5). Kaikki tukilaakerit ovat rakenteeltaan yhtäläisiä, niissä on pallomaiset tuet ja ne ovat itsekeskittyviä, eroavat toisistaan ainoastaan halkaisijan perusteella. Halkaisijat vaihtelevat 300:n ja 480mm:n välillä. /10/

Yksittäinen laakeri koostuu kahdesta teräksisestä laakerirunkopuolikkaasta, joiden sisäpinta on pinnoitettu valkometallilla. Laakerin alempi puolikas tukeutuu alla olevaan kannatusrunkoon lukittuun säätörenkaaseen, yläpuolikkaan ympäri oleva kiinnitysrenkas on pultein yhdistetty alapuolen säätörenkaaseen. Renkaat estävät laakeripuolikkaita pyörimästä akselin mukana, mutta toisaalta sallivat liikkeen akselin taipuman mukaan. Tämä on mahdollistettu tekemällä laakerikuorien ulkokehät pallopintaisiksi ja säätörenkaiden vastinpinnat koveriksi. Turbiinien roottorien radiaalivoimien vastaanottamiseksi tulee laakerikonstruktion olla akselin taipuman mukaan liikkuva ja leveä.

Näin laakerin pintapaine jää pienemmäksi, mikä lisää laakerin käyttöikää ja luotettavaa toimintaa. /11/

Akselilinjan ainoan aksiaalilaakerin puolikkaiden molemmilla sivuilla on rengaskehät, joihin on kiinnitetty 4 valkometallista segmenttipalaa eli painetyynyä. Turbiinin käynnistysvaiheessa aksiaalivoimat kohdistuvat turbiinin etupäähän, jolloin toimivat generaattorin puoleiset tyynyt. Tehon noustessa aksiaalivoimat muuttuvat generaattorin suuntaan, jolloin säätöpään puoleiset tyynyt toimivat. Kuormitettujen painetyynyjen lämpötila muuttuu tehon muuttuessa, täydellä teholla lämpötila on 70 - 80 astetta. /11/

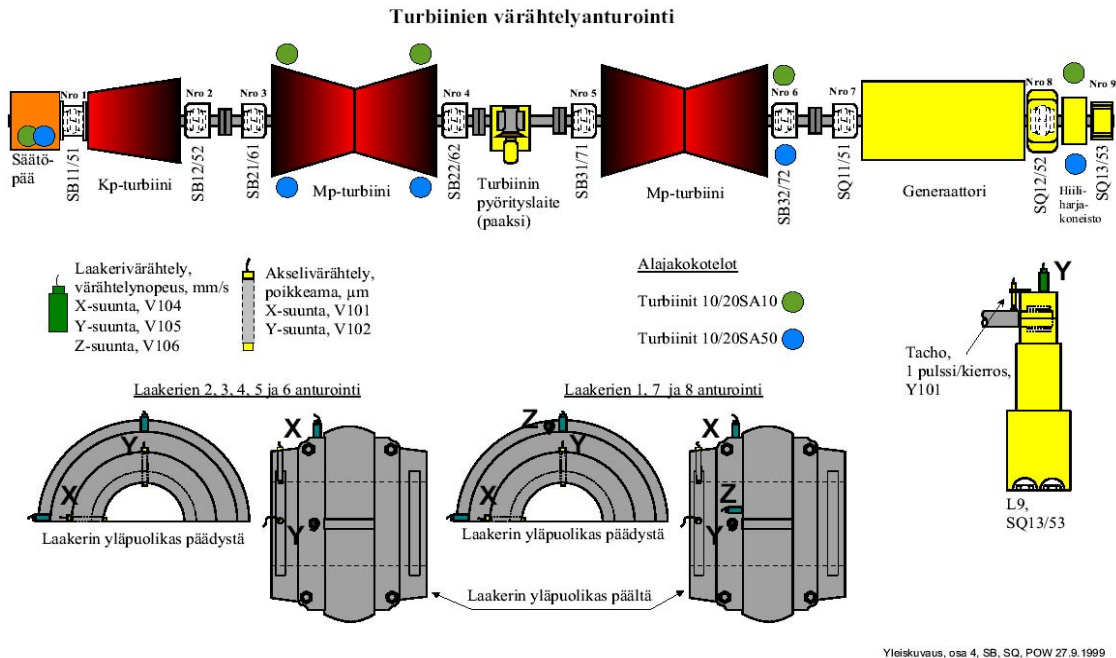
Akseliin kohdistuvien huomattavien voimien yhteydessä, joita voi aiheutua esimerkiksi veden pääsystä turbiinin läpivirtausosaan, tai jonkin vieraan esineen tukkimisesta liikkuvien ja liikkumattomien osien aksiaalivälyksen, voi aiheuttaa tukilistojen valkometallikerroksen sulamisen. Tällöin roottori siirtyy ja tukkii liikkuvien (juoksupyörät) ja liikkumattomien (johtosiipien väliseinät) osien välykset, jolloin seuraukset voivat olla vakavat. Turbiinien käynnistyksessä sylintereitä pienempimassaiset roottorit pitenevät lämpötilaeron seurauksena enemmän sylinterien runkoon nähden. Seurauksena roottori liikkuu generaattorin suuntaan runkoon nähden. Käynnistyksessä turbiinin lämpenemistä voidaan nopeuttaa tai hidastaa kierroksia ja tehoa lisäämällä. Vastaavasti tehon pudotessa roottorit jäähtyvät nopeammin jolloin tapahtuu niiden suhteellista lyhenemistä. Etummaisen laakerin tuen summittainen liikkuma on noin 11mm, laakerien 2, 3, 4, 5 ja 6 rungot liikkuvat noin 3 mm kiinnityskohdastaan. /11/

Laakerikohtainen öljynsyöttö tulee voiteluöljyjärjestelmän jakotukista hydrostaattisella 1,72 barin paineella. Öljy viedään porauksien kautta laakerin kiinnitysrenkaan sisäpinnan ympyräuraan. Urasta öljy ohjautuu laakerikuorien jakotasojen urien sekä yläpuolikkaan öljyn syöttöreiän kautta valkometallin ja akselin väliin. Syötön kohdalla pyörivä akseli pakottaa öljyn tasaiseksi kalvoksi laakeripinnoille valkometallin muotoilun ansiosta. /11/

Laakerien kunnan ja voitelun toimivuuden seuraamiseksi on asennettu lämpötilanturit radiaalilaakereille (kuva 5). Anturit on sijoitettu valkometallin sisään alempien laakeripuolikkaiden reunoille. Normaali käyntilämpötila 65 astetta saavutetaan, kun turbiinin teho on > 100 MW. Lämpötilan seurannan lisäksi käytetään kiinteätä värähtelymittausjärjestelmää. Määräaikaiset mittaukset suoritetaan kannettavalla CSI 2130 -

analysaattorilla, josta tiedot siirretään tietokoneelle tallennettavaksi ja analysoitavaksi. Ohjearvostandardin mukainen värähtelyn normaali yläraja on 2,8 mm/s. /9/ /11/

4(4)



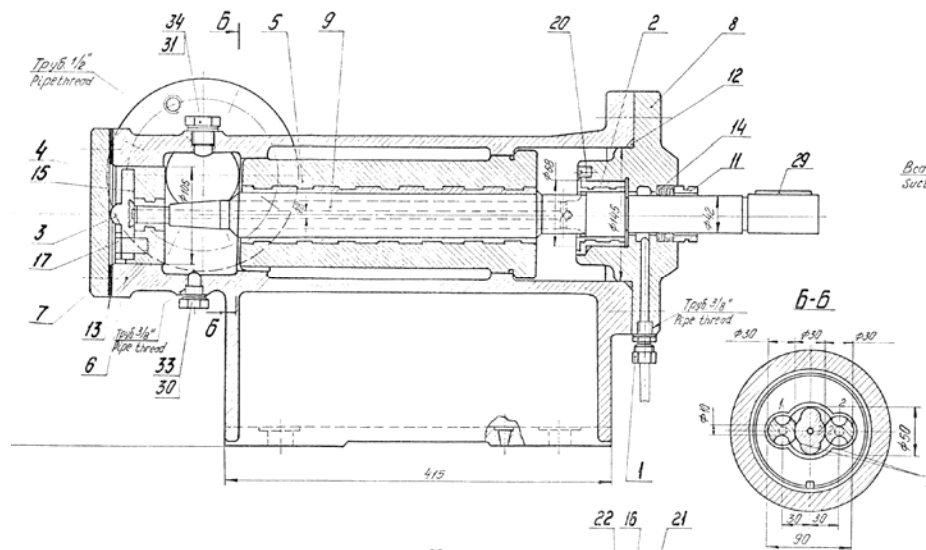
Kuva 5. Akselilinjan laakerointi ja anturointi /9/

4.2 Nostoöljypumppu

Nostoöljypumput kuuluvat laiteluokkaan 3. Turbiinia käynnistettäessä, pysäytettäessä tai paaksattaessa laakerien oma voitelujärjestelmä ei kykene muodostamaan riittävää öljykalvoa laakerin ja akselin väliin. Tätä varten on nostoöljyjärjestelmä, jonka pumpu (kuva 6) kehittää 60 barin paineen laakerikohtaisille säätöventtiileille. Laakereille menevä öljy nostaa akselia 0,01-0,04 mm ja muodostaa laakeripinnalle öljykalvon. /12/

Järjestelmä käynnistyy, kun turbiinin pyörimisnopeus on <300 r/min ja kytkeytyy pois, kun pyörimisnopeus on >300 r/min. Järjestelmässä on kaksi ruuvipumppua, jotka imevät pääöljysäiliöstä öljyn ja pumppaavat sen noin 60 barin paineella nostoöljytukkiin. Laakereilla on omat syöttölinjat, joissa on takaisku- ja käsiasäätöventtiilit, joilla laakerikohtainen öljynvirtaus säädetään. Paineenalainen öljy nostaa turbiinin akselia ja samalla voitelee laakeripintoja. Jos nostoöljyn paine laskee <40 bar, käynnistyy vara-

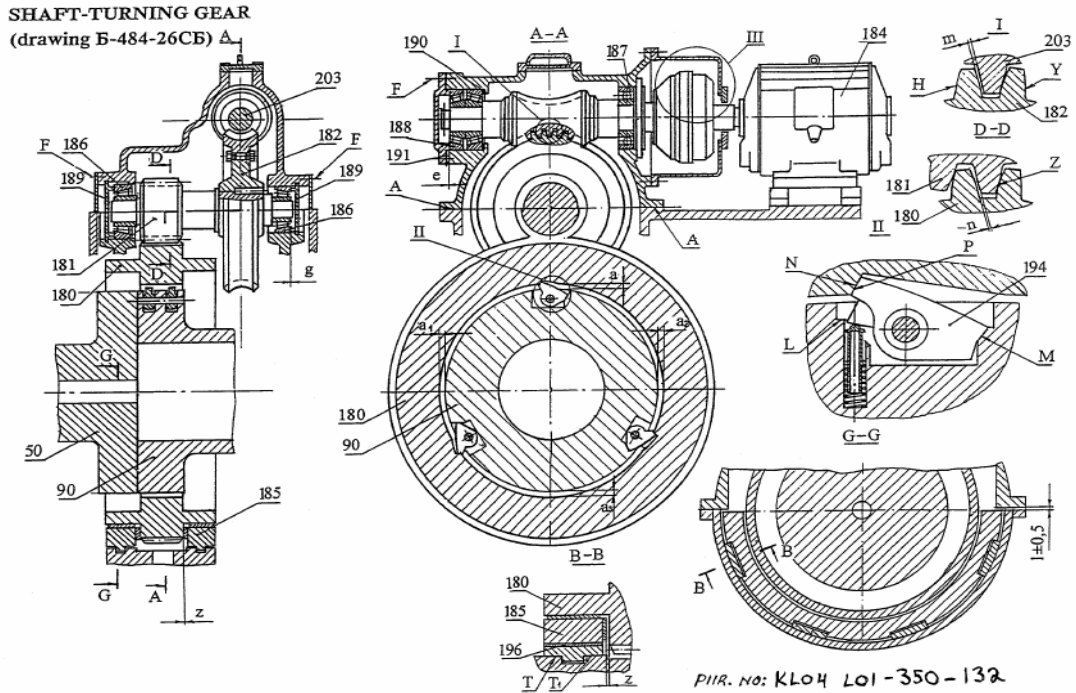
pumppu automaattisesti. Öljy valuu laakerirungon öljyaukalosta voiteluöljyn paluutukkiin ja sieltä takaisin pääöljysäiliöön. /12/



Kuva 6. Nostoöljypumppu /12/

4.3 Akselin pyörityslaite (paaksi)

Pyörityslaite kuuluu laiteluokkaan 3. Turbiinin akselia tulee pysäytyksen jälkeen pyörittää, jotta vältetään akselin epätasaiselta jäähtymiseltä ja siitä johtuvasta vääntymisestä. Paaksi (kuva 7) pyörittää akselia 4 r/min ja sitä pidetään käynnissä, kunnes KP-turbiinin lämpötila on <100 astetta. Paaksauslaite on kaksivaiheinen alennusvaihe, joka on kiinnitetty taajuussäädettävän sähkömoottorin akselille. Vääntömomentti välitetty akseli-hammasrattaan kautta pyörä-hammasrattaalle. Rattaan sisäosorvauskohdassa on kolme kuoppaa, joihin tukeutuu jousien voimalla nokat, jotka sijaitsevat akseleilla 1. MP-sylinterin puolimuhvin urissa. Laite saa voitelunsa laakereille tulevasta öljytukista. Laitteen käyttö edellyttää, että nostoöljy- ja voiteluöljyjärjestelmät ovat käytössä. /13/

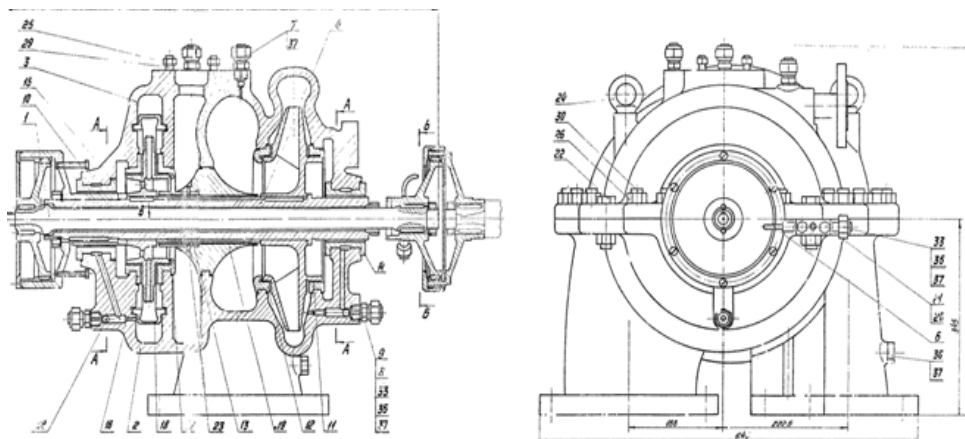


Kuva 7. Turbiinin akselin pyörityslaite (paaksi) /13/

4.4 Pääöljypumppu

Pääöljypumppu kuuluu laiteluokkaan 2. Turbiinin akselilla oleva säätö-öljypumppu (kuva 8) huolehtii öljyn syötöstä turbiinin ollessa tehokäytöllä. Käynnistyspumppulle ja säädön pääpumppulle öljy tulee painesäiliöstä erillisiä putkiyhteitä pitkin. Käynnistystilanteissa ja turbiinin pysäytyksen aikana on käynnissä käynnistysöljypumppu, joka huolehtii öljyn syötöstä ohjaukelimiin 16 barin paineella. Säädön pääöljypumppu kehittää painepuolella yli 17 barin öljynpaineen roottoreiden kierrosluvun ylittäessä 2950 r/min. Tällä paineella takaiskuventtiili sulkee käynnistysöljypumpusta säätöjärjestelmään menevän öljynsyöttölinjan, ja näin öljy tulee tästä eteenpäin pääöljypumpusta. Kierrosluvun saavuttaessa yli 2905 r/min ja kun öljynpaine säätöjärjestelmässä ylittää 17 barin, käynnistysöljypumppu pysähtyy. /14/

Öljynpaineen pudotessa pääöljypumpun imupuolella alle 1,7 barin, joka aiheuttaa suojan laukeamisen, suoritetaan generaattorin erotus verkosta korkeapainesylinterin kaikkien sulkuventtiilien sulkeutumisen jälkeen ilman viivettä. Pääöljypumpun siirtokapasiteetti on 180 m³/t ja nostokorkeus 170 m. /14/



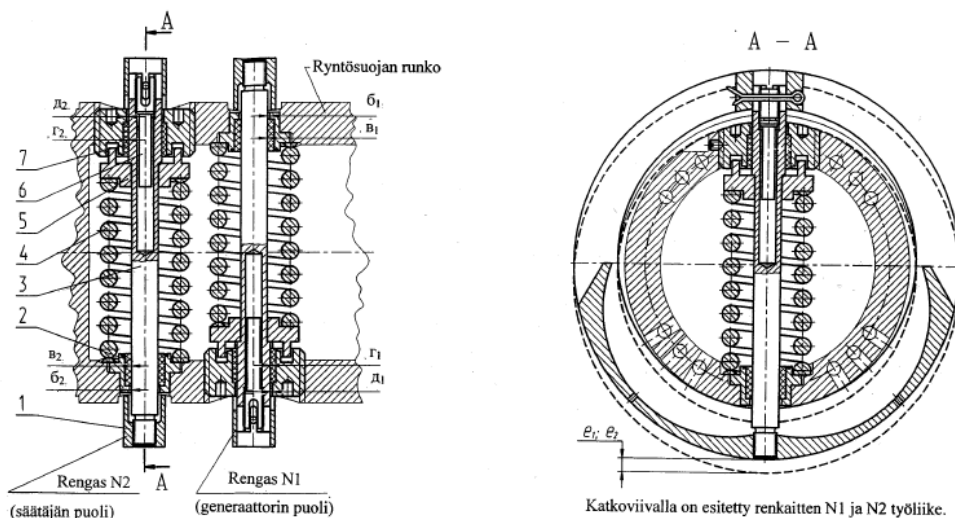
Kuva 8. Säädön pääöljypumppu /15/

4.5 Ryntösuoja

Ryntösuoja kuuluu laiteluokkaan 2. Kahden epäkeskorenkaan eli keskipakovoimalla toimivan ryntösuojan (kuva 9) tehtävänä on estää turbiinin ryntääminen eli pyörimisnopeuden nousu > 3360 r/min. Molempien renkaiden kohdalla on ryntösuojan luisti, joka on viritetty valmiusasentoon viritysoljyn avulla. Luistin laukaisuvipu estää yläpuolen vetojousia nostamasta luisteja pitäen ne paikallaan. /15/

Pyörimisnopeuden noustessa keskipakovoima siirtää epäkeskorengasta. Renkaan osuessa (3330 - 3360 r/min) luistia viritysasennossa pitävään laukaisuvipuun, ryntösuojaluisti muuttaa asentonsa suojaustilaan vetojousen avulla. Tällöin luisti päästää koestusvirityslaitteen kautta pikasulku- ja ohjauspaineen pois. Pitopaine väliohjausluistista purkautuu ohjausluistien kautta ryntösuojaluistista pois. Näin väliohjausluistit siirtyvät yläasentoon vetojousilla, pikasulku- ja RB-sulkuläppäventtiilit sulkeutuvat, samoin säätöventtiilit. Ryntösuojan toiminta on riippumaton sähköisistä signaaleista.

Järjestelmä koestetaan kerran kuukaudessa tehokäytöllä. Koestus suoritetaan molemmille renkaille rengas kerrallaan, jolloin ryntösuojarengas ja sen ryntösuojaluisti koestetaan ilman todellista pikasulkua. Koestuslaitteen ollessa koestusasennossa ohjaus- ja pikasulkupaineen purku estyy ja toimiöljy siirtää epäkeskorengasta, jolloin luisti muuttaa asentoaan. Laite ohjataan viritysasentoon, jolloin toimiöljy menee viritysoljyksi luistin yläpuolelle ja se virittyy. Koestuksen jälkeen laite palautetaan normaaliasentoon ja ryntösuojat jäävät toimintavalmiuteen. /15/



Kuva 9. Ryntö- eli ylikierrossuoja /15/

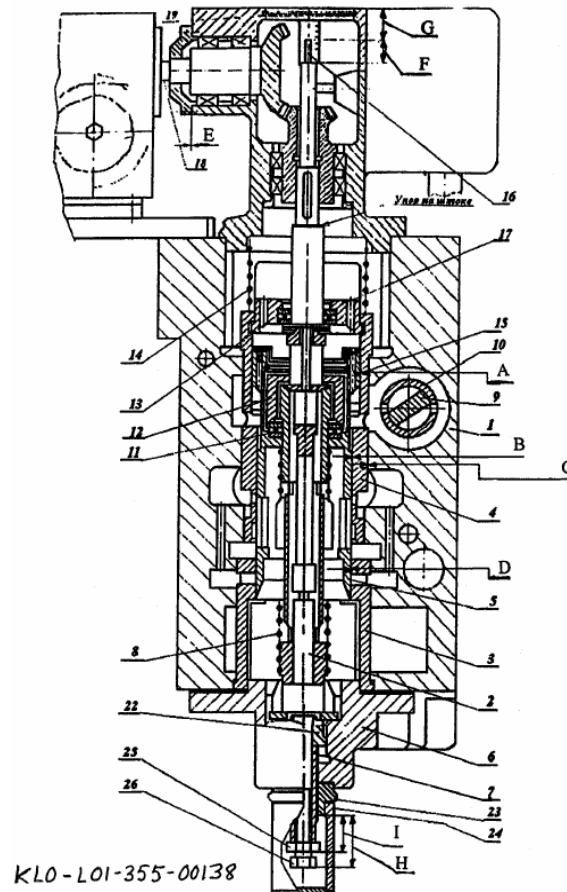
4.6 Kierroslukusäätäjä

Kierroslukusäätäjä kuuluu laiteluokkaan 2. Säätäjän tehtävä on pitää pyörimisnopeutta sallitun epätasaisuusasteen rajoissa automaattisesti. Säätäjä käynnistää turbiinin pitäen määrättyä kierroslukua yllä automaattisesti. Kierroslukusäätäjä synkronoi generaattorin, säätää turbogeneraattoriin tietyn tehon sen ollessa verkossa, tai muuttaa kierrosnopeuden sen ollessa irti verkosta. Säätäjä siirtää myös turbiinin tyhjäkäynnille sähkötehon pudotessa. /10/

PID-P tyyppinen kierroslukusäätäjä on kompensoitu PID-säädin, jonka säädetty tila on aina suhteessa poikkeamaan normaaliolosuhteissa. Tällöin kuorma voidaan jakaa tyydyttävästi usean koneiston kesken, kuten on mahdollista käytettäessä konventionaalista mekaanista ja hydraulista säädintä. Säätäjä lähettää venttiilin asennon arvon venttiiliasennon säätimelle, täten nopeudensäätöpiiri muodostaa suljetun säätöpiirin. /10/

Kierroslukusäädin on toimintavalmis, jolloin se ei suoranaisesti säädä turbiinia, jotta se pystyisi säätämään turbiinia poikkeuksellisissa tilanteissa, turbiinin kuorman pudotessa äkillisesti tai voimakkaiden taajuusvaihteluiden yhteydessä /10/.

Kierroslukusäätimen tärkeimpiä osia ovat liikkuva holkki, differentiaaliluisti jousineen ja kara. Differentiaaliluisti on herkkyden lisäämistä varten pyörivä. Liikkeen saavat aikaan tangentsuuttimet luistin yläosassa, joihin tulee impulssiöljy. Luisti on kahden vaikuttavan voiman alaisena tasapuolisesti: impulssiöljyn ja jousen. /10/



Kuva 10. Kierroslukusäätäjä /16/

4.7 Sähköhydraulinen muunnin

Sähköhydraulinen muunnin muuttaa sähköisen ohjaussignaalin hydrauliseksi liikekäs-
kyksi. Muuntimeen kuuluvat kestomagneetilla varustettu voimamoottori, kaksi diffe-
rentiaalimuuntajaa, ohjausventtiili ja luisti sekä työmäntä. /17/

Ohjausventtiiliin vaikuttavia voimia verrataan toisiinsa. Tasapainotilassa jousi tasapai-
nottaa voiman, jonka aiheuttavat ohjausventtiilin aktiivinen pinta-ala ja öljynpaine.
Paineen säätäminen riippuu toisioöljyn virtauksesta sekä luistin ja ohjausventtiilin vä-
lisen aukon koosta. Työmäntä liikuttaa vivun välityksellä servomäntien ohjausluisteja.
Servomännät aikaansaavat venttiilien toimilaitteiden toisioöljyn paineet ottamalla öl-
jyä paineöljypiiristä. /17/

Sähköhydraulisten muuntimien sekä hydraulisten nopeuden säätimien signaalit on si-
ten kytketty, että pienempi signaali ohjaa venttiilejä.

Jokaisessa sähköhydraulisessa muuntimessa on kaksi differentiaalimuuntajaa, jotka mittaavat työmännän asennon. Muuntimien lähtösignaalin alue on $-4...+4$ V, joka vastaa männän asentoa $0...50$ mm. Nämä asentosignaalit muutetaan signaaleiksi, joiden alue on $0V...10V$ tai $-0,4...+9,6$ V. Tämän järjestelyn avulla varmistetaan, että ensimmäinen säädin ohjaa venttiilejä, kun molemmat säätimet toimivat kunnolla. Kummankin sähköhydraulisen muuntimen kahta asentosignaalia verrataan ja, jos ero on yli 5 %, muodostetaan kaappihälytys "venttiilin ala-asentohäiriö". /17/

5 HUOLLOT, TARKASTUKSET JA KOESTUKSET

Turbiinin akselilinjan laitteiden määräaikaishuoltojen nykyinen jaksotus on esitetty liitteessä 4.

5.1 Laakereiden huolto/tarkastus

Laakereille suoritetaan määräaikaishuollot 4 vuoden välein. Tarkastuksiin sisältyy laakerin silmämääräinen tarkastus, jossa laakerimetalli tarkastetaan 100 %:n laajuudessa huokosten hankaumien, naarmujen sekä mekaanisten kolhujen suhteen. Ultraäänitarkastus suoritetaan laakeripinnan kiinnittymisen toteamiseksi. Vika-alueen määrittelyyn käytetään 6 dB tekniikkaa, jossa heijastajan reunapiste sijaitsee kohdassa, missä kaiku putoaa 6 dB maksimiarvosta. Tunkeumanestetarkastus tehdään laakeripinnoille 100 %:n laajuudessa huokoisuuden ja reuna-alueiden kiinnittyvyyden toteamiseksi. /18/

Havainnoista laaditaan pöytäkirjat. Raportointirajoina voidaan silmämääräisessä tarkastuksessa pitää yli 0,5 mm syvät kolot, naarmut ja työpiirustuksista poikkeamat. Yli 3 mm pyöreät ja yli 5 mm pitkät tunkeumanestenäyttämät raportoidaan. Ultraäänitarkastuksissa raportoidaan kaikki irronneet alat, jotka ylittävät 2 cm^2 . Yhdessä laakerin värähtely- ja lämpötila-arvojen sekä edellä mainittujen tarkastustulosten perusteella määritellään laakerin käyttökelpoisuus. Jos laakeri jää käyttöön, suoritetaan sille kevyt kaavaus erillisen malliakselin avulla. /19/

Purkuvaiheessa mitattuja välyksiä verrataan piirustusten ohjearvoihin, mittaukset toistetaan kokoonpanovaiheessa. Pallopintojen istuvuus tarkastetaan sovitevärin avulla.

Tarvittavat muut korjaustoimenpiteet suoritetaan voimassa olevien työsuunnittelurutiinien mukaisesti. /18/ /19/

5.2 Pyörityslaitteen huolto/tarkastus

Paaksin normaalihuollon jakso on 8 vuotta. Puretut osat puhdistetaan ja mitta- ja pinna-vaatimukset tarkastetaan. Hammaspyörän värikosketuksen pitää olla ison pyörän hampaan koko pituudella. Pyörän hampaiden kosketuksen pitää toteutua hampaiden keskiosassa ja kosketuksen leveyden tulee olla vähintään 15 mm. Huollossa kertyvä materiaali kootaan turbiinikohtaiseen mappiin ja arkistoidaan. /20/

5.3 Pääöljypumpun huolto/tarkastus.

Pääöljypumpun 2 vuoden välein tehtävään määräaikaishuollon töihin kuuluu pumpun purku, osien tarkistus ja kunnostus sekä osien vaihto tarvittaessa, laakerien kunnostus ja välysten tarkistus sekä laitteen kokoonpano ja akselille linjaus. Joka vuosi revisioon johtavassa alasajossa pääöljypumpun toiminta tarkastetaan jokaisen 50 MW:n tehonpudotuksen välein prosessitietokoneelta. Samoin toimitaan myös ylösajossa. /21/

5.4 Ryntösuojan huolto/tarkastus

Määräaikaishuollot suoritetaan 4 vuoden välein vuosihuollossa. Seisokin kestosta riippumatta toiminta tarkastetaan aina kierroksia nostamalla, jos ryntösuojalle tai muille säätöjärjestelmän osille on tehty huoltotoimenpiteitä. /22/

Purku ja tarkastus on mahdollista suorittaa paikalla irrottamatta suojaa korkeapaine-roottorista. Tarkastetut ja kunnostetut osat pestään ja puhalletaan paineilmalla. Alustavassa koekasauksessa ilman jousia varmistetaan, että renkaiden siirtymä on vapaa ilman väljyyttä ja jumittumista. Tämän jälkeen tehdään lopullinen kasaus vällys- ja mitatarkastuksineen. Kasauksen jälkeen ryntösuoja koestetaan testipenkissä ennen roottoriin kiinnitystä. /22/

Huoltotöiden jälkeen ryntösuojat koestetaan öljyllä turbiinin käynnistyksen yhteydessä. Koestuksessa öljynsyöttö avautuu turbiiniksi akselilla olevaan vasempaan renkaaseen, samoin kuten turbiinin rynnössä, tönäisee vipuvartta, jolloin suojualuisti vapautuu ylös jousivoimasta ja öljynpaine pääsee purkautumaan. Tämän jälkeen rynnöt koestetaan

myös kierroksia nostamalla. Suositeltava toimintaraja 3280 - 3360 r/min. Vuodeksi voidaan hyväksyä toiminta 3230 r/min asti, jolloin laukaisuraja säädetään ylöspäin seuraavassa vuosihuollossa. /22/ /23/

5.4.1 Ryntösuojan koestukset

Turvallisuustekniset käyttöehdot (TTKE) määräävät, että turbiinin käyttö on kielletty, ellei ylikierrossuoja ole käyttökunnossa. Primäärinen koestus suoritetaan kierroksia nostamalla. Koestus ajoitetaan, kun turbiini on ollut revisiossa >30 vuorokautta, peruskorjauksessa, kun säätö- ja suojausjärjestelmään on tehty muutoksia tai kun turbiinille on suunniteltu tehtävän kuormanpudotuksia tai muita kokeita, joissa ilmenee ryntäämisvaara. /24/

Kokeen aikana turbiinin hydraulinen säätäjä on käytössä ja sähköinen säätäjä erotettu venttiileillä. Kierroksia tulee nostaa hitaasti, jatkuvana tasaisena liikkeenä. Laukeamiskierrosnopeus 10 - 12 % yli nimellismopeudesta eli 3300 - 3360 r/min. Maksimikierrosnopeus on 3370 r/min. Renkaiden koestuksessa pidetään päähöyryventtiilit suljettuina, höyryn syöttö tapahtuu ohituslinjojen kautta. Koestus on hyväksytty, kun ryntösuojan molemmat renkaat toimivat suunnitellusti. /24/

Ohjelman mukaiset öljykoestukset suoritetaan neljän viikon välein. Näiden lisäksi öljyllä koestukset suoritetaan ennen generaattorin tahdistusta verkkoon, kun turbiiniseisokki >3 vrk sekä ennen suunniteltua kuorman

poislyöntikoetta. Jos turbiinin säätöpäässä on tehty töitä, mahdolliset rynnön viritysmuutokset testataan kevennettynä kierrosten nostovaiheessa öljyllä. /24/

5.5 Kierroslukusäätäjän huolto/tarkastus

Huollot suoritetaan 4 vuoden välein vuosihuollossa. Toiminta tarkastetaan joka vuosi säätöjärjestelmän koestuksen yhteydessä vuosihuollon alkaessa. Tarkastus suoritetaan myös revision jälkeen ennen turbiinin käynnistystä. /16/

Laitteen huollossa tarkastetaan sylinterin vapaa liikkuvuus rungon asennuspinnalla. Naarmut ja hankausjäljet poistetaan hiomakankaalla, pinnat tarkastetaan kiinteästä- ja liikkuvasta sylinteristä, ohjauspinoilta sekä erityisesti luistista ja sen alaosasta. Laa-

kerien kunto tarkastetaan ja varmistetaan, että karan kierteellä liikkuva mutteri liikkuu vapaasti. Osien välykset ja karan suoruus tarkastetaan. Karan ja luistin välillä ei saa olla heittoa $> 0,20$ mm. /16/

Kokoonpanossa rungon sisä- ja ulko-osat sekä luistin ja sylinterien osat pestään ja puhalletaan paineilmalla. Jousilevyjen tulee olla liikkuvan sylinterin lukituskiilojen alla, kiilat kiristetään. Sylinterin tulee liikkua koko matkalla. Toimilaitteen asennuksen jälkeen varmistetaan laakeroinnin aksiaalivälykset $0,05$ mm ja hampaiden välykset, $0,10 - 0,30$ mm. Käyttöönnotossa säätäjän toiminta tarkastetaan seisovalla turbiinilla säätöjärjestelmän koestuksen yhteydessä. /16/

6 LAITTEIDEN VIKAHISTORIA

6.1 Lomax-tietokanta

Laitteiden kunnossapidon optimoinnin kannalta oleellista on tutustua niiden vika- ja huoltohistoriaan. Loviisan voimalaitoksella on käytössä sähköinen Lomax-tietokanta, johon kirjataan työtilaukset, työmääräimet sekä tehtyjen töiden kuittaukset. Laitteiden tekniset tiedot, varaosaluettelot, linkit laitteiden piirustuksiin sekä käyttöpaikkojen PI-kaavioihin löytyvät tietokannasta. Henkilökunta kirjaa myös työtunnit Lomaxiin tehdyillä työnumeroilla.

Laitteen huollosta pyritään laatimaan tietokantaan tarkat dokumentit laitteen kunnosta ennen ja jälkeen huollon sekä huollossa tehdyistä toimenpiteistä. Vikahistoriaosiossa pyritään selvittämään vikatyyppejä, vian aiheuttajia sekä tarkennus tehtyistä toimenpiteistä. Näin tietokantaan tallentuu huoltohistoriaa, jonka pystyy tuomaan esiin esimerkiksi laitteen käyttöpaikkanumeron avulla tulevaa tarkastelua varten.

6.2 Laitteiden vikahistorian tutkiminen

Huoltohistorian tutkiminen alkoi käyttämällä hakukoneessa laitteen käyttöpaikkatunnusta (Kz-numero) työmääräinosiossa. Hakutuloksesta rajattiin mekaanisen kunnossapidon ja kunnonvalvonnan osuus. Saaduista tiedoista laadittiin laitekohtaiset Excel-listat, joihin merkittiin

- työtilauksen syy

- työluokka
- päivämäärä
- tehdyt toimenpiteet
- laitteen kunto ennen ja jälkeen huollon.

Lomax-tietokannassa laitteiden huoltohistoria alkaa 90-luvun alusta. Sitä vanhemmat tiedot löytyvät revisiokohtaisista kansioista voimalaitoksen paperiarkistoista. Optimointi suoritetaan Lomaxista löytyvillä historiatiedoilla. Neljän turbiinin akselilinjan laitteista kootun aineiston avulla tutkittiin, miten hyvin tehdyt huollot vastasivat kunnossapito-ohjelmaan laadittuja huoltojaksoja ja mikä on ollut laitteen kunto avattaessa. Huomioitavia asioita olivat

- ajanjakso, jolla huollot on suoritettu
- montako huolto-ohjelman mukaista avausjakso sisältää
- laitteen todelliset avauskerrat
- jakson ulkopuolisten huoltojen merkitseminen.

Laitteen huolto-ohjelman jaksoja verrataan todelliseen huoltomäärään sekä tarkastellaan vikaantumisia. Näiden tietojen pohjalta rakennetaan ehdotus uudesta huoltovälijaksosta tavoitteena taloudellisempi kunnossapito. Vikahistorian avulla määritellään onko:

- nykyinen jakso riittävä
- ehjä laite toistuvasti korjattu, jolloin jaksoa voi pidentää
- syytä lyhentää huoltoväliä jakson sisällä tapahtuvien vikaantumisten takia.

7 OPTIMOINTI

Määritellään laitekohtaisesti kerätyn aineiston perusteella (liite 7), montako kertaa laite on avattu annetulla aikavälillä ja montako määräaikaishuoltojakson mukaista avausjaksoa kyseisellä ajalla on ollut. Lisäksi ilmoitetaan yleisimmät vikatyypit sekä tehdyt toimenpiteet, määritetään huoltojakson mahdollinen muutos ja lopuksi pidennysaikaehdotus suluissa.

7.1 Laakerit

7.1.1 TG1

Turbiinin akselilinjan laakereiden ohjelman mukainen huoltovälijakso on 4 vuotta, 9. laakerilla 2 vuotta. Laakerit kuuluvat mittavaan kunnonvalvonnan piiriin, ja niistä mitataan värähtely- ja lämpötila-arvot.

TG1:n kaikista yhdeksästä laakerista 1. laakerissa ilmenee eniten vikoja. Aikavälillä 1992 - 2009 laakeri on avattu 12 kertaa, kun ohjelman mukaisia avauksia on ollut 4 kpl (kuva 11). Yleisiä vikoja ovat olleet sähköinen eroosio sekä viat painelaakerin segmenttipaloissa. Muissa laakereissa yleisimpiä vikoja ovat olleet paikalliset viat laakerien puoliskoissa sekä välysten muutokset. Toimenpiteinä on suoritettu laakerien kaavaus. Laakereissa 2, 4 ja 8 on tehty valkometallin uudelleen valu ja koneistus vuosina 1996 ja 2000. 9. laakerissa yleisin vika on ollut värähtelynvaimentimen vaijerin katkeaminen.

Laakereissa 1, 6, ja 9 jakson mukainen huoltoväli on riittävä, muissa 4 vuoden huoltoväliä voi pidentää (8 v).

7.1.2 TG2

Turbiinilla TG2 yleisimmät viat ovat olleet nostoöljyletkuissa, joita on vaihdettu 4. ja 5. laakereilla. Yleisimpiä toimenpiteitä ovat olleet laakereiden tarkastuksen yhteydessä suoritettut kaavaukset.

1. laakerilla välit ovat olleet yli sallitun ja segmenttipaloissa on esiintynyt sähköistä eroosiota. 5. laakeri on valettu uudelleen vuonna 1999. 7. laakerilla on suoritettu peruspulttien kiristys kohonneiden värähtelyarvojen takia. 9. laakeria on huollettu laakereista eniten, 11 kertaa vuosina 1993-2009. Viat rajoittuvat enimmäkseen dynaamiseen värinänvaimentimeen.

Laakereiden huoltovälijaksoja voi pidentää (8v.), ainoastaan 9. laakerilla tulisi säilyttää ohjelman mukainen jaksotus.

7.1.3 TG3

1. laakerilla on esiintynyt runsaasti sähköeroosiota laakeripinnoissa ja segmenttipa-loissa vuosina 1992-2007.

Laakereihin 3 ja 6 on asennettu varalaakerit vuonna 2002. Vikoja on ilmennyt myös laakerien välyksissä sekä paikallisvaurioita laakerin puoliskoissa, joita on joko kaavatu tai korjattu juottamalla.

7. laakerin liiallista värähtelyä on korjattu lisäämällä kiinnityspultteja laakeripukkiin.

Laakereihin 8 ja 9 on asennettu värähtelynvaimentimet ja laakeriin 8 on suoritettu uudelleen valu vuonna 1998.

Yleisin toimenpide on ollut tarkastuksen yhteydessä suoritettu laakerin kaavaus.

Laakereissa 4, 7 ja 8 huoltojaksotusta voidaan pidentää (8 v). 9. laakerissa jaksoa voidaan pidentää 4 vuoteen. Muissa laakereissa tulisi säilyttää nykyinen jaksotus, 1. laakerissa jaksoa voidaan mahdollisesti jopa lyhentää vuodella runsaan vikaantumisen johdosta.

7.1.4 TG4

Laakereihin 1, 2, 6 ja 7 on suoritettu joko osittainen valkometallin paikalliskorjaus tai täydellinen laakerin uudelleen valu. 2. laakeriin on jouduttu asentamaan varalaakeri vuonna 2002.

4. laakeria on hiottu laakerin kaulalle tulleiden naarmujen takia, laakeri ollut kuitenkin toimintakuntoinen. 7. laakerilla on kohonneiden värähtelyarvojen takia suoritettu peruspulttien kiristys. 9. laakerin laakeripukkia on vahvistettu ja vuonna 1995 laakerin purun yhteydessä on vaihdettu liukurenkaat.

Yleisin toimenpide on ollut jälleen laakerien kaavaus.

1., 2. ja 4. laakerilla tulisi säilyttää nykyinen jaksotus, muilla laakereilla huoltojaksoa voi pidentää (8 v). 9. laakerilla jaksoa voi myös pidentää (4 v).

7.1.5 Johtopäätös

Laakereiden huoltovälijaksotusta voidaan pidentää nykyisestä 4 vuodesta laakereilla 1-8 ja 2 vuodesta laakerilla 9.

7.2 Kierroslukusäätäjät

7.2.1 TG1

Kierroslukusäätäjän ohjelman mukainen huoltoväli on 4 vuotta. Säätäjä on avattu huolto-ohjelman mukaisesti 4 kertaa vuosina 1994 - 2009. 1994 on suoritettu komponentin korjaus. Muita mainittavia toimenpiteitä ei ole.

7.2.2 TG2

Säätäjä on avattu 6 kertaa vuosina 1994 - 2009, jakson mukaisia huoltoja 6 kpl. 1994 on suoritettu komponentin korjaus säätäjässä. Ei muita mainittavia huoltotoimenpiteitä.

7.2.3 TG3

Säätäjä on avattu 8 kertaa vuosina 1993 - 2007, jakson mukaisia huoltoja on 5 kpl. 1995 säätäjään on vaihdettu laakerit huollon yhteydessä, ei muita mainittavia toimenpiteitä.

7.2.4 TG4

Avauksia on tehty 6 kpl vuosina 1993 - 2009, jakson mukaisia avauksia on 5 kpl. 2001 säätäjälle on suoritettu muutoksen jälkeinen testaus ja tarkastus. Ei muita mainittavia toimenpiteitä.

7.2.5 Johtopäätös

Kierroslukusäätäjien huoltovälijaksotusta voidaan pidentää nykyisestä 4 vuodesta 6 - 8 vuoteen.

7.3 Ryntösuojat

7.3.1 TG1

Ryntösuojalle suoritetaan määräaikaistarkastukset ohjelman mukaisesti 4 vuoden välein. Avattu ohjelman mukaisesti 4 kertaa vuosina 1993 - 2005. Ei mainittavia vikaantumisia.

7.3.2 TG2

Ryntösuojalle on tehty ohjelman mukaiset 4 kpl huoltoja vuosina 1993 - 2005. Ei mitään mainittavia toimenpiteitä suoritettu.

7.3.3 TG3

Avattu vain 3 kertaa 1995 - 2007, jakson mukaisia huoltoja on 4 kpl. Ei mainittavia toimenpiteitä.

7.3.4 TG4

Avattu vain 2 kertaa vuosina 1995 - 2007, jakson mukaisia avauksia on 4 kpl. Ei mainittavia huoltotoimenpiteitä tehty.

7.3.5 Johtopäätös

Ryntösuojien nykyistä huoltovälijaksotusta voidaan pidentää (8 v).

7.4 Keskipakoiskytkimet

7.4.1 TG1

Turbiinin keskipakoiskytkimen huoltajakso on 5 vuotta. Kytkin testataan erillisessä testipenkissä huollon jälkeen sekä primäärisesti kierroksia nostamalla turbiinin käynnistyksen yhteydessä. Avattu 3 kertaa vuosina 1996 - 2007 jakson mukaisesti. 1996 vaihdettu tefloniset ohjausholkit.

7.4.2 TG2

Avattu 4 kertaa vuosina 1996 - 2008, jakson mukaisia avauksia 3 kpl. 1996 ja 2008 vaihdettu teflonisia ohjausholkkeja, kytkin on ollut kuitenkin toimintakuntoinen. 2001 kytkin on viritetty testipenkissä.

7.4.3 TG3

Avauksia on tehty 4 kpl vuosina 1996 - 2009, jakson mukaisia avauksia 3 kpl. 1998 suoritettu ylimääräinen tarkastus sekä testi penkissä.

7.4.4 TG4

Avauksia on suoritettu 4 kpl 1996 - 2009, jakson mukaisia 3 kpl. 1998 tehty ylimääräinen tarkastus ja penkissä testaus. Ei mainittavia huoltotoimenpiteitä.

7.4.5 Johtopäätös

Keskipakoiskytkinten huoltovälijaksotusta voidaan pidentää 6-8 vuoteen.

7.5 Pääöljypumput

7.5.1 TG1

Pumpun määräaikaishuollon jakso on 2 vuotta. Suoritettu jaksotuksen mukaiset huollot vuosina 1992 - 2009. 1994 on tehty komponentin korjaus, 2007 pumppu vikaantunut, vialliset osat uusittu huollon yhteydessä.

7.5.2 TG2

Avattu ohjelman mukaisesti 9 kertaa vuosina 1993 - 2009. 1995 on suoritettu komponentin korjaus, 2005 pumpun laakereissa havaittu sähköeroosiota; laakereiden skaaus. 2008 esiintynyt runsasta sähköeroosiota; vaihdettu ulkoakseli, tiivisterengas sekä kaikki hilat.

7.5.3 TG3

Avauksia 9 kpl vuosina 1993 - 2008, jakson mukaisia avauksia 8 kpl. 2007 vaihdettu toisioakseli ja tiivisterengas määräaikaishuollon yhteydessä. Ei muita toimenpiteitä.

7.5.4 TG4

Avauksia on suoritettu huoltojakson mukaisesti 9 kpl vuosina 1992 - 2008. Pumppu on vikaantunut 2007, vaihdettu toisioakseli. Ei muita mainittavia toimenpiteitä.

7.5.5 Johtopäätös

Pääöljypumppujen huoltovälijaksotusta voi pidentää nykyisestä.

7.6 Nostoöljypumput

7.6.1 SC41 TG1

Pumppujen jakson mukainen huoltoväli on 3 vuotta. Avattu 7 kertaa 1992 - 2009, jakson mukaisia huoltoja 6 kpl. Pumpun laakerit on valettu ja koneistettu uudelleen 1994. Ei muita mainittavia vikaantumisia.

SC42

Huollettu 7 kertaa vuosina 1992 - 2008, jakson mukaisia avauksia 6 kpl. Pumpun huollon yhteydessä 1992 takaiskun tiivistepinnat on koneistettu. Samana vuonna paineen alentimen liitoksen kunnostus, muhvi vuoti öljyä. 1993 pumpun laakerin kunnostus, pesän valkometallin uudelleen valu. Edellä mainitun jälkeen ei mainittavia toimenpiteitä.

7.6.2 SC81 TG2

Avauksia on suoritettu 7 kpl vuosina 1992 - 2008, jakson mukaisia huoltoja 6 kpl. 1993 tehty pesän valkometallin uudelleen valu sekä koneistus. Ei muita mainittavia toimenpiteitä.

SC82

Avauksia suoritettu ohjelman mukaiset 7 kpl vuosina 1991 - 2009. 1991 pumppu ei ole nostanut painetta; suoritettu tarkastus, mutta vikaa ei löydetty. 1994 useita vuotavia putkiliitoksia. 2008 istukan pohja vaihdettu.

7.6.3 SC41 TG3

Avauksia 7 kpl 1992 - 2008, jakson mukaisia huoltoja 6 kpl. 1993 on tehty pumpun laakerin kunnostus, pesän valkometallin uudelleen valu ja koneistus. 2001 on laippatiivisteet vaihdettu.

SC42

Avattu 7 kertaa 1992 - 2009, jakson mukaisia huoltoja 6 kpl. 1993 on suoritettu pesän valkometallin uudelleen valu ja koneistus. 2004 on tehty jousitoimisen takaisinkiertoventtiilin säätö.

7.6.4 SC81 TG4

Avattu 7 kertaa vuosina 1992 - 2008, ohjelman mukaisia avauksia 6 kpl. Pesän valkometallin uudelleen valu ja koneistus tehty 1993. Jousitoimisen takaiskuventtiilin säätö on tehty 2004.

SC82

Avauksia on suoritettu 7 kpl 1992 - 2009, jakson mukaisia avauksia 6 kpl. 1994 suoritettu pumpun avaus, puhdistus ja toleranssimittojen tarkastus. Ei muita mainittavia toimenpiteitä.

7.6.5 Johtopäätös

Koska nostoöljypumput ovat käytössä ainoastaan vuosihuollossa, tulisi ne huoltaa käynnin aikana. Pumppujen huollon aikana toisen pumpun pitää olla käyntivalmiudessa, jolloin linjaan voi tulla 60 baarin paine. Pumppujen painelinjaan takaiskuventtiilien jälkeen tulisi lisätä erotusventtiilit, joilla varmistetaan takaiskuventtiilien takaisinvuodot ja näin turvalliset huoltotyöskentelyolosuhteet. Huoltovälijaksotusta voidaan pidentää.

7.7 Paaksi

7.7.1 TG1

Ohjelman mukainen huoltojakso on 8 vuotta. Avattu 2 kertaa vuosina 1991 - 2009, jakson mukaisia huoltoja olisi tullut olla 3 kpl. Paaksin moottorin ja vaihteiston SPM-mittaus suoritetaan vuosittain. 1996 vaihdettu laakerit. Ohjelman mukainen huoltojakso on riittävä.

7.7.2 TG2

Ohjelman mukaisia avauksia oli 3 kpl vuosina 1991 - 2009, vain 1 avaus tehty. 1995 tehty komponentin korjaus.

7.7.3 TG3

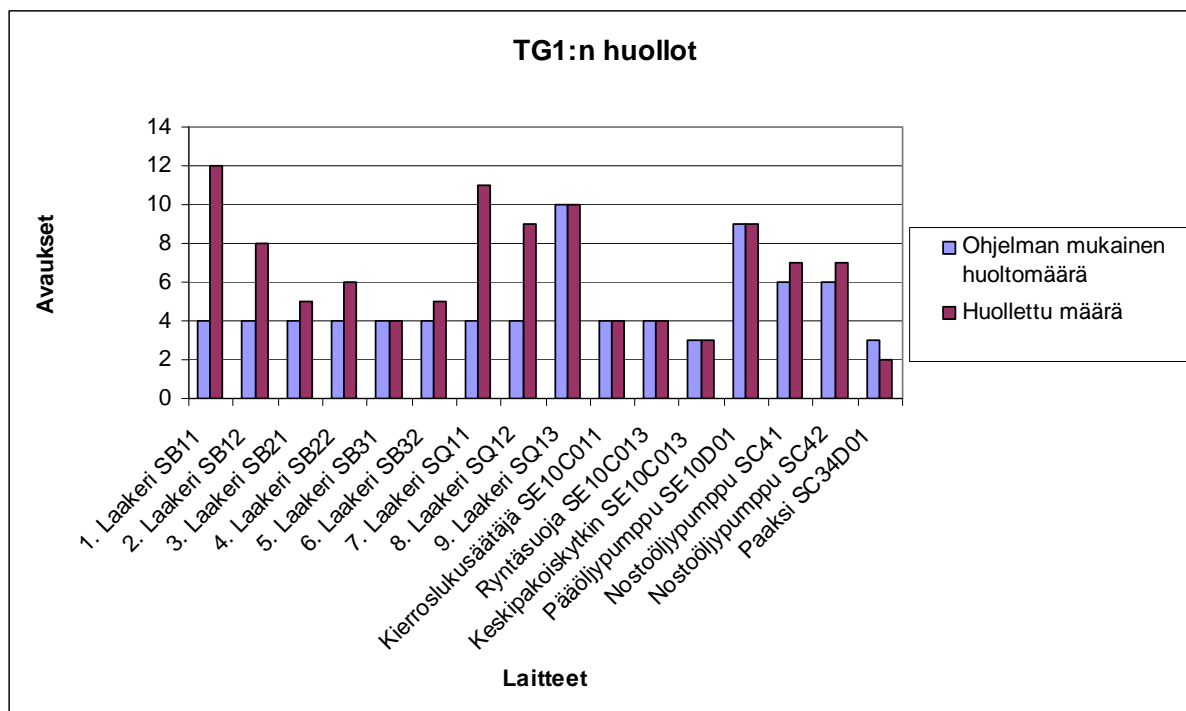
Avauksia huoltojakson mukaisesti 2 kpl vuosina 1995 - 2009. 2004 vaihdettu paaksin moottori sekä kytkin. Ei mainittavia huoltotoimenpiteitä.

7.7.4 TG4

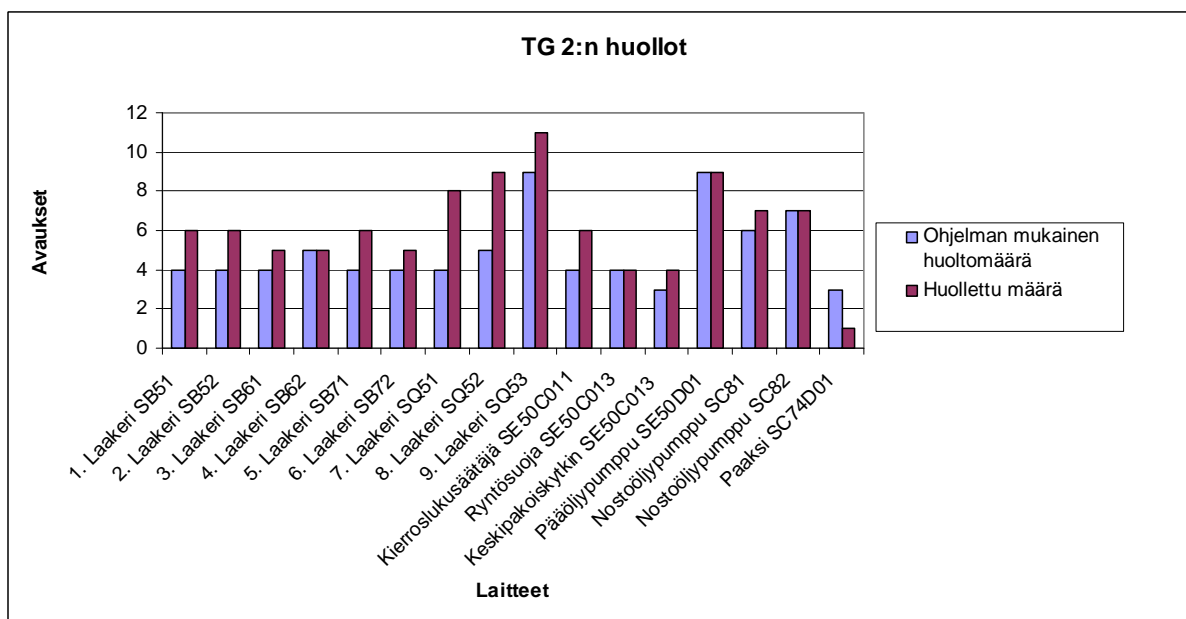
Avauksia huoltojakson mukaiset 2 kpl vuosina 1994 - 2009. laakerien vaihto 1994, laite piti kovaa ääntä. 2007 jälleen vaihdettu laakerit.

7.7.5 Johtopäätös

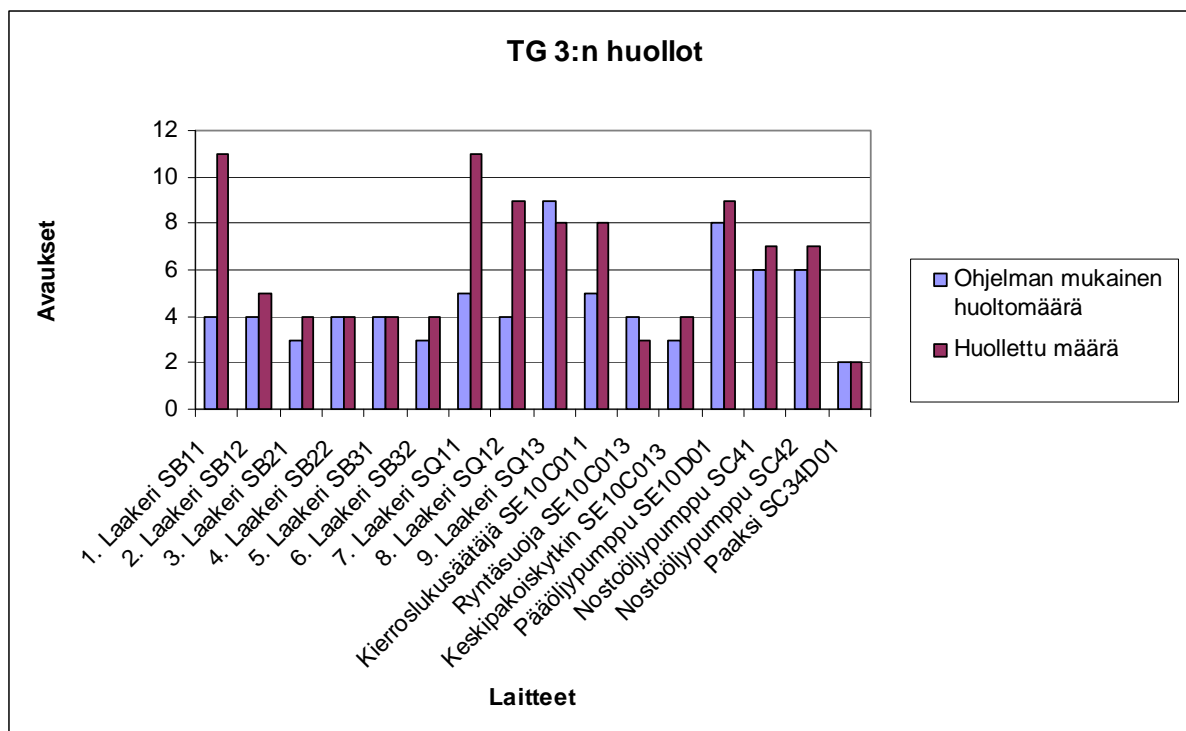
Paaksi on käytössä ainoastaan vuosihuollossa, joten laitteen sähkömoottorin huolto on mahdollista sijoittaa käyntijaksolle. Säilytetään nykyinen huoltovälijaksotus.



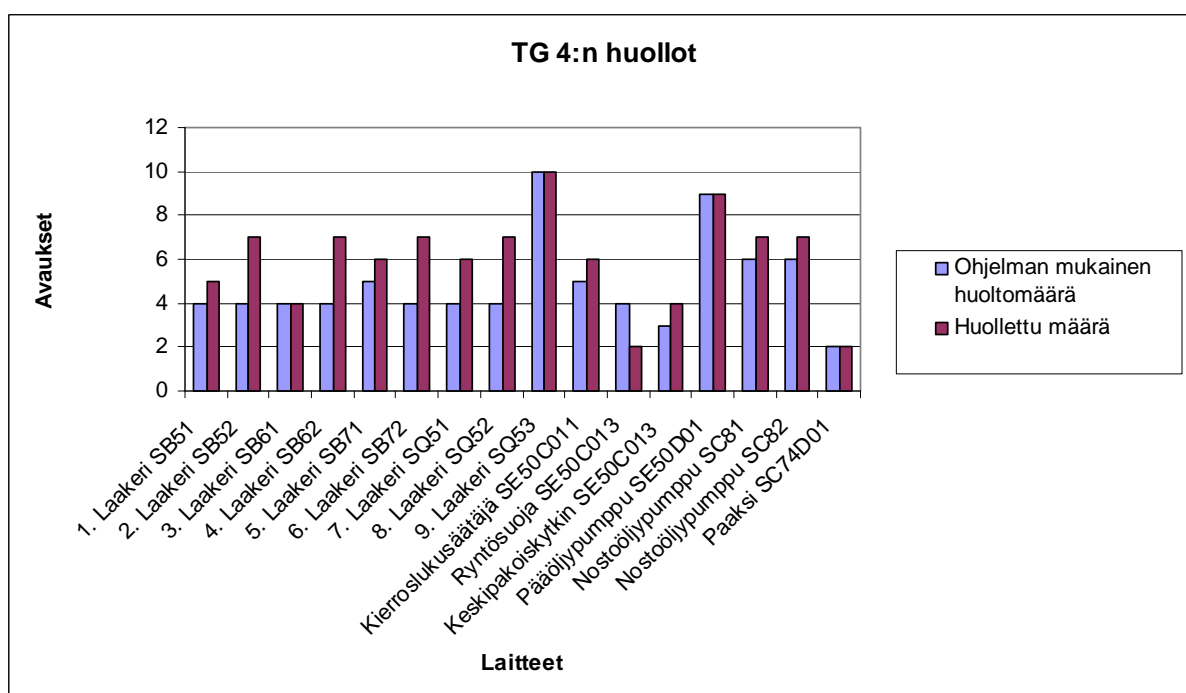
Kuva 11. Turbiini TG1:n huoltomäärät



Kuva 12. Turbiini TG2:n huoltomäärät



Kuva 13. Turbiini TG3:n huoltomäärät



Kuva 14. Turbiini TG4:n huoltomäärät

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tuloksena voidaan todeta että pääosaa laitteista on huollettu liikaa. Ohjelman ulkopuolisia huoltoja esiintyi suurimmassa osassa laitteita ja ne pyrittiin erottelemaan määräaikaishuolloista. Osaan huoltojaksoista ehdotettiin jakson pidennystä 1-4 vuodella, koska historiassa ei esiintynyt vikoja ja laitteet olivat hyväkuntoisia. Vikahistorian perusteella osaan jätettiin huoltojakso ennalleen ja yhteen laitteeseen ehdotettiin huoltojakson lyhennystä.

Lomax-tietokannassa huoltohistoria alkaa 1990-luvun alusta. Pisimmillään laitekohtaisen huoltohistorian analysointi on suoritettu 18 vuoden ajalta, 1991-2009. Tätä vanhemmat tiedot löytyvät voimalaitoksen paperiarkistoista, joita ei huomioitu tässä työssä. Tulosten käyttökelpoisuus ja luotettavuus perustuu Lomaxiin tallennettuihin tietoihin.

Ongelmana huoltohistoriatietojen analysoinnissa oli tietojen puutteelliset merkinnät Lomaxissa. Erityisesti vikahistoriatiedot olivat monissa laitteissa puutteellisia. Tämä vaikeutti tietojen tulkittamista. Jatkossa historiaa tulisi kirjata perusteellisemmin, jotta laitteen elinkaarta voitaisiin tulkita tulevaisuudessa paremmin.

Sähköhydrauliset muuntimet huoltaa ulkopuolinen yritys. Muuntimien huoltohistoriaa ei ole merkattu voimalaitoksen omaan tietokantaan, joten huoltojaksojen tarkastelua ei voitu suorittaa. Turbiinien nostoöljypumput ovat käytössä ainoastaan vuosihuollossa. Laitteille on merkitty määräaikaishuollon ajankohdaksi vuosihuolto, josta se tulisi siirtää käyntijakson ajalle.

Loviisan voimalaitoksen ylläpidolla ei ole käytössä varsinaista kunnossapidon työkalua, kunnossapidon analysointiohjelmaa. Työkalun avulla pyritään parempaan kunnossapidon suunnitteluun. Jatkotoimenpiteinä voisi selvittää kunnossapidon työkalun käytön toimivuutta akselilinjan laitteilla.

Työn tulosten perusteella laitteiden huoltovälijaksotusta voidaan muuttaa. Huoltojakson pidennystä voisi kokeilla ensin yhdessä turbiinissa, jotta voidaan varmistua uuden jakson toimivuudesta. Tarkempi uusien huoltojaksojen määrittäminen jää voimalaitoksen henkilökunnan päätettäväksi.

LÄHTEET

1. Fortum-konserni. Saatavissa:

http://intranet.fortum.com/fi/Yrityksemme/Materiaaligalleria/Esitysmateriaali/konsernin_yleiskalvosarja.htm (viitattu 14.4.2009)

2. Ydinvoiman historiaa. Saatavissa:

<http://www.loviisa3.fi/fi/ydinvoima/historia/?id=40> (viitattu 14.4.2009)

3. Voimalaitosprosessit:

<http://www.loviisa3.fi/fi/ydinvoima/voimalaitosprosessit/?id=41> (Viitattu 14.4.2009)

4. SA-höyryturbiini. Fortum Power and Heat, Loviisan voimalaitos. Web-doris, koulutusmateriaalit, Primääri- ja sekundääripiirin pääjärjestelmät. Ei julkaistu. (Viitattu 17.4.2009)

5. Fortum Power and Heat, Loviisan voimalaitos. Kunnossapitostrategiat. Laiteluokittelu. Ei julkaistu. (Viitattu 15.4.2009)

6. Kangas, A. 2002. Venttiilien kunnossapidon optimointi. Diplomityö. Lappeenranta teknillinen korkeakoulu. (Viitattu 16.4.2009)

7. Vonka, M. Ylläpidon tunnuslukujärjestelmä Loviisan voimalaitoksella. Insinöörityö, Kymenlaakson AMK, tuotantotalouden osasto. (Viitattu 12.5.2009)

8. Kunnossapidon tunnusluvut:

http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_3-4_kunnossapidon_seurannan_tunnusluvut.html (Viitattu 12.5.2009)

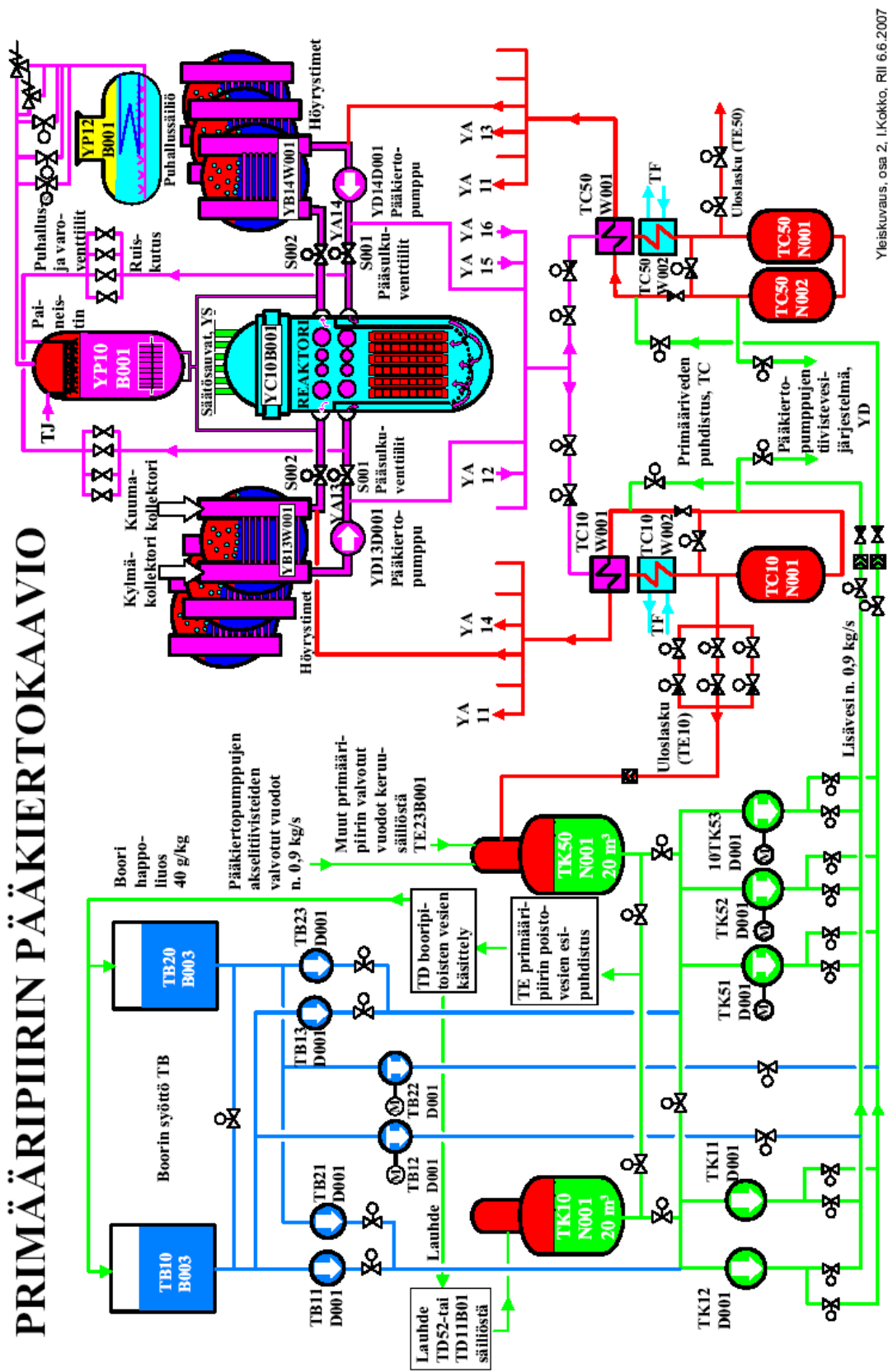
9. RCM vai järkevä kunnossapito ja optimaalinen luotettavuus? Jörg Willems, kunnossapito-lehti 7/2006. (Viitattu 20.5.2009)

10. Turbiini apujärjestelmiseen, sekundääripiirin laitteisto ja toimintakaaviot. Tietoja rakenteesta ja käytöstä. Voimalaitoksen arkisto. Ei julkaistu. (Viitattu 22.4.2009)

11. SG-laakerit. Fortum Power and Heat, Loviisan voimalaitos. Web-doris, koulutusmateriaalit, Sekundääripiirin apujärjestelmät. Ei julkaistu. (Viitattu 17.4.2009)

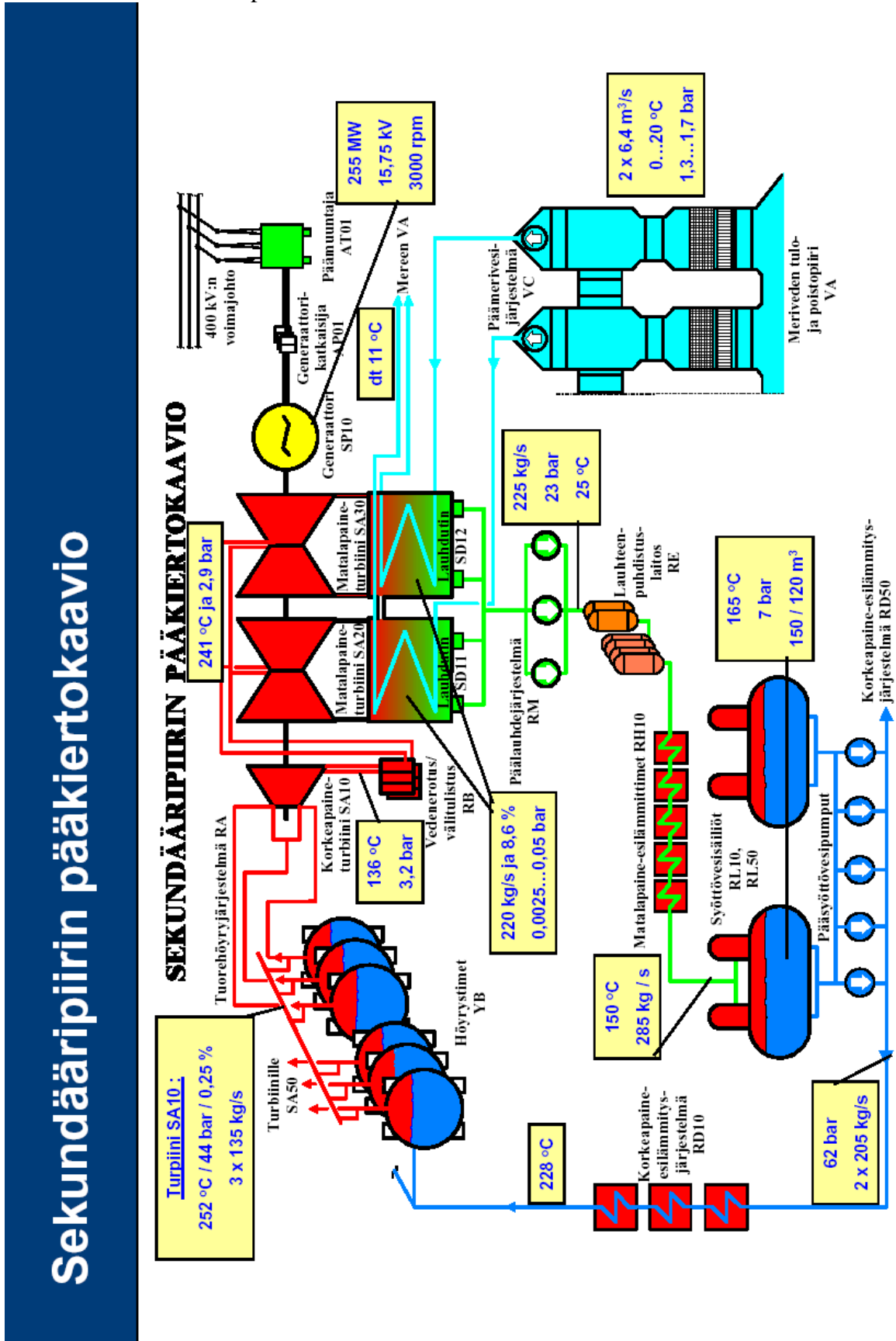
12. SC Turbiinin voiteluöljyjärjestelmä. Web-Doris, koulutusmateriaali, sekundääripierin apujärjestelmät. Ei julkaistu. (Viitattu 22.4.2009)
13. Turbiinin pyörityslaitteen huolto. Web-Doris. Ei julkaistu. (Viitattu 27.4.2009)
14. Säädön pääöljypumpun kuvaus. Voimalaitoksen arkisto. Ei julkaistu. (Viitattu 29.4.2009)
15. Turbiinin säätö- ja suojausjärjestelmä. Web-doris. Ei julkaistu. (Viitattu 5.5.2009)
16. Kierroslukusäätäjän huolto. Web-doris Y-02-00079/M1. Ei julkaistu. (Viitattu 7.5.2009)
17. Voimalaitoksen arkisto. SE- säätö - ja suojausjärjestelmä, mappi 1.
Ei julkaistu. (Viitattu 7.5.2009)
18. Laakereiden huolto-ohje. Web-doris. Ei julkaistu. (Viitattu 30.4.2009)
19. Pinnoitettujen liukulaakerien tarkastus. Web-doris. Ei julkaistu. (Viitattu 30.4.2009)
20. Turbiinin pyörityslaitteen huolto-ohje. Web-doris. Ei julkaistu. (Viitattu 30.4.2009)
21. Pääöljypumpun huolto-ohje. Web-doris. Ei julkaistu. (Viitattu 30.4.2009)
22. Turbiinin ryntösuoja. Web-doris. Ei julkaistu. (Viitattu 5.5.2009)
23. Turbiinin ryntösuojan koestusohjeisto. Web-doris. Ei julkaistu. (Viitattu 5.5.2009)
24. Turbiinin ylikierrossuojan koestus kierroksia nostamalla sekä hydraulisen säätimen toiminnan koestus. Web-doris. Ei julkaistu. (Viitattu 19.5.2009)

Ydinvoimalaitoksen primääripiirin kaavio

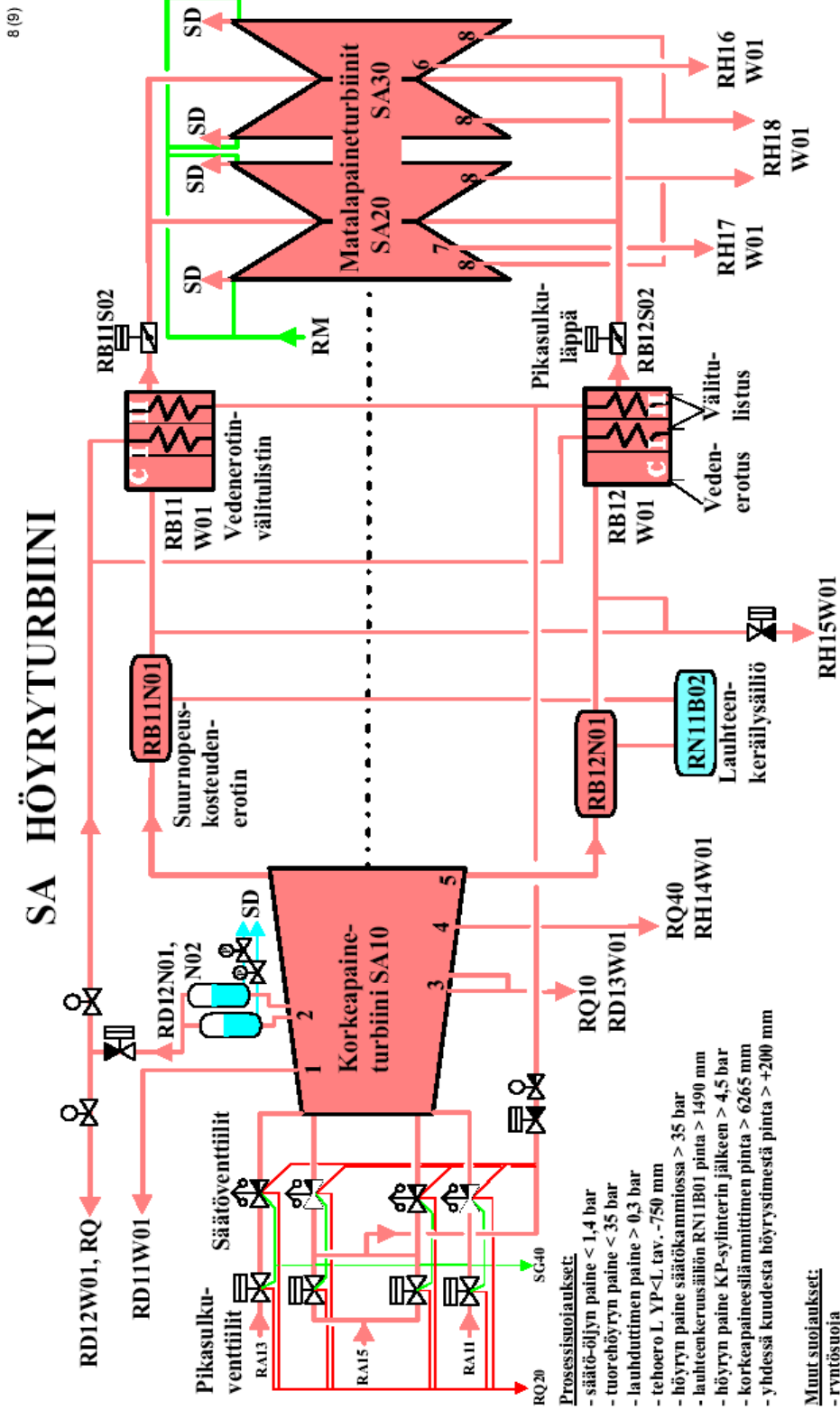


Yleiskuvaus, osa 2, I.Kokko, RII 6.6.2007

Ydinvoimalaitoksen sekundääripiirin kaavio



SA höyryturbiinin kaavio



Huom. kaavio on 1-turbiinin mukainen, muissa turbiineissa (2, 3, 4), 6-välitöte otetaan SA20(60):stä ja 7-välitöte SA30(70):stä

Akselilinjan laitteiden huoltoväljaksot

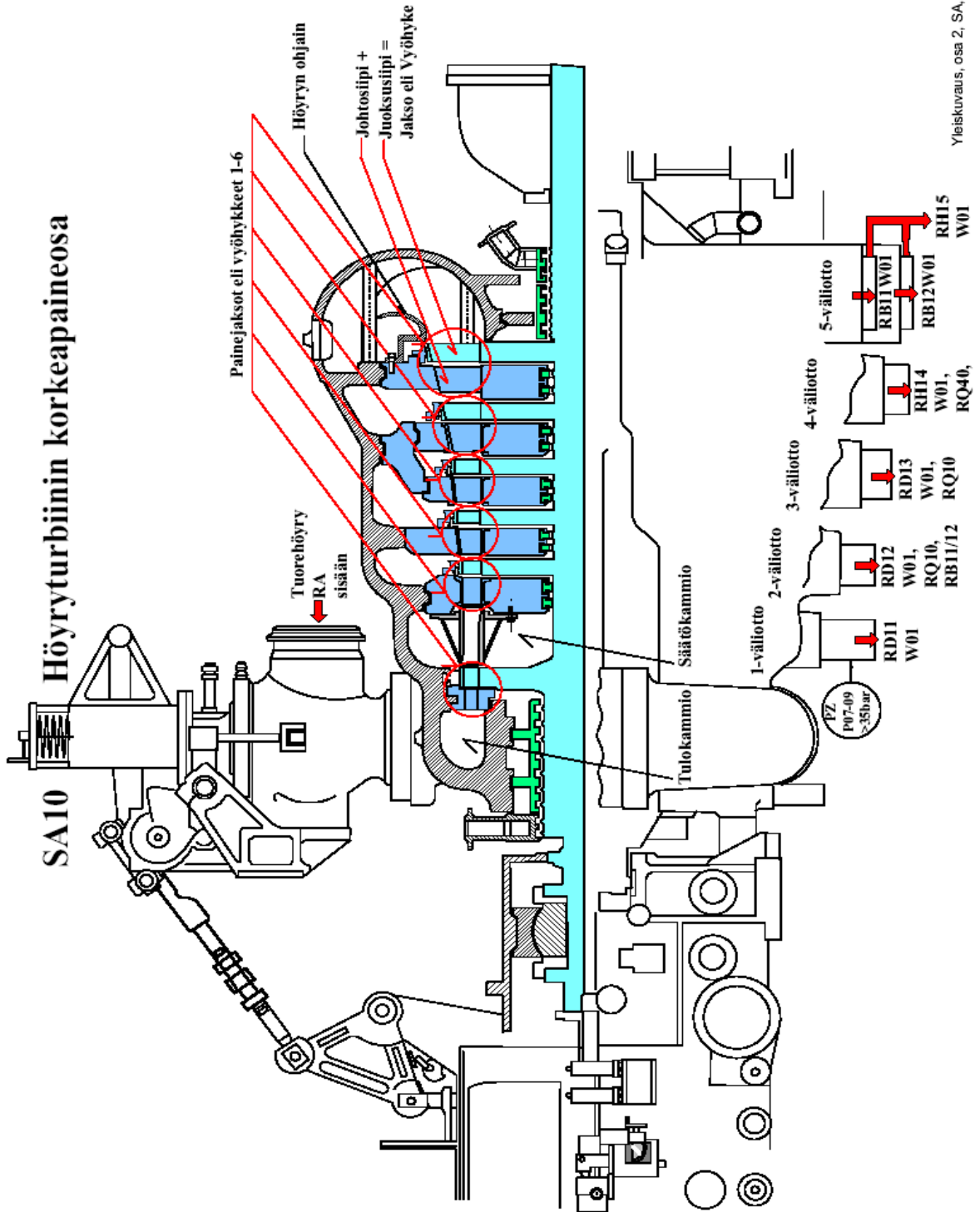
TURPININ, VENTTIILIN JA ÖLJYJÄRJESTELMÄN REVISIO

LO__

R= revisio T= tarkastus, E= endoskoopitarkastus

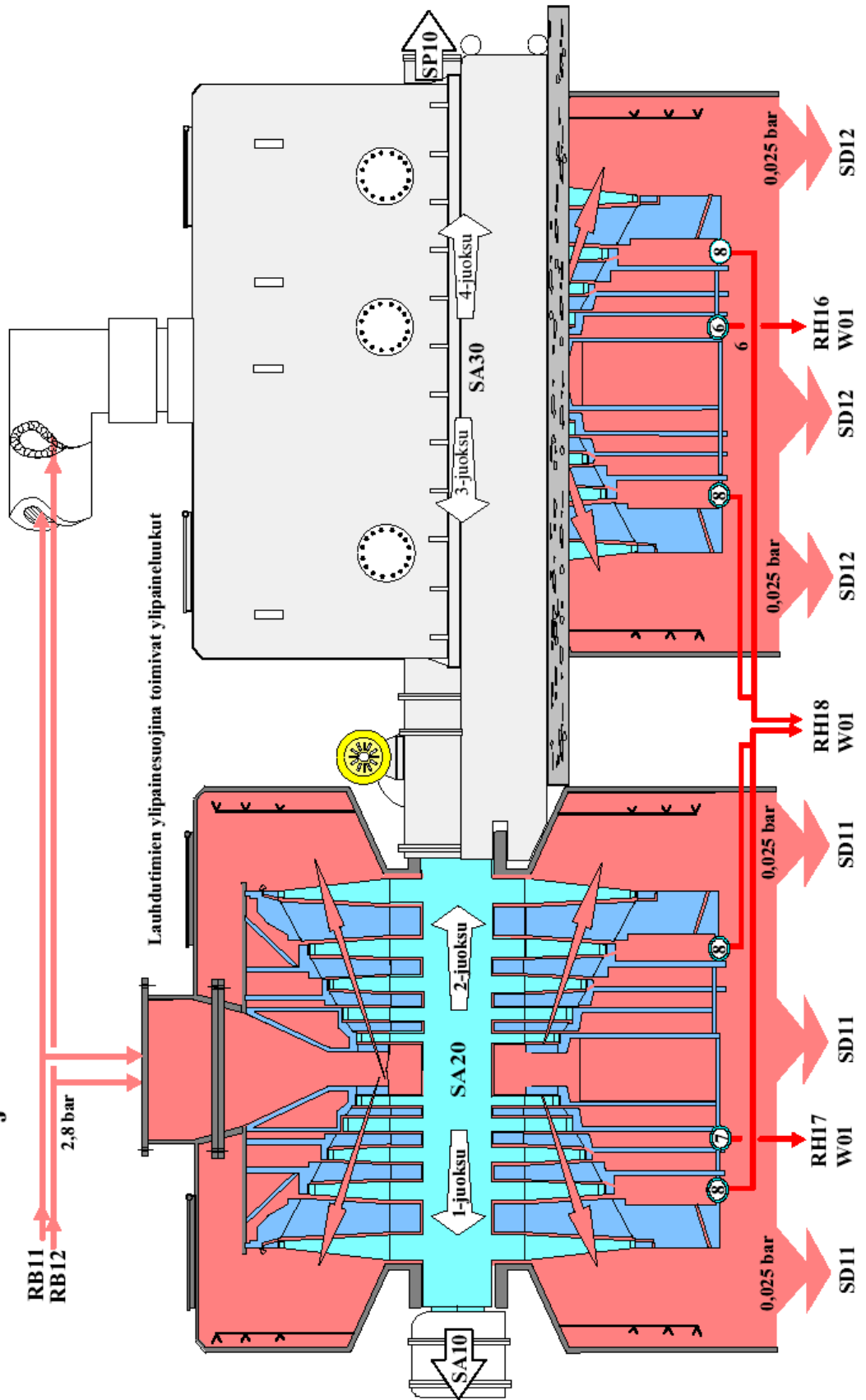
KOHDE		Turpiinirevisio laajuus					
REVISIOJAKSOTUS		TG1	h	TG2		TG3	TG4
SB11/51	1. Laakeri	4 v	32000				
SA10/50	KP-turpiini	8	64000				
SB12/52	2. Laakeri	4	32000				
SB21/61	3. Laakeri	4	32000				
SA20/60	1. MP-turpiini	12	96000				
SB22/62	4. Laakeri	4	32000				
SB31/71	5. Laakeri	4	32000				
SA30/70	2. MP-turpiini	12	96000				
SB32/72	6. Laakeri	4	32000				
SQ11/51	7. Laakeri	4	32000				
SQ11/51	Tiiv.laakeri	1	8000				
SP10/50	Generaattori						
SQ12/52	Tiiv.laakeri	1	8000				
SQ12/52	8. Laakeri	4	32000				
KK10/50	Harjakoneisto						
SQ13/53	9. Laakeri	2	16000				
RB11/51S02	Servo + Sulkuläppä	4	32000				
RB12/52S02	Servo + Sulkuläppä	4	32000				
SA10/50S01	Servo + Ps-venttiili	4	32000				
SA10/50S03	Servo + Ps-venttiili	4	32000				
SA10/50S05	Servo + Ps-venttiili	4	32000				
SA10/50S07	Servo + Ps-venttiili	4	32000				
SA10/50S02	Säätöventtiili	4	32000				
SA10/50S04	Säätöventtiili	4	32000				
SA10/50S06	Säätöventtiili	4	32000				
SA10/50S08	Säätöventtiili	4	32000				
SA10/50S09	KOS-250	2	16000				
SA10/50S10	KOS-250	2	16000				
SA10/50S11	KOS-400	2	16000				
SA10/50S12	KOS-400	2	16000				
SA10/50S13	KOS-600	2	16000				
SA10/50S14	KOS-600	2	16000				
SA20/60S01	KOS-600 (800)	2	16000				
SA30/70S01	KOS- 600 (1200)	2	16000				
SE10/50C011	Kierroslukusäätäjä	4	32000				
SE10/50C012	Jakelumekanismi	4	32000				
	Pääservo	4	32000				
SE10/50C013	Ps-ryntösuoja	4	32000				
	Keskipakoiskytkin	5	40000				
SE10/50S10	Ps-ohjausluisti	4	32000				
SE10/50S11	Ps-ohjausluisti	4	32000				
SE10(50)D01	Pääöljypumppu	2	16000				
SG10/50S02	Tiivisteh.venttiili	1	8000				
SG20/60S02	Tiivisteh.venttiili	1	8000				
RM10/50S025	Lauhdut. s-venttiili	2	16000				
SE10/50N1-6	Suodattimet	1	8000				
SC41/81D01	Nostoölj.ppu	3	24000				
SC42/82D01	Nostoölj.ppu	3	24000				
SC34/74D01	Paaksi	8	64000				
SE10/50F01/2	Sähköhydr.muunnin	4	32000				

6(9)



7 (9)

SA20 ja SA30 HÖYRYTURBIININ MATALAPAINEOSAT



Esimerkkitapaus laakeri 7:n huoltohistoriasta. Jakson ulkopuoliset huollot merkattu oranssilla.

7. Laakeri SQ51				
KZ	Tarkastus/huolto	Työluokka	Vikraportointi	Pvm
20SQ51 G	Laakern määrääntalustarkastus- ja huolto	MT	Toimintakuntoinen	2.4.2007
20SQ51 G	LAAKERIN TARKASTUS	MH	VALETTU JA KONEISTETTU UUDELLEEN.	7.10.2002
20SQ51 G	LAAKERIN TARKASTUS	MH	TARKASTUS OK.	13.9.2001
20SQ51	GENERAATTORIN 7-LAAKERIN PERUSPULTTIEN KIRISTYS.	KU	KIRISTETTY PULTIT.	12.9.2001
20SQ51 G	LAAKERIN TARKASTUS	MH	Työtä ei tehty. KANNEN AVAUS.	12.9.2000
20SQ51 G	LAAKERIN TARKASTUS	MH	KANNEN AVAUS JA SULKU.	14.9.1999
20SQ51 G	LAAKERIN TARKASTUS	MH		2.10.1998
20SQ51	4 LAAKERI SEITSEMISEN PERUSPULTTIEN KIRISTYSTYÖVOITTEENA SAADA AIKAAN VÄRSITTELYJEN ALEMINEN (TALLA HETKELLÄ AKSJAALISUJUN-LAAKERIKANNEN IRROITUS VARAHELYMITTAUSANTURIN SQ51V001 KORJAUSTA VARTEN. SQ51V001 POMPIII AJOITAIN TÄPPIIK, TUTKITTAVA	KU	Komponentin Korjaus	5.1.1995
20SQ51 G	LAAKERIKANNEN IRROITUS VARAHELYMITTAUSANTURIN SQ51V001 KORJAUSTA VARTEN.	KU	Komponentin Korjaus	4.9.1995
20SQ51 G	LAAKERIN TARKASTUS	MH	Komponentin Korjaus	23.9.1994
20SQ51 G	LAAKERIKANNEN IRROITUS VARAHELYMITTAUSANTURIN SQ51V001 KORJAUSTA VARTEN.	KU	Komponentin Korjaus	23.9.1994