

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma

Lassi Pajunen

TURBIINIEN KUNNOSSAPITO-OHJELMAN PARANTAMINEN

Opinnäytetyö 2009

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Merenkulun koulutusohjelma

PAJUNEN LASSI

Opinnäytetyö

Työn ohjaajat

Turbiinien kunnossapito-ohjelman parantaminen

62 sivua + 4 liitesivua

Lehtori Kari Ronkainen,

Jaospäällikkö Martti Joensuu

Toimeksiantaja

Huhtikuu 2009

Avainsanat

Fortum Power and Heat Oy, Loviisan voimalaitos

venttiilit, turbiinit, kunnossapito, huolto, huoltojaksot,
huoltohistoria

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

Työssä on käsitelty laitteiden toimintaperiaatteet sekä huolto- ja koestustoimenpiteet. Työn pääpaino on laitteiden huoltohistorian tutkimisessa. Tarkoituksena on selvittää, huolletaanko laitteita liikaa vai liian vähän. Huoltojakson ulkopuoliset toimenpiteet pyritään erottelemaan määräaikaishuolloista.

Työn tuloksena huoltoväleihin ehdotetaan muutoksia. Tulokset ovat suuntaa antavia ja tarkemmin huoltovälit määrittelee uudelleen voimalaitoksen henkilökunta.

ABSTRACT

KYMENLAAKSO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Maritime engineering

PAJUNEN, LASSI

Bachelor's thesis

Supervisors

Improving of turbine's maintenance program

62 pages + 4 pages of appendices

Senior Lecturer Kari Ronkainen,
maintenance engineer Martti Joensuu

Commissioned by

April 2009

Keywords

Fortum Power and Heat Ltd, Loviisa power plant

valves, turbines, maintenance periods, maintenance, maintenance history

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

This thesis presents the description of equipment operations, maintenance -and proof measures. The main emphasis lies on investigating the maintenance history. The purpose is to find out if the equipment has been maintained too often or too seldom. The external measures have been 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.

ALKUSANAT

Haluaisin kiittää Fortum Power & Heat Oy:tä ja Loviisan ydinvoimalan henkilökuntaa siitä, että he antoivat minulle mahdollisuuden tehdä opinnäytetyöni laitokselle. Haluan myös kiittää Jesse Silanderia hyvästä yhteistyöstä työn eri vaiheissa, sekä vaimoani kärsivällisyydestä opintojeni aikana.

Loviisassa 29.9.2009

Lassi Pajunen

1	JOHDANTO	9
2	FORTUM JA LOVIISAN VOIMALAITOS	10
2.1	FORTUM	10
2.2	LOVIISAN VOIMALAITOS	10
2.3	YDINVOIMALAITOKSEN TOIMINTAPERIAATE	11
3	HÖYRYTURBIINI	13
4	KUNNOSSAPIDON STRATEGIAT	17
4.1	KUNNOSSAPITOLUOKAT	17
4.2	STRATEGIAT	19
4.3	TUNNUSLUVUT	20
5	TURBIININ VENTTIILIT	23
5.1	SÄÄTÖVENTTIILIT	23
5.2	PIKASULKUVENTTIILIT	24
5.3	PIKASULKULÄPPÄVENTTIILIT	26
5.4	TAKAISKUVENTTIILIT	27
5.5	LAUHDUTTIMEN SÄÄTÖVENTTIILI	28
5.6	TIIVISTEHÖYRYVENTTIILI	29
6	SÄÄTÖJÄRJESTELMÄ	30
6.1	PÄÄSERVO JA OHJAUSLUISTI	30
6.2	VÄLIOHJAUSLUISTI	32
6.3	JAKOMEKANISMI	32
7	HUOLTO JA KUNNOSSAPITO	34
7.1	SÄÄTÖVENTTIILIENTEN HUOLTO	34

7.2	PIKASULKUVENTTIILIENTEN HUOLTO	35
7.3	PIKASULKULÄPPÄVENTTIILIENTEN HUOLTO	36
7.4	TAKAISKUVENTTIILIENTEN HUOLTO	36
7.5	LAUHDUTTAMEN SÄÄTÖVENTTIILIENTEN HUOLTO	37
7.6	TIIVISTEHÖYRYVENTTIILIENTEN HUOLTO	37
7.7	PÄÄSERVON JA OHJAUSLUISTIN HUOLTO	37
7.8	VÄLIOHJAUSLUISTIN HUOLTO	38
7.9	JAKOMEKANISMIN HUOLTO	39
8	HUOLTOHISTORIAT JA KUNNOSSAPITO – OHJELMAN PARANTAMINEN	40
8.1	SÄÄTÖVENTTIILIT	40
8.1.1	Turbiinigeneraattori 1	40
8.1.2	Turbiinigeneraattori 2	40
8.1.3	Turbiinigeneraattori 3	41
8.1.4	Turbiinigeneraattori 4	41
8.1.5	Johtopäätökset	41
8.2	PIKASULKUVENTTIILIT	41
8.2.1	Turbiinigeneraattori 1	41
8.2.2	Turbiinigeneraattori 2	42
8.2.3	Turbiinigeneraattori 3	42
8.2.4	Turbiinigeneraattori 4	42
8.2.5	Johtopäätökset	42
8.3	PIKASULKULÄPPÄVENTTIILIT	42
8.3.1	Turbiinigeneraattori 1	42
8.3.2	Turbiinigeneraattori 2	43
8.3.3	Turbiinigeneraattori 3	43
8.3.4	Turbiinigeneraattori 4	43
8.3.5	Johtopäätökset	43
8.4	TAKAISKUVENTTIILIT	44
8.4.1	Turbiinigeneraattori 1	44

8.4.2	Turbiinigeneraattori 2	44
8.4.3	Turbiinigeneraattori 3	45
8.4.4	Turbiinigeneraattori 4	45
8.4.5	Johtopäätökset	46
8.5	LAUHDUTTIMEN SÄÄTÖVENTTIILIT	46
8.5.1	Turbiinigeneraattori 1	46
8.5.2	Turbiinigeneraattori 2	46
8.5.3	Turbiinigeneraattori 3	46
8.5.4	Turbiinigeneraattori 4	47
8.5.5	Johtopäätökset	47
8.6	TIIVISTEHÖYRYVENTTIILIT	47
8.6.1	Turbiinigeneraattori 1	47
8.6.2	Turbiinigeneraattori 2	47
8.6.3	Turbiinigeneraattori 3	48
8.6.4	Turbiinigeneraattori 4	48
8.6.5	Johtopäätökset	48
8.7	PÄÄSERVO	48
8.7.1	Turbiinigeneraattori 1	48
8.7.2	Turbiinigeneraattori 2	49
8.7.3	Turbiinigeneraattori 3	49
8.7.4	Turbiinigeneraattori 4	49
8.7.5	Johtopäätökset	49
8.8	JAKOMEKANISMI	49
8.8.1	Turbiinigeneraattori 1	49
8.8.2	Turbiinigeneraattori 2	50
8.8.3	Turbiinigeneraattori 3	50
8.8.4	Turbiinigeneraattori 4	50
8.8.5	Johtopäätökset	50

8.9	PIKASULKU – JA VÄLIOHJAUSLUISTIT	50
8.9.1	Turbiinigeneraattori 1	50
8.9.2	Turbiinigeneraattori 2	51
8.9.3	Turbiinigeneraattori 3	51
8.9.4	Turbiinigeneraattori 4	51
8.9.5	Johtopäätökset	51
8.10	EKONOMIAKESKEINEN KUNNOSSAPITO	56
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	59
	LÄHTEET	60
	LIITTEET	63
	Liite 1. Turpiinin, venttiilien ja öljyjärjestelmän revisio	63
	Liite 2. Höyryturbiinikaavio	64
	Liite 3. Höyryturbiini	65
	Liite 4. Jakomekanismin SE10C012 huoltohistoria	66

1 JOHDANTO

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

Kunnossapidon parantamisella pyritään saavuttamaan optimaalinen kustannusten ja luotettavuuden suhde. Tämän työn tavoitteena on selvittää, onko Loviisan voimalaitoksen turbiinien akselilinjan laitteita huollettu liikaa vai toisaalta liian vähän. Kunnossa olevaa laitetta avattaessa voi tapahtua asennusvirheitä, jolloin kustannukset lisääntyvät ja laite kuluu. Suuri osa laitteiden toimintavioista on juuri kunnossapidon aiheuttamia. Tästä syystä pyritään välttämään turhia avauksia.

Työssä käsitellään turbiinin venttiileitä sekä säätöjärjestelmää. Tietoja laitteista ja niiden huollosta on kerätty voimalaitoksen Web-Doris tietokannasta. Huoltohistoriatiedot on kerätty voimalaitoksen Lomax-laitostietojärjestelmästä. Tiedot on analysoitu, huoltojakson ulkopuoliset huollot eroteltu ja ehdotettu uusia huoltojaksoja.

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

2 FORTUM JA LOVIISAN VOIMALAITOS

2.1 Fortum

Fortum on Pohjoismaihin, Venäjälle ja Itämeren alueelle keskittyvä johtava energiayhtiö. Liiketoimintaan kuuluu sähkön ja lämmön tuotanto, myynti ja jakelu sekä voimalaitosten käyttö ja kunnossapito. /1/

Fortum on perustettu ja listattu Helsingin pörssissä vuonna 1998. Yhtiöllä on yli 50 000 osakkeenomistajaa. Pääomistaja on Suomen valtio 50,8 %:n osuudella. Liikevaihto vuonna 2008 oli 5,6 miljardia euroa. Konsernissa työskentelee 15 500 henkeä. Sähköasiakkaita on 1,3 miljoonaa. /2/

Fortumin sähköntuotantokapasiteetti vuonna 2008 oli noin 13 500 megawattia. Noin 10 600 megawattia sijaitsee Suomessa ja Ruotsissa, noin 2 800 megawattia Venäjällä ja 145 megawattia muissa maissa. Fortumin lämmöntuotantokapasiteetti vuonna 2008 oli noin 24 200 megawattia, josta noin 13 800 megawattia sijaitsee Venäjällä, noin 8 300 megawattia sijaitsee Suomessa ja Ruotsissa sekä 2 190 megawattia muissa maissa. /1/

2.2 Loviisan voimalaitos

Loviisan voimalaitos tuottaa noin kymmenen prosenttia Suomen vuotuisesta sähköntuotannosta, noin kahdeksan terawattituntia (TWh). Käytettävyydeltään Loviisan voimalaitos kuuluu maailman parhaiden ydinvoimaloiden joukkoon. Käyttökertoimet ovat olleet vuosittain lähes 90 prosenttia. /3/

Loviisan ydinvoimalaitoksella on kaksi VVER - 440 tyyppistä, nettoteholtaan 488 MW:n painevesireaktoria ja kaksi turbiinia / laitosyksikkö. Voimalaitos sijaitsee Loviisan kaupungin edustalla Hästholmenin saarella. Loviisa 1 aloitti tuotannon vuonna 1977 ja Loviisa 2 vuonna 1980. /4/

Reaktori, turbiini, generaattori ja muut pääkomponentit hankittiin Neuvostoliitosta. Turvajärjestelmät, valvontajärjestelmät ja automaatiojärjestelmät hankittiin länsimaista. Kotimaisuusaste oli noin 50 %. /4/

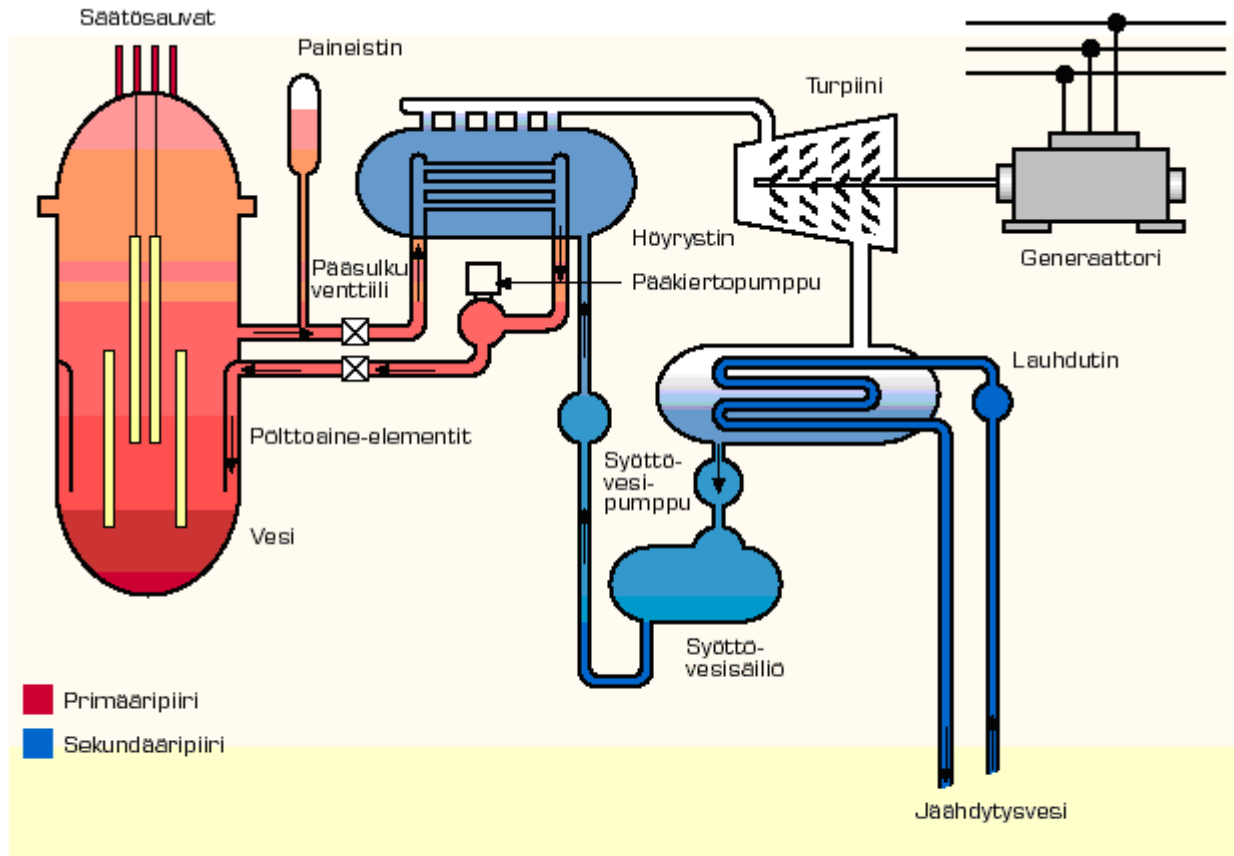
2.3 Ydinvoimalaitoksen toimintaperiaate

Ydinreaktori tuottaa lämpöä polttoaineena käytettävän uraanin atomiytimien haljetessa vapaiden neutronien aikaansaamana. Tuotetun lämmön avulla kiehutetaan vettä korkeapaineiseksi höyryksi. Reaktorissa uraani on pieninä nappeina, joiden halkaisija on noin 1 cm. Uraaninapit ovat kaasutiiviissä metalliputkissa, polttoainesauvoissa. Sauvat on sijoitettu jäähdytysaineella täytettyyn paineastiaan. Sauvojen välitse virtaava jäähdyte kuljettaa lämmön reaktorista. /5/

Tehonsäätö tapahtuu muuttamalla booripitoisuutta jäähdytteessä. Polttoainesauvojen välissä olevilla säätösauvoilla rajoitetaan tehoa. Sauvat sisältävät booria tai kadmiumia, jotka sitovat neutroneja. Vapautuneiden neutronien liikettä hidastetaan, jotta todennäköisyys saada aikaan uraaniytimen halkeaminen kasvaisi. Loviisassa hidastimena käytetään tavallista eli kevyttä vettä. /5/

Loviisan ydinreaktori on tyypiltään painevesireaktori (PWR). Painevesireaktorissa ylläpidetään korkeaa painetta, noin 12 MPa. Korkeasta paineesta johtuen vesi ei kiehu huolimatta noin 300 asteen lämpötilasta. Kuuma vesi pumpataan lämmönvaihtimeen, jossa se luovuttaa lämpönsä sekundääripiirissä kulkevalle vedelle (Kuva 1). Sekundääripiirissä veden paine on noin 7 MPa, jolloin vesi kiehuu höyryksi. /5/

Höyry johdetaan turbiiniin, joka pyörittää generaattoria. Painevesilaitoksessa sekundääripiirin eli turbiinijärjestelmän vesi on erillään primääripiirin eli reaktorijärjestelmän vedestä lämmönvaihtimen avulla. Tämän vuoksi turbiinilaitoksessa ei ole radioaktiivisuutta. /5/



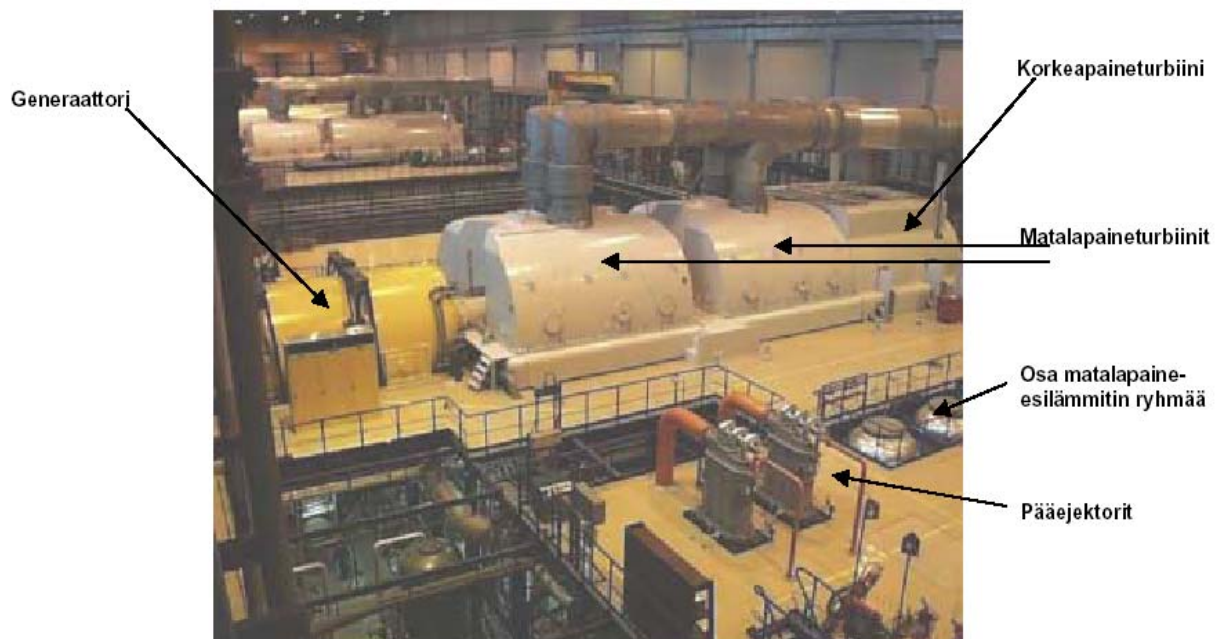
Kuva 1. Painevesilaitos (PWR) /5/

3 HÖYRYTURBIINI

Höyryturbiini muuttaa tuorehöyryn lämpöenergian pyöriväksi mekaaniseksi energiaksi, joka pyörittää turbiinin akselille kytkettyä generaattorin roottoria. Loviisan voimalaitoksella on neljä aksiaalilauhdutinturbiinia, kaksi kumpaakin reaktoria kohti (Kuva 2). Turbiinit koostuvat yksijuoksuisesta korkeapaineosasta (kp) ja kahdesta kaksijuoksuisesta matalapaineosasta (mp) (Liite 3). /6/

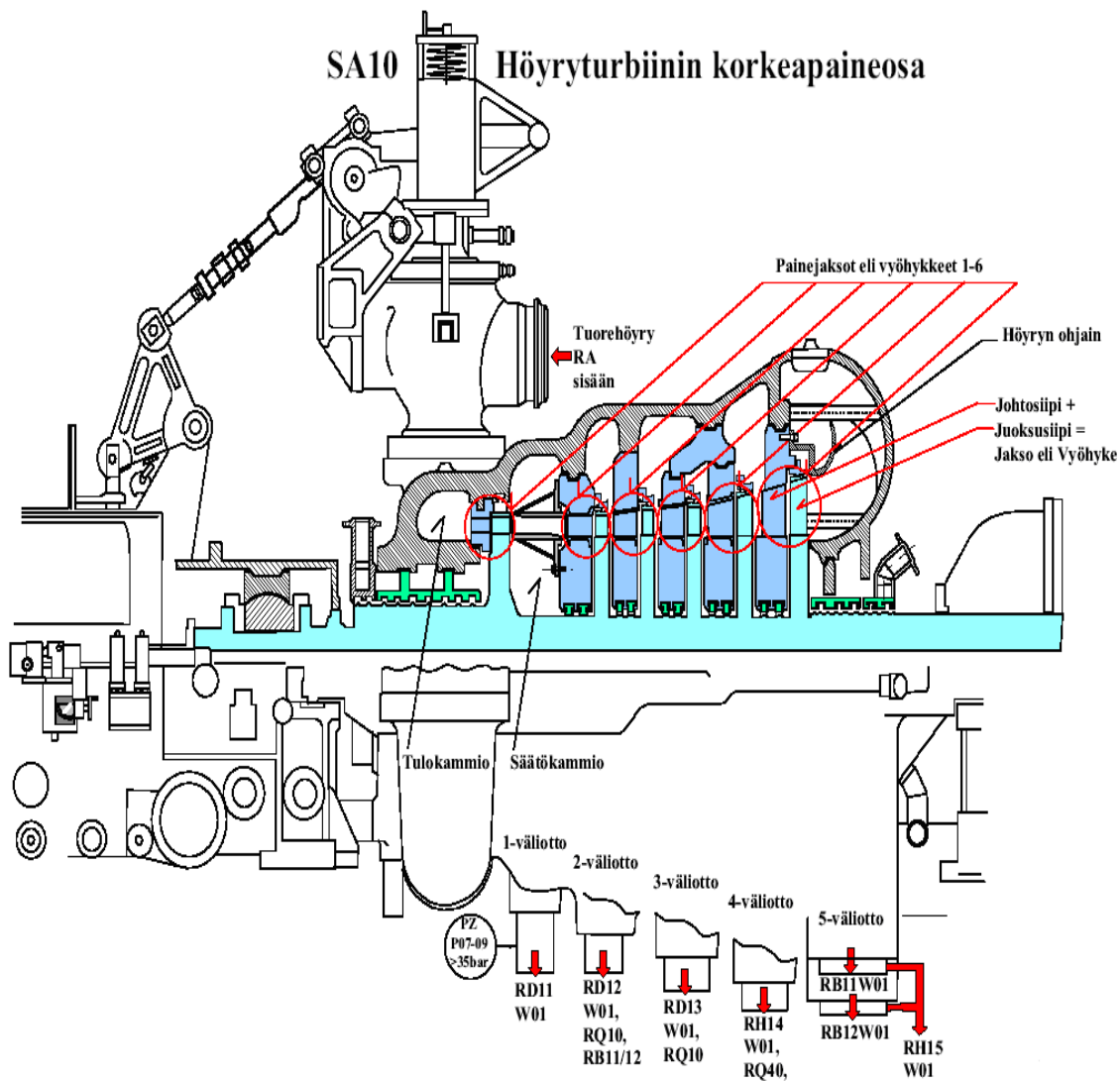
Turbiinin johtosiivistössä höyryn lämpötila ja paine laskevat. Kun paine alenee, höyryn tilavuus kasvaa, jolloin höyryn virtausnopeus kasvaa. Johtosiivet suuntaavat höyryvirtauksen juoksupyörään, joka pyörii höyryvirtauksessa. /7/

Toimintatavaltaan Loviisan voimalaitoksen turbiinit ovat yhdistettyjä aktio-reaktioturbiineja. Tasapaine- eli aktioturbiinissa höyry virtaa juoksupyörän läpi vakio-paineella. Höyryn lämpöputous muutetaan nopeusenergiaksi ainoastaan kiinteissä johtosiivissä. Ylipaine- eli reaktioturbiinissa juoksupyörän tuloreunalla vallitsee suurempi paine kuin jättöreunalla. Höyryn lämpöputous muutetaan nopeusenergiaksi sekä johtosiivissä että juoksupyörässä. /6/



Kuva 2. Loviisan voimalaitoksen turbiinigenaattori /6/

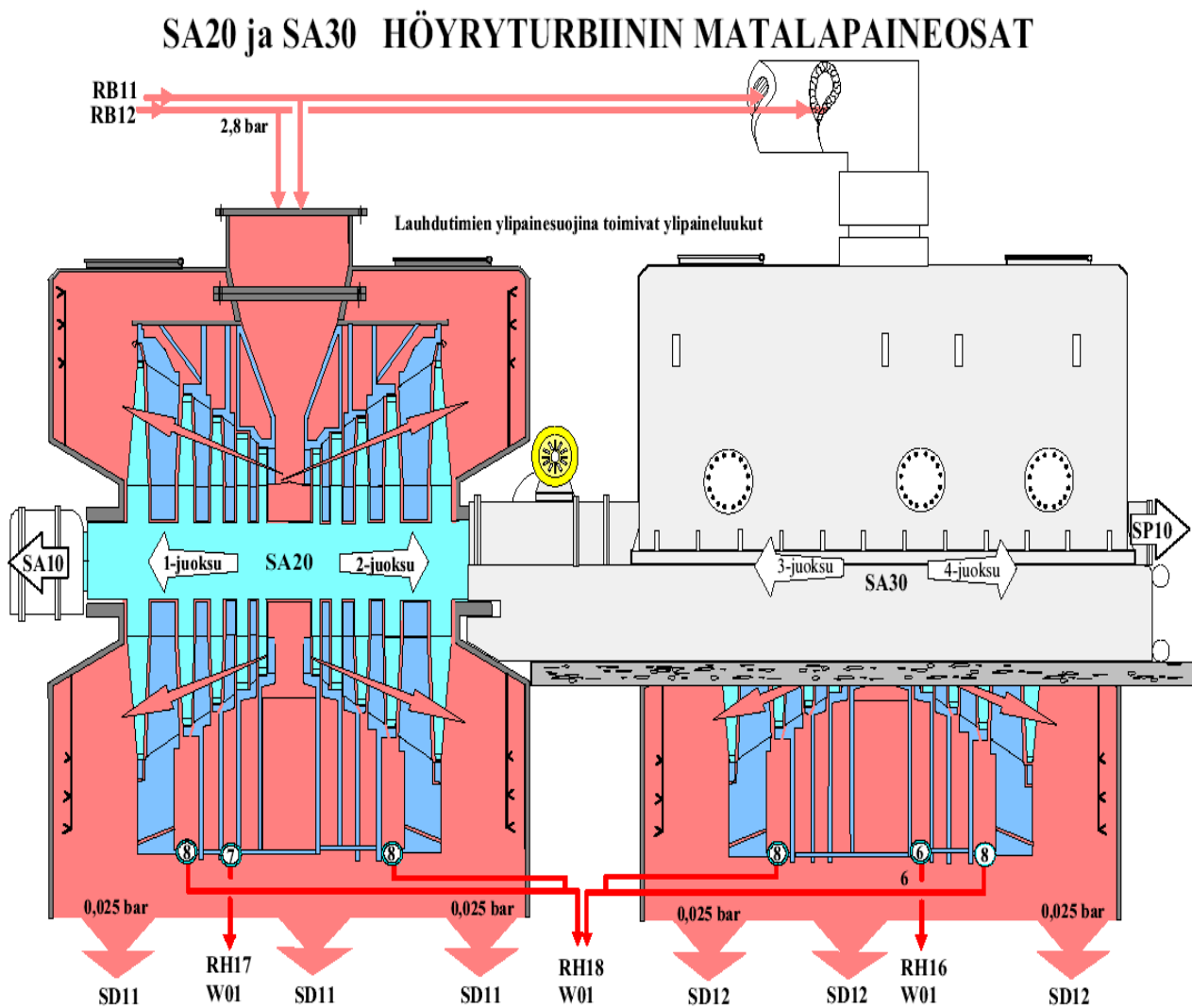
Turbiinin akselille on kytketty suoraan nimellisteholtaan 260 MW:n generaattori, jonka pyörimisnopeus on 3000 r/min. Höyrystimestä tulee n. 44 baarin paineista ja 252 – asteista (°C) kylläistä höyryä. Neljän pikasulkuventtiilin jälkeen höyry ohjautuu 41,3 baarin paineisena neljän säätöventtiilin läpi kp-turbiinin suutinvyöhykkeelle (Liite 2, Kuva 3). Tämä suutinvyöhyke koostuu Laval-tyyppisestä johtosiivistöstä ja Curtis-pyörästä. Seuraavaksi höyry kulkee säätökammion kautta viiden painevyöhykkeen läpi. Painevyöhyke koostuu turbiinin kuorissa kiinni olevasta johtosiivistöstä ja akselilla olevasta juoksusiivistöstä. Väliotto esilämmitysjärjestelmiin on muiden paitsi neljännen painejakson jälkeen. Siivistöt on tiivistetty vuotohäviöiden minimoimiseksi labyrintti-tiivistyksenä. /6/



Kuva 3. Korkeapaineosa /6/

Kun höyry luovuttaa lämpöenergiaansa, muuttuu se kosteaksi ja vesipisaroita sisältäväksi. Turbiinin siivistön suojaamiseksi johdetaan pisaroitunut vesi ulkokehältä väliot-tohöyryn joukkoon. Korkeapaineturbiinin jälkeen höyry johdetaan vedenerottimien kautta kahteen vedenerotusvälitulistimeen ja pieni osa esilämmittimeen. Höyryn paine on tällöin 3,1 bar ja lämpötila 134 °C. /6/

Välitulistuksen jälkeen höyry johdetaan 2,8 baarin paineisena matalapaineturbiineihin (Kuva 4). Neljänsissä vyöhykkeissä ja viidensien johtosiivistöissä erottuva vesi johdetaan kanavistojen kautta ohi viimeisen juoksusiivistön suoraan lauhduttimiin. Matalapaineturbiineista höyry poistuu 0,025 baarin paineisena ja n. 21-asteisena (°C) poisto-kammioiden kautta lauhdutinpuoliskoihin. /6/



Kuva 4. Matalapaineosa /6/

Turbiinin säätö- ja suojausöljyjärjestelmällä (SE) ohjataan säätöventtiileitä ja tehoa. Pääservon vipuvälityslaitteilla ohjataan turbiinin neljän säätöventtiilin nokka-akselia. Öljyvoidellut valkometalliliukulaakerit (SB, SQ) kannattavat turbiinin akselia ja vastaanottavat aksiaali- ja radiaalivoimat. Laakereita on yhteensä yhdeksän, turbiinille kuusi ja generaattorille kolme. Öljyn syötöstä sekä keruusta huolehtii voiteluöljyjärjestelmä (SC). Tiivistehöyryjärjestelmä (SG) estää höyryn ulospäin- ja ilman sisäänvirtauksen. /6/

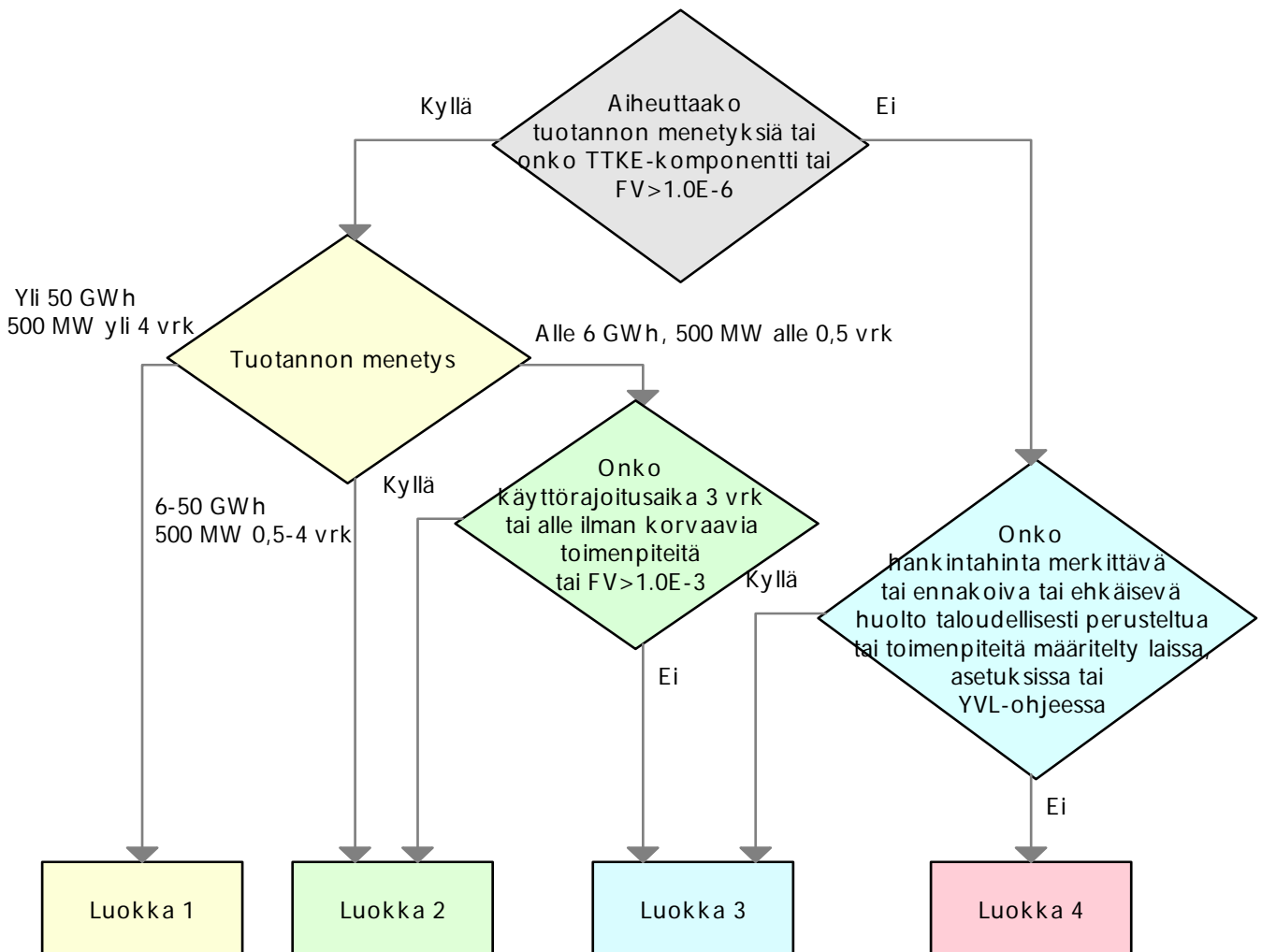
Reaktorin tuottamasta 1500 MW:n lämpöenergiasta saadaan kahdella höyryturbiinilla tuotettua generaattorille sähköenergiaksi 2 x 260 MW. Kp-turbiinin osuus tästä on n. 125 MW ja matalapaineosien yhteensä 135 MW. Noin 980 MW lämpöenergiaa vapautuu lauhduttimissa meriveteen. /6/

Laitoksen taloudellisen käytön kannalta turbiinien toimintakunnon ylläpito on ensiarvoisen tärkeätä. Turbiinien ja generaattorien akseli- ja laakerivärinöitä valvotaan jatkuvatoimisella mittausjärjestelmällä. Turbiinien suojausjärjestelmä lopettaa tarvittaessa höyryn syötön turbiiniin pikasululla. Pikasulussa sulkeutuvat ennen säätöventtiileitä olevat neljä pikasulkuventtiiliä, säätöventtiilit ja RB-välitulistimien jälkeiset RB-läppäventtiilit. /6/

4 KUNNOSSAPIDON STRATEGIAT

4.1 Kunnossapitoluokat

Loviisan voimalaitoksella kaikki laitteet luokitellaan kunnossapitoluokkiin 1 – 4 (Kuva 5). Luokittelun avulla laitteelle valitaan oikea kunnossapitostrategia. Luokittelun perusteena käytetään laitteiden käytettävyyss- ja turvallisuusvaatimuksia sekä investointikustannuksia. Luokittelu suoritetaan kullekin laitteelle pahimman vauriotapahtuman mukaan. Kun laitteesta saadaan käyttö- ja kunnossapitokokemusta, voidaan kunnossapitoluokkaa muuttaa. Laitteissa, joiden luokka on 1 – 3, ehkäisevän ja ennakoivan kunnossapidon määrä ja suhde optimoidaan. /8/



Kuva 5. Loviisan voimalaitoksen laiteluokittelu /8/

•Luokka 1

Kriittiset laitteet, joiden vikaantuminen johtaa huomattaviin tuotannollisiin menetyksiin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että laitos joudutaan ajamaan välittömästi alas tai rajoittamaan tuotantoa merkittäväksi ajaksi. Yhtään toiminnallista vikaa ei sallita käyttöjakson aikana. Kunnossapito-ohjelma on laajin. Turbiinit kuuluvat tähän luokkaan. /8/

•Luokka 2

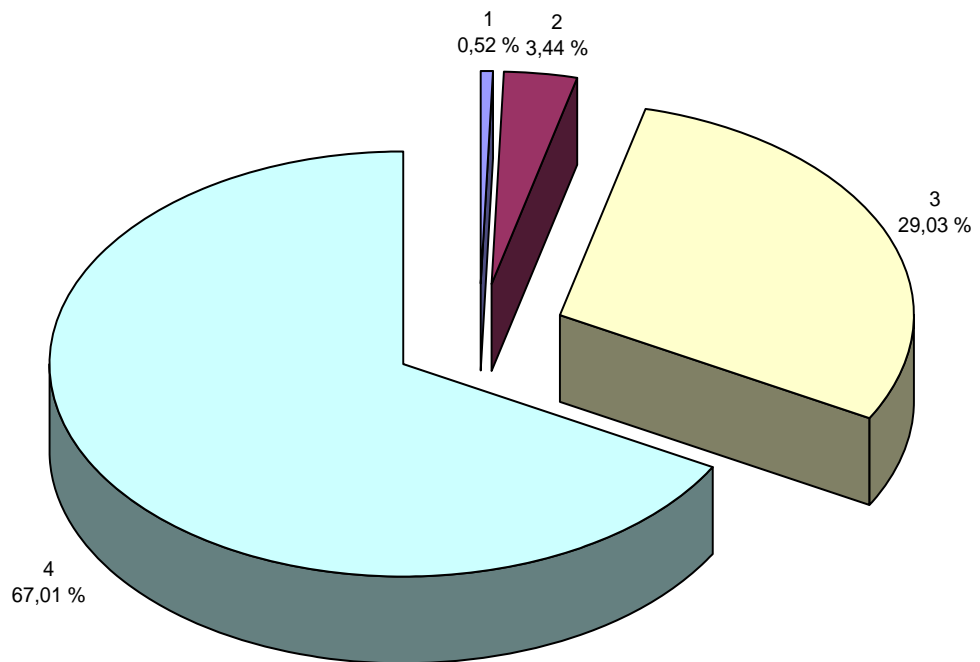
Tärkeät laitteet, joiden vikaantuminen aiheuttaa ongelmia laitoksen käytettävyydelle ja kohtalaisia tuotannon menetyksiä. Laitteet, joiden hankintakustannukset ovat suuret. Yhtään toiminnallista vikaa ei sallita vuotuisen kulutushuipun aikana jouluhelmikuussa. Muina aikoina käytettävyyden tulee olla vähintään 99 %. /8/

•Luokka 3

Merkittävät laitteet, joiden vikaantuminen aiheuttaa vähäisiä tuotannon menetyksiä. Laitteet, joiden hankintakustannukset ovat suuret; laitteet, joilla on turvallisuusvaatimuksia tai joiden ennakoiva tai ehkäisevä kunnossapito on taloudellisesti perusteltua. Käytettävyyden tulee olla vähintään 97,5 %. /8/

•Luokka 4

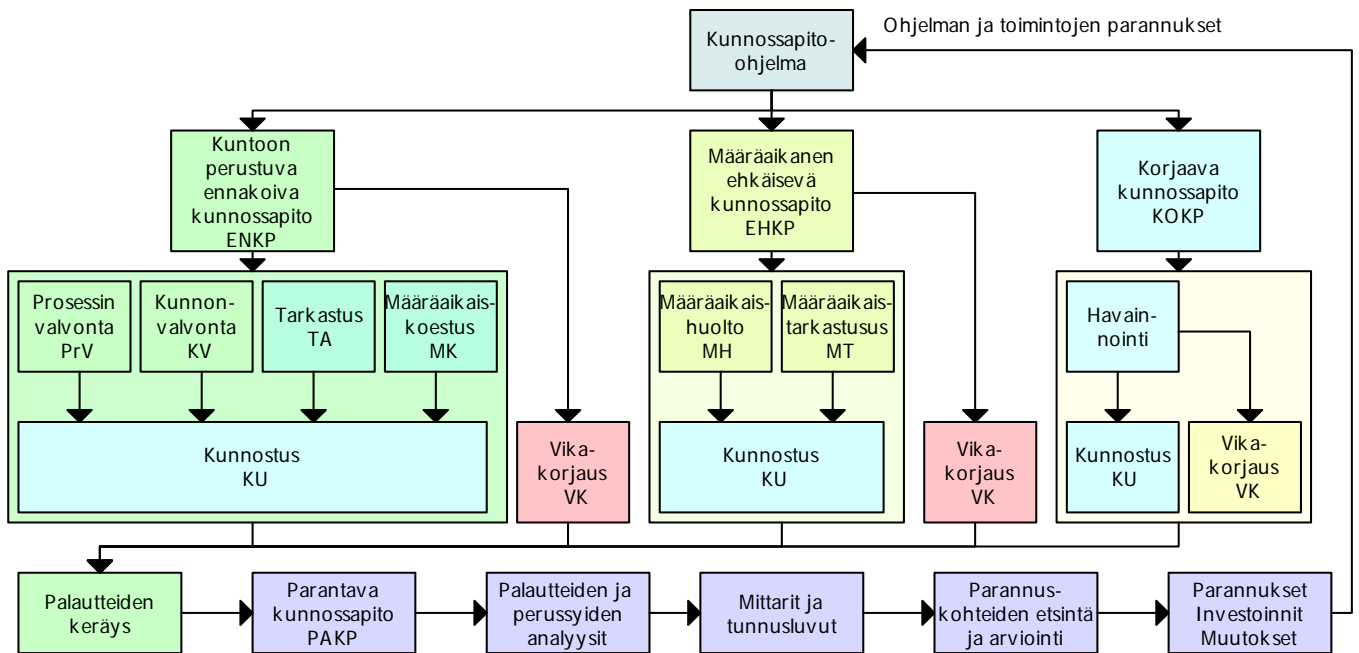
Laitteet, joilla ei ole turvallisuusvaatimuksia, käytettävyyksivaatimuksia eikä tuotannollisesti tai taloudellisesti ole perusteltua suorittaa ennakoivaa tai ehkäisevää kunnossapitoa. Laitteiden kuntoa seurataan normaalilla käytönvalvonnalla. Nämä laitteet voidaan ajaa rikki ja korvata uudella. /8/ Kuten kuvasta 6 ilmenee, on luokkaan 4 kuuluvia laitteita selvästi suurin osa.



Kuva 6. Laiteluokkien 1 – 4 prosentuaaliset osuudet /8/

4.2 Strategiat

Kunnossapitostrategioita ovat ennakoiva, ehkäisevä, korjaava ja parantava kunnossapito (Kuva 7). Ennakoiva kunnossapito on kuntoon perustuvaa kunnossapitoa. Ehkäisevä kunnossapito on määräaikaista ennakkohuoltoa. Korjaavassa kunnossapidossa laite huolletaan tai vaihdetaan vasta, kun sen toimintakyky on alentunut tai se ei suoriudu sille tarkoitettusta tehtävästä. Huolloista saatavien palautetietojen perusteella kunnossapito-ohjelmaa parannetaan eli tehdään parantavaa kunnossapitoa. /8/



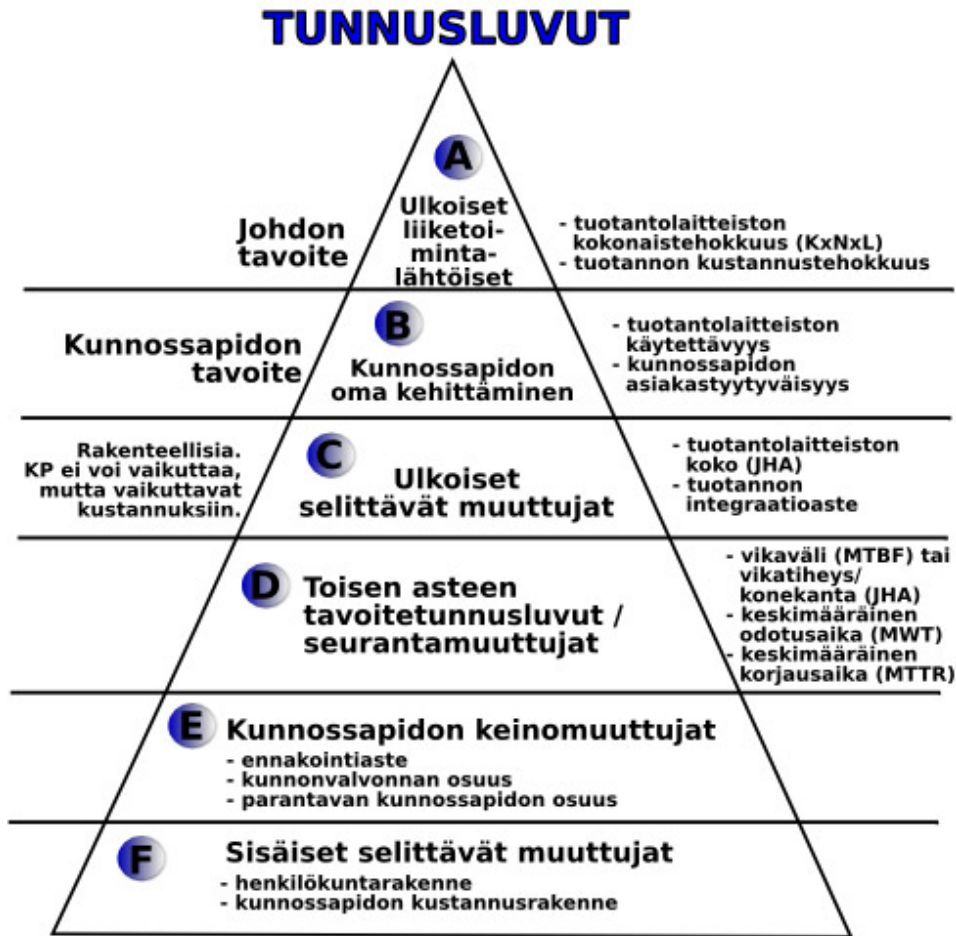
Kuva 7. Kunnossapidon strategiat /8/

4.3 Tunnusluvut

Asetettujen tavoitteiden toteutumista ja toiminnan tehokkuutta tulee seurata. Tunnusluvut (Kuva 8) ovat yrityksen kerätyistä tiedoista laskettuja indikaattoreita siitä, kuinka hyvin asetetut suoritustavoitteet on saavutettu. Ne ovat tärkeä osa yrityksen tavoitteiden sekä henkilöiden avaintulostavoitteiden määrittelyä.

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. /9/



Kuva 8. Kunnossapidon tunnusluvut /9/

Tunnusluvut eivät yksistään anna riittävää kokonaiskuvausta kunnossapidon toiminnallisesta tehokkuudesta tai kustannustehokkuudesta. Tarvitaan useamman tunnusluvun samanaikaista tutkimista, yrityksen liiketoiminnan, sidotun pääoman, tuotannon sekä kunnossapidon sisäisen toimintakyvyn tarkastelua. /9/

Tunnusluku ja sen arvo eivät sinänsä ole tavoitteita, vaan se tilanne ja tehokkuusaste, jota se kuvaa. Järjestelmää tulee jatkuvasti kehittää, jotta luvut muuttuisivat myös toiminnan muuttuessa ja jotta niihin voidaan toteuttaa käytössä havaitut parantavat ajatukset. /9/

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. /9/

Kunnossapidon kokonaisvaltaisen tunnuslukujärjestelmän mallissa on tunnusluvut jaettu avainalueisiin hierarkkisesti:

- **kunnossapidon ulkoiset tavoitemuuttajat** ovat liiketoiminnallisia, seuraavat yrityksen johdon tavoitteita sekä strategiaa
- **sisäiset tavoitemuuttajat** mittaavat kunnossapidon tehokkuutta, taloudellisuutta sekä tuottavuutta
- **ulkoiset selittävät muuttajat** auttavat tulkitsemaan muita tunnuslukuja ja arvioimaan niitä, ns. olosuhdetekijöitä
- **seurantamuuttajat** saattavat antaa informaatiota parannuskohteista, joita voidaan asettaa kehittämistavoitteiksi
- **keinomuuttajat** ovat välineitä tavoitteiden saavuttamiseksi, seurannan tuloksena voidaan analysoida toimintaa ja kohdistaa toimia kunnossapitoa vaativille kohteille
- **sisäiset selittävät muuttajat** antavat informaatiota kunnossapidon kustannusrakenteesta, organisaatorakenteesta ja töiden kohdistumisesta. /9/

Loviisan voimallaitoksen suorituskyvyn mittaaminen on tärkeää tiukkojen turvallisuus ja tehokkuusvaatimusten valossa. Tunnusluvuilla pystytään tunnistamaan ongelma-kohtat sekä kohdistamaan toimenpiteet oikein. Käyttöään hallinnalla pyritään saamaan valmiudet 50 vuoden käyttöikään molemmilla laitosyksiköillä nykyisellä tehotasolla. /10, 26/

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. /10, 31/

5 TURBIININ VENTTIILIT

Turbiinissa on neljä säätöventtiiliä, neljä pikasulkuventtiiliä, kaksi välitulistimen läppäventtiiliä, kaksi tiivistehöyryventtiiliä, lauhduttimen säätöventtiili sekä kahdeksan väliottojen takaiskuventtiiliä. Turbiinin säätö- ja suojausöljyjärjestelmä syöttää ohjaus- ja toimiöljyä hydraulisesti toimiville säätö-, pikasulku- ja välitulistimen läppäventtiileille sekä ohjaa niiden toimintaa.

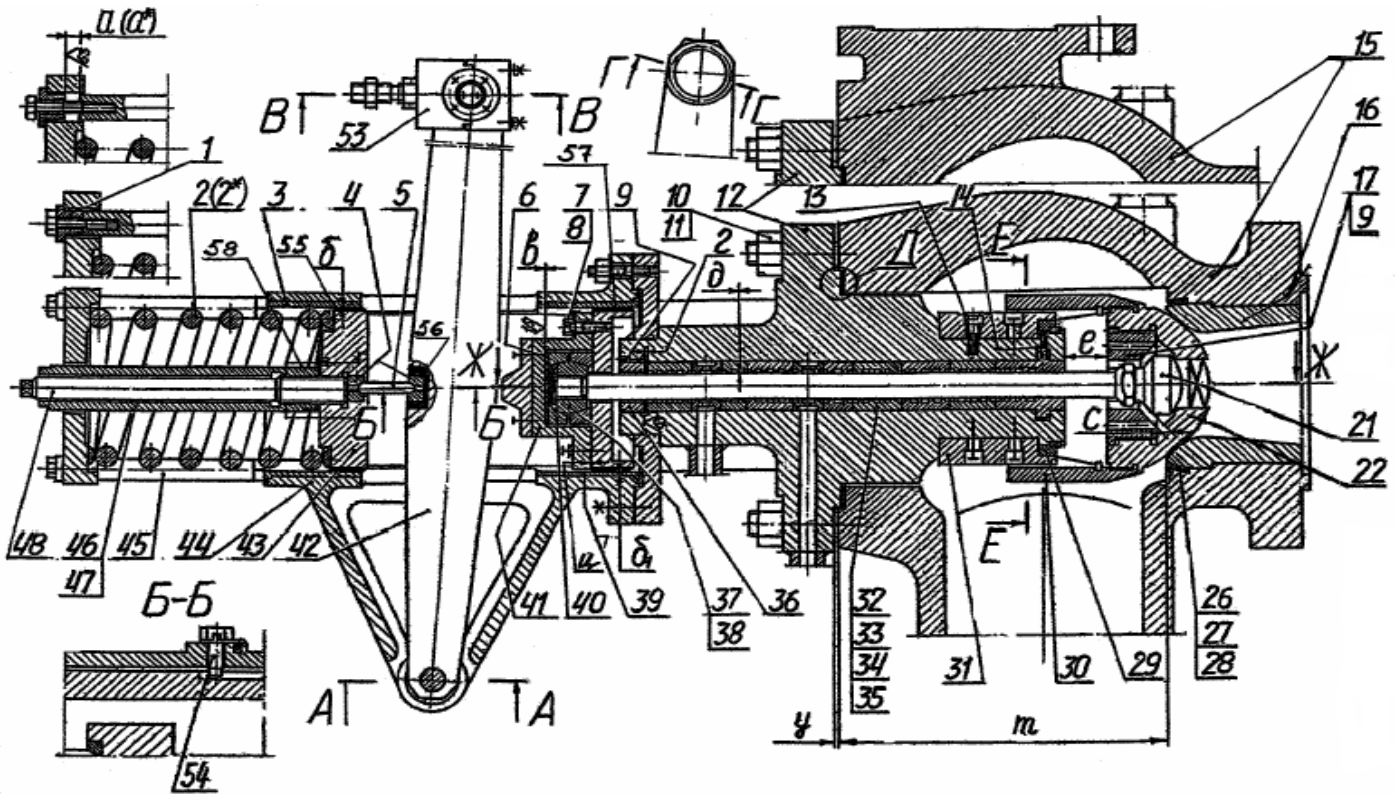
5.1. Säätöventtiilit

Turbiinilla on suutintyyppinen höyrynjakosysteemi, johon kuuluu 4 säätöventtiiliä (Kuva 9). Säätöventtiilit kuuluvat laiteluokkaan 2. Kun turbiinia ajetaan nimellisteholla, ovat 1. ja 2. säätöventtiili täysin auki. Tehoa säädellään 3. ja 4. venttiilillä. /11/

Säätöventtiilien tehtävänä on muuttaa turbiiniin menevää höyryvirtaa, jolla generaattorin sähköteho muuttuu. Reunaventtiilit 1 ja 2 sijaitsevat turbiinin molemmilla reunoilla, ja ne on kiinnitetty kp-sylinterin alapuolikkaan yhteisiin. Yläventtiilit 3 ja 4 on kiinnitetty kp-sylinterin yläpuolikkaaseen. Kaikkia säätöventtiilejä ohjaa yksi servomoottori, pääservo. /11/

Venttiilit on numeroitu niiden avautumisjärjestyksen mukaan. Avautumisjärjestyksen määrää jakomekanismin nokkamuotoisuus. Venttiilit avautuvat nokkien profiileilla ja sulkeutuvat jousilla. 1. ja 2. venttiili avautuvat samanaikaisesti. 1. venttiilillä on kevennysventtiili siihen kohdistuvien höyryvoimien pienentämiseksi. /11/

Venttiilejä on suojattu höyryvirrassa pyörimiseltä kahdella kevennyssylinterin uriin menevällä kiilalla (31, 38). Venttiilin kannella on tiivisteholkit (32, 33) karan läpi menevien höyryvuotojen vähentämiseksi. /11/



Kuva 9. Säätöventtiili /12/

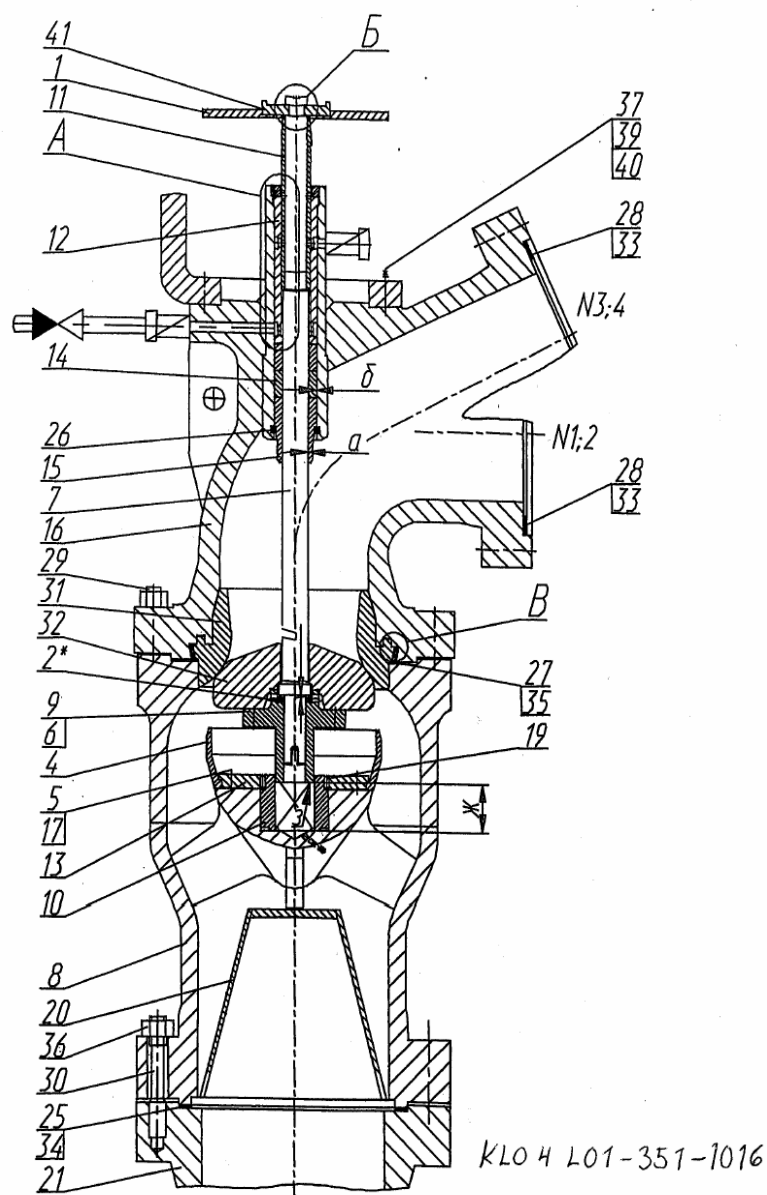
5.2. Pikasulkuventtiilit

Pikasulkuventtiilien tehtävänä on pysäyttää höyryn pääsy turbiiniin. Pikasulun sattuessa sulkeutuvat kaikki neljä pikasulkuventtiiliä noin puolessa sekunnissa. Pikasulkuventtiilit kuuluvat laiteluokkaan 2. /13/

Pikasulkuventtiilin rungon sisään on hitsattu virtauksen ohjaaja, joka toimii samalla venttiilin kannattimena. Servomoottori ja öljykytkin on sijoitettu venttiilin yhteeseen. Kytkimen luisti on öljynpaineen kuormittama ja venytysjousen voiman tasapainottama akselipesässä. Venttiileitä pitää avoimina voimaöljyn paine. Luistin ollessa työasennossa se on puristettuna satulaan, ja se sulkee samalla öljyn pääsyn servomoottorin männän alta. Öljynpaineen pudotessa luisti liikkuu jousen vaikutuksesta ylös ja samalla sulkee voimaöljyn pääsyn servomoottoriin sekä yhdistää männän yläpuolella olevan tilan vesityksen kanssa. /11/

Voimalinjan öljyn paineen pudotessa alle 8 baariin pikasulkuventtiili sulkeutuu jousen ja höyryn paineen vaikutuksesta. Kytkin viritetään toimintaan säätämällä öljykytkimen jousen pingottuneisuutta. Paine-ero venttiilissä ei saa ylittää $3 \text{ kg} / \text{cm}^2$, jotta se avautuisi. Venttiilin avaamista varten on sen karassa kevennysventtiili. /11/

Pikasulkuventtiileillä on rajakatkaisin, josta näkee sen asennon sekä paikan päällä että kauempaa. Venttiileissä on höyryseula (20), jotta turbiinin läpivirtausosaan ei pääsisi vieraita esineitä. Tiivisteholkit (27) vähentävät karan höyryvuotoja. Pikasulkuventtiileitä voidaan avata ja sulkea joko täysin tai osittain. (Kuva 10) /11/

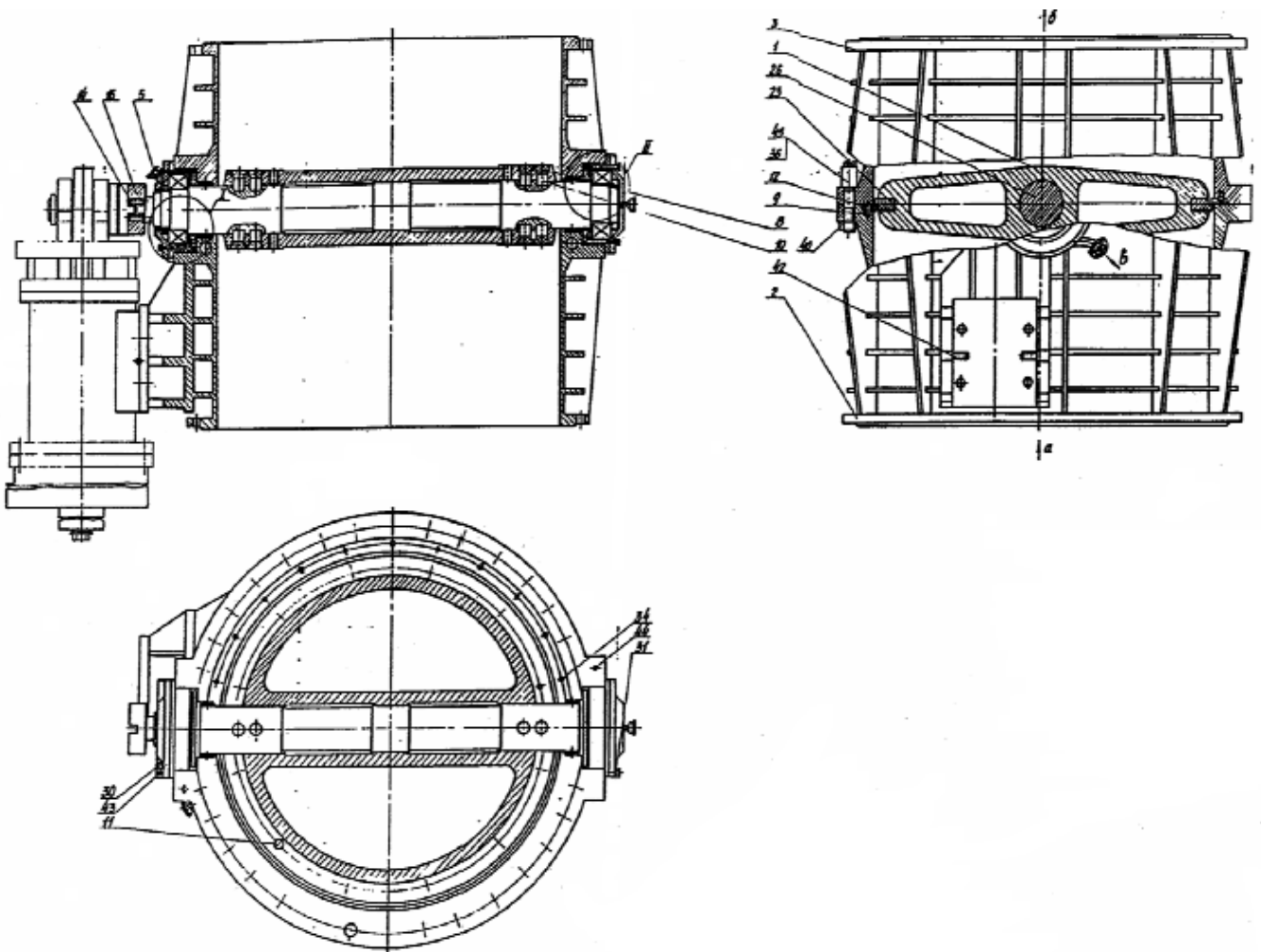


Kuva 10. Pikasulkuventtiili /14/

5.3 Pikasulkuläppäventtiilit

Pikasulkuläppäventtiilit ovat välitulistimen pikasulkuläppiä, ja ne kuuluvat laiteluokkaan 3. Pikasulkuläpät ovat servomoottorin ohjaamia. Pikasulkuläppien tehtävänä on turbiinin pikasulussa estää kp-turbiinissa, linjoissa ja vedenerotin-välitulistimessa olevan höyryn virtaus mp-turbiiniin. Pikasulkuläpät sijaitsevat mp-turbiineihin johtavissa höyrylinjoissa. /15/

Pikasulkuläppä (Kuva 11) koostuu kahdesta puolikkaasta. Servomoottori pyörittää läpän akselia hammastangon ja -rattaan avulla. Läpän akseli lepää pallokuulalaakereilla. Pikasulkuläppä on tehty valamalla, puristettu tiiviisti akseliin ja kiinnitetty puikoilla. Läpän sulkulaitteet ovat puolirenkaan muotoiset. Pikasulkuläpän ulkopuolella on holkkitiivisteet höyryvuotojen pienentämiseksi. /11/

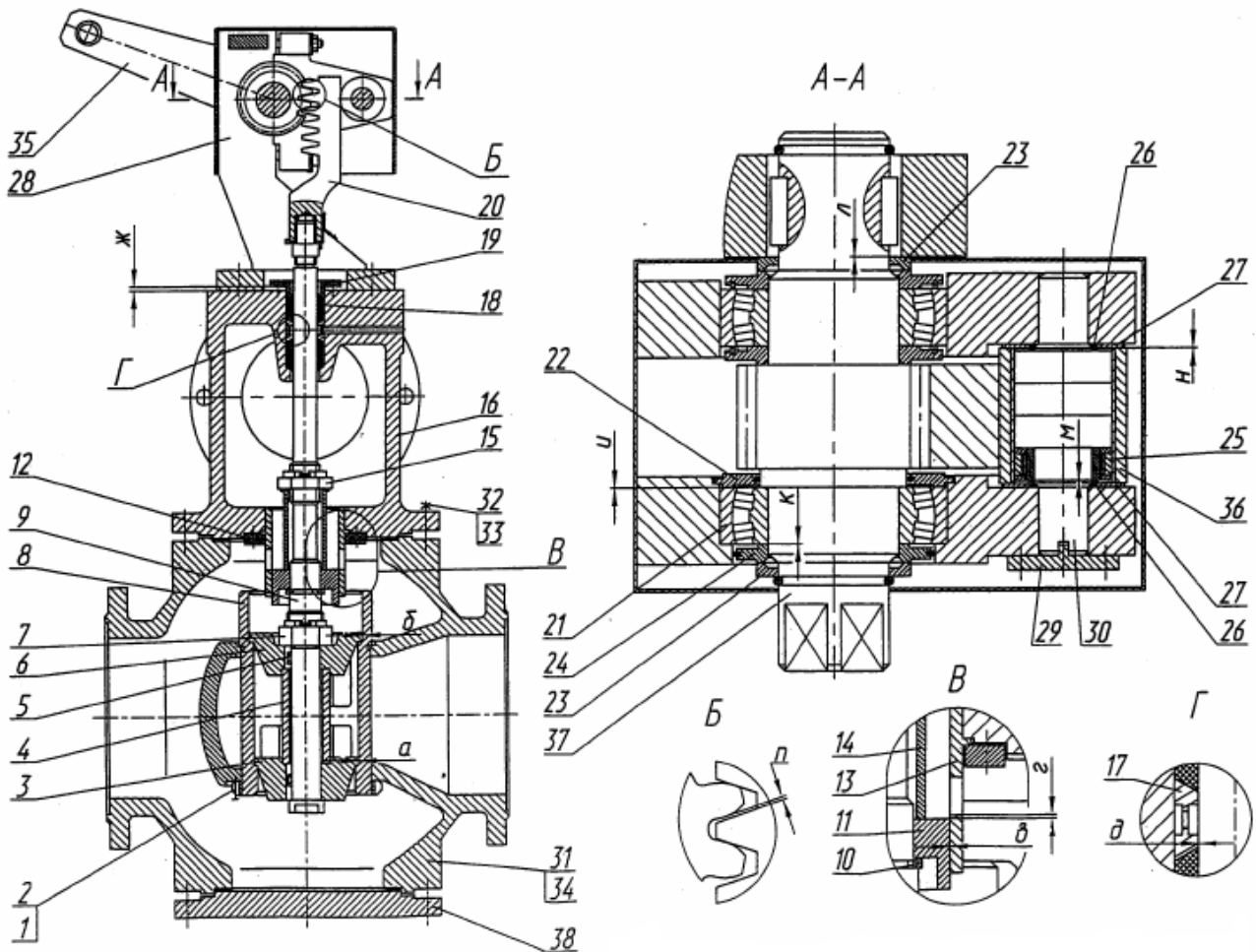


Kuva 11. Pikasulkuläppäventtiili /16/

Kp-sylinterin 1. , 2. , 3. , 5. ja 6. vaiheen sekä mp-sylinterin 1. , 2. ja 4. vaiheen jälkeen on höyryn väliotot, joissa on takaiskuventtiili. Väliotoissa 7 ja 8 ei ole takaiskuventtiiliä, koska kyseisissä väliotoissa höyryn paine on vähäinen. /11/

5.5 Lauhduttimen säätöventtiili

Päälauhde johdetaan lauhteenpuhdistuslaitoksen ja ejektorien jälkeen lauhduttimen kolmitiepiennansäätöventtiilille (Kuva 13). Venttiili säätelee lauhduttimien pintaa ja takaa riittävän lauhdevirtauksen kaikissa kuormitusilanteissa päälauhdepumpuille sekä ennen venttiiliä oleville kuluttajille. Riittävän lauhdevirtauksen takaaminen onnistuu tarvittaessa palauttamalla osa lauhteesta takaisin lauhduttimiin. Lauhduttimen pinnansäätöventtiili kuuluu laiteluokkaan 3. /18/

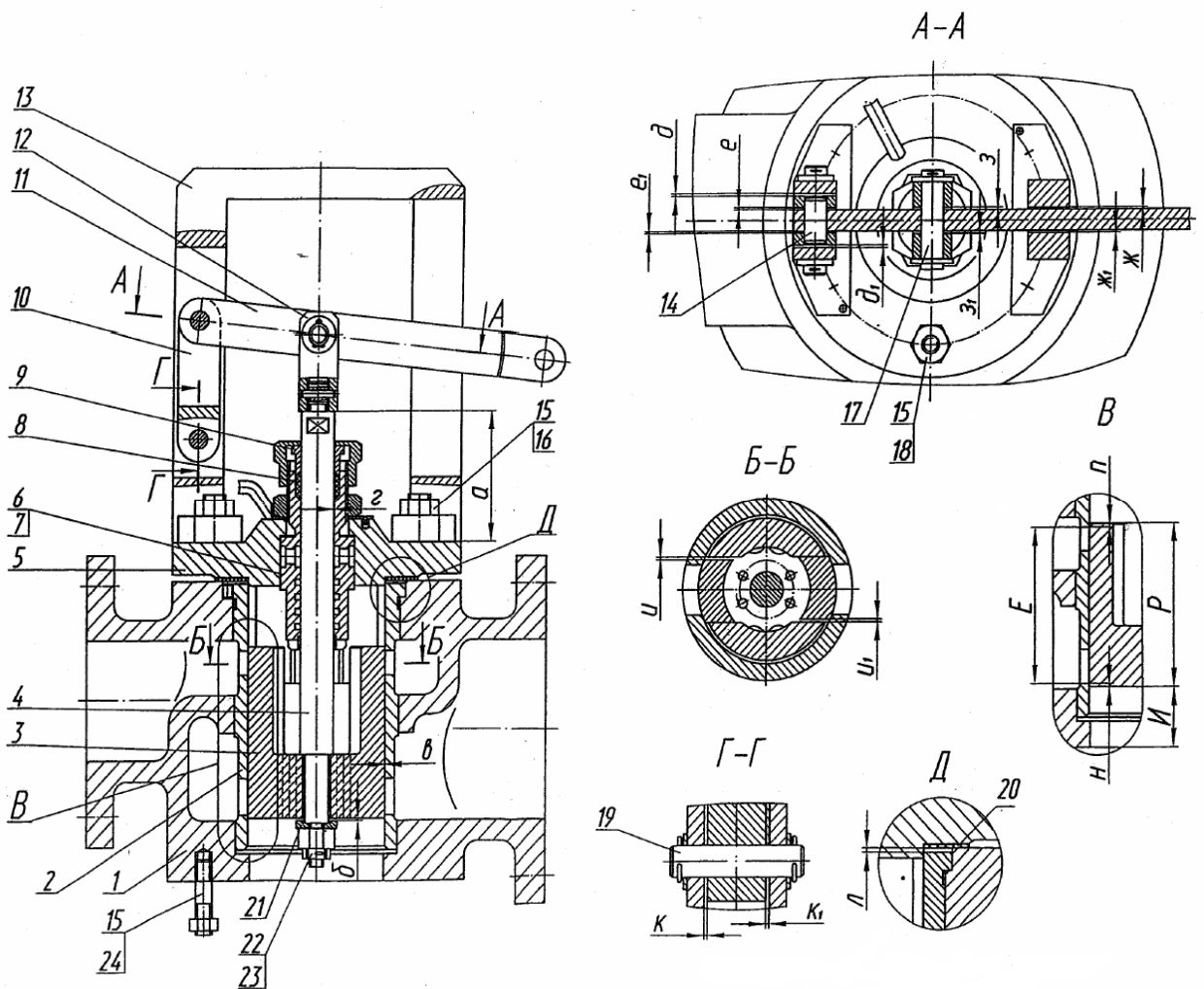


Kuva 13. Lauhduttimen pinnansäätöventtiili /19/

5.6 Tiivistehöyryventtiili

Tiivistehöyryventtiilit ovat turbiinin tiivistyshöyryjärjestelmän säätöventtiilejä. Venttiilejä on kaksi / turbiini. Tiivistyshöyryjärjestelmän höyryn syötöllä ja poistolla tiivistetään turbiinin pesien ja akselin labyrinttitiivistein varustetut läpivientikohdat. Tällä tavoin estetään ilmavuodot lauhduttimeen ja höyryvuodot turbiinihalliin kaikissa turbiinin käyttöoloissa. Tiivistehöyryventtiilit kuuluvat laiteluokkaan 3. /20/

Säätöventtiili SG10S02 (Kuva 14) syöttää omakäyttöhöyryä 1,2 baarin paineella etutiivisteeseen 7. ja 8. lohkon ja takatiivisteeseen 3. ja 4. lohkon väliin. Säätöventtiili SG20S02 syöttää omakäyttöhöyryä matalapaineturbiinin akselitiivisteille, 1,2 baarin paineella neljälle tiivisteelle, 1. ja 2. lohkon väliin. Tällä tavoin akselitiivisteille muodostuu höyrysulku. /20/



Kuva 14. Tiivistehöyryventtiili /21/

6 SÄÄTÖJÄRJESTELMÄ

6.1 Pääservo ja ohjausluisti

Pääservomoottori (Kuvat 15 ja 16) liikuttaa säätöventtiilejä hammasvälityksellä ja jakomekanismin välityksellä. Pääservo kuuluu laiteluokkaan 2. Sähköhydraulisten muuntimien säätämä ohjausöljyn paine välittyy ohjausluistille (4), joka ohjaa toimiöljyllä pääservomoottoria. /9/ Pääservomoottori ja ohjausluisti sijaitsevat etummaisen laakerin tuen sisällä oikealla puolella. Ohjausluistin runko (5) on kiinnitetty servomoottorin kuoreen. Servomoottori on kaksipuolinen ja jouseton. Mäntä (14) liikkuu kahdessa ohjausholkissa (17, 9), joista toinen on sijoitettu runkoon, toinen kanteen. /11/

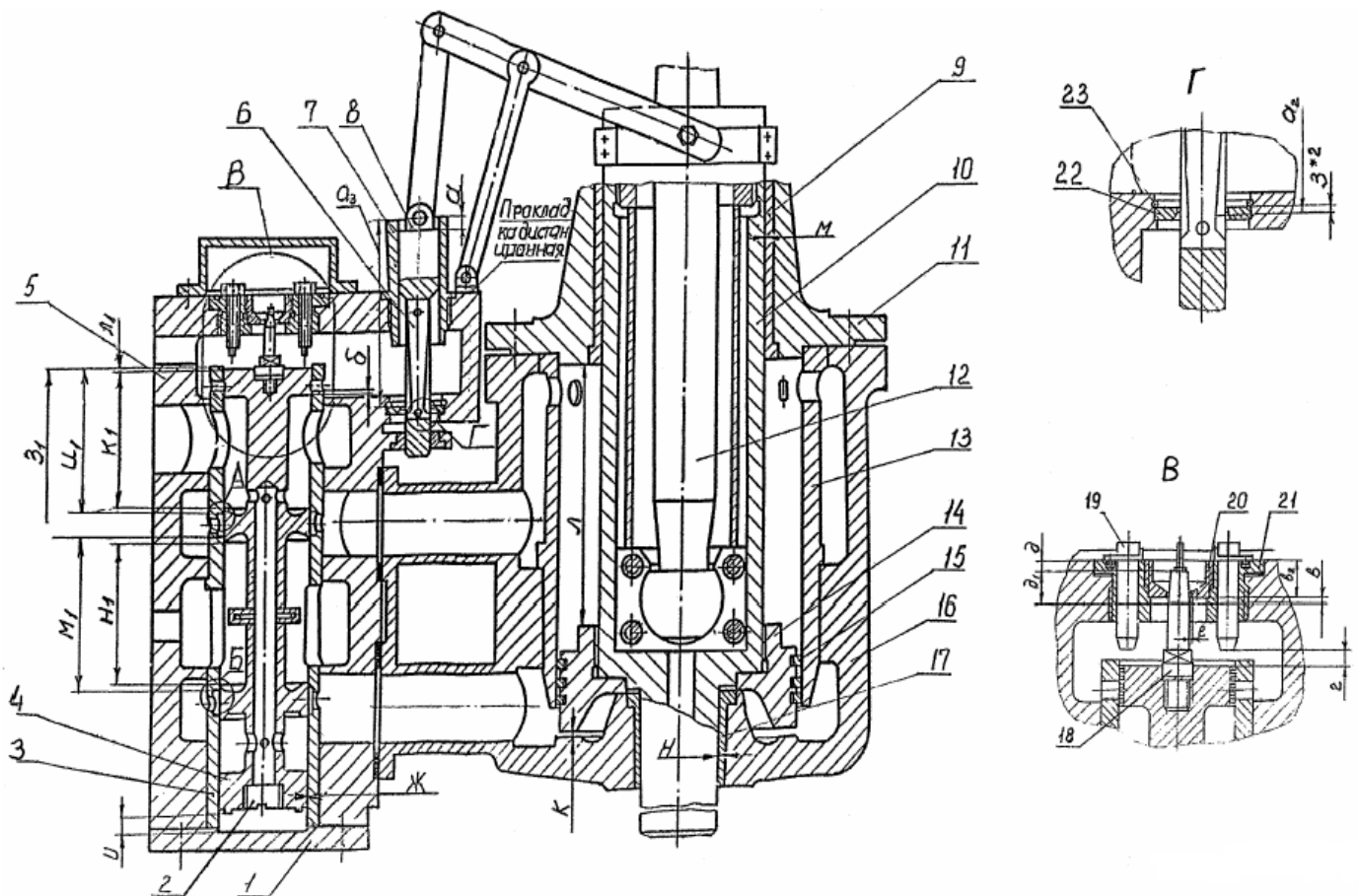
Männän voima välittyy jakomekanismin hammastankoon karan (12) kautta. Kara on männän paineella liikkumattoman akselin ympärillä. Kara tulee ulos tuen kansiosasta. Ulostulokohdassa on tiivisterengas. Tuen kannessa on asteikko ja sähköanturi rajakaisijoiheen. Asteikosta voidaan nähdä servomoottorin männän asento sekä paikan päältä että kauko-ohjauksella. /11/



Kuva 15. Säätöventtiilien pääservo /13/

Ohjausluisti välittää impulsseja nopeuden säätimestä pääservomoottoriin. Servomoottori liikkuu, kun voimaöljyä syötetään kammioon A. Öljy menee luistin porauskohtia pitkin kammioon C. Luistin liikkeessa alas öljy menee kammiosta A holkin ikkunaluukun kautta servomoottorin ylätasolle. Alataso yhdistyy kammion B välityksellä vesityksen kanssa ja servomoottori sulkeutuu. Kun luisti liikkuu keskiasennosta ylös, servomoottorin ylätaso yhdistyy vesityksen kanssa. Kammion C kanssa yhdistyneeseen alatasoon tulee öljyä kammiosta A ja servomoottori avautuu. /11/

Pääservomoottorin liikkeiden stabiloimiseksi muodostetaan ohjausluistin päälle toimiöljystä takaisinkytkentäpaine. Paine muodostuu pääservon vipuvälityksen ja ohjausluistin ohjaaman kartiotappikuristimen avulla. Servomoottorin liike loppuu, kun takaisinkytkentäöljyn ja ohjausöljyn paineet vastaavat toisiaan. Ohjausöljyn paine ohjaa myös pikasulkuläppäventtiilien servoja toimiöljyn välityksellä auki tai kiinni. /13/



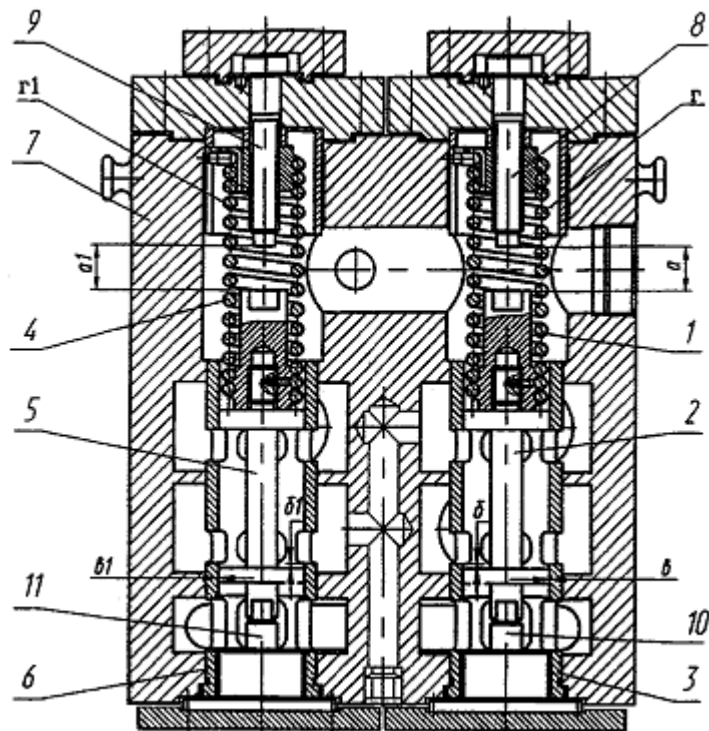
Kuva 16. Pääservomoottori ja ohjausluisti /22/

6.2 Väliohjausluisti

Väliohjausluisti (Kuva 17) on sijoitettu pikasulkuläpän servomootorille, ja sen tehtävä on ohjata servomootoria. Väliohjausluisti kuuluu laiteluokkaan 2. Luistia (2) pitävät tasapainossa säätölinjan öljyn paine, joka vaikuttaa luistiin alhaalta, ja takaisinsyötön jousen (1) voima, joka vaikuttaa ylhäältä. /11/

Öljyn paineen muuttuessa säätölinjassa alkaa luisti liikkua keskiasennosta muuttaen voimaöljyn syöttöä pikasulkuläpän servomootorin männän alle. /11/

Paineen muuttuessa männän alla servomoottori liikkuu, kunnes vipusysteemi nokan ja kiekon kautta muuttaa jousen jännitettä ja palauttaa luistin keskiasentoon. Rungossa on tulpattu aukko sitä varten, että voitaisiin mitata paine servomootorin männän alta. /11/

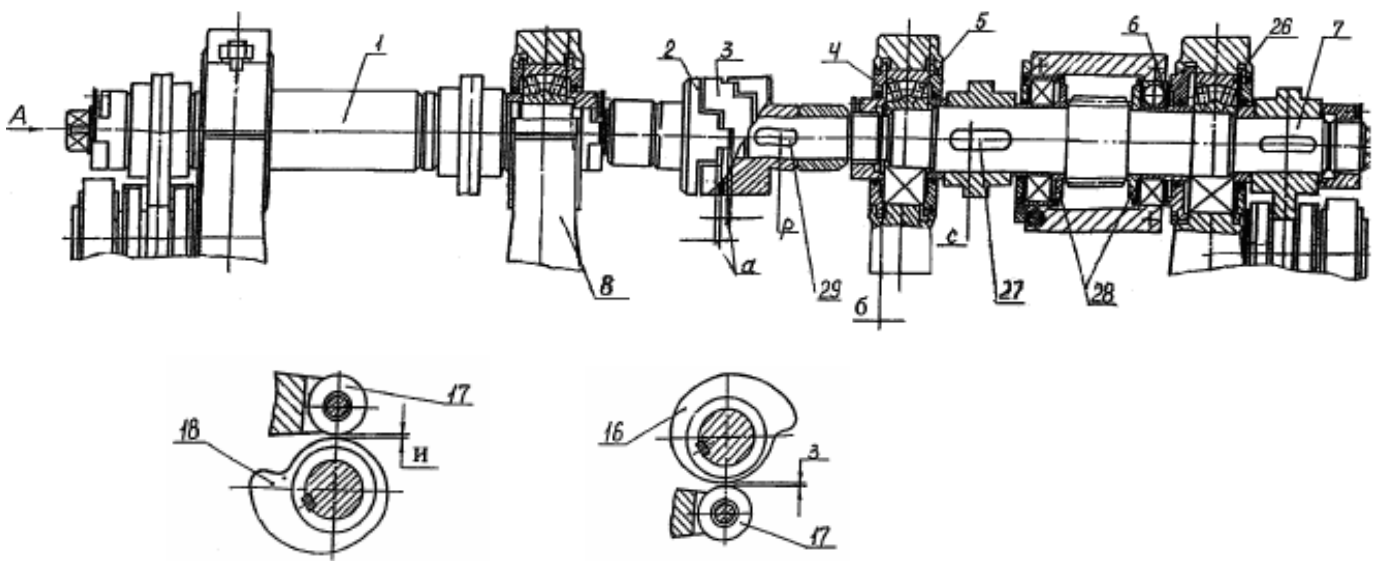


Kuva 17. Väliohjausluisti /23/

6.3 Jakomekanismi

Jakomekanismin (kuva 18) tehtävänä on avata järjestyksessä turbiinin säätöventtiilit. Jakomekanismi kuuluu laiteluokkaan 2. Jakomekanismi koostuu valetusta kehyksestä (8), kahdesta nokka-akselista (1, 7) ja vipu- ja vetosysteemistä (29). Kehyksen kuuluu kaksi tassua, joilla jakomekanismi asettuu 3. ja 4. venttiilin vastaaviin ulokkeisiin. Kehys on kiinnitetty kartionmuotoisella puikolla vasemmassa tassussa ja sylinterimäisellä puikolla, joka on asetettu oikean tassun ja 3. venttiilin rungon ulokkeen liitoskohtaan. Puikkojen asettelu päästää kehyksen liikkumaan turbiinin akselin kohtisuorassa tasossa k_p -sylinterin laajenemista vastaavasti. Kahdelle akselille asetetut nokat (16, 18) vaikuttavat 3. ja 4. venttiilin vastaaviin vipuihin ja sitä kautta 1. ja 2. venttiiliin. /11/

Nokka-akselit ovat kahden pallokuululaakerin varassa, jotka antavat akseleille mahdollisuuden taipua niiden leikkaamalla kiinni tukiin. Akselit ovat aksiaalisesti kiinni turbiinin akselia lähinnä sijaitsevan laakerin pystytukeen nähden. Kehyksen ja akselin lämpölaajentumien yhteydessä akseli laakereineen voi liikkua aksiaalisuunnassa toiseen pystytukeen nähden. Akselien yhdistämiseksi on käytetty nokkaliitosta, joka päästää nokka-akselien akselit taittumaan ja liikkumaan. Laakereiden pystytuissa on tiivisterenkaat, jotka estävät laakereiden likaantumisen. Pääservomoottorin hammastanko kiinnittyy oikean puoleisen nokka-akselin hammasrattaaseen (7). /11/



Kuva 18. Jakomekanismi /24/

7. HUOLTO JA KUNNOSSAPITO

Turbiinin laitteille tehdään sekä ennakoivaa että ehkäisevää kunnossapitoa. Jokaisella laitetyypillä on oma huolto-ohjelma ja huolto-ohjeet. Huolto-ohje sisältää mekaaniselle ylläpidolle kuuluvat normaalit tarkastus-, huolto- ja korjaustoimenpiteet. Mittaustulokset kirjataan laitekohtaisesti mittakarttaan. Venttiilien kuntoa valvotaan koestuksilla ja purettaessa tehtävillä tarkastuksilla. Seuraavaksi esitellään ohjeiden mukaisia huoltoon, koestuksiin ja tarkastukseen liittyviä toimenpiteitä.

7.1 Säätöventtiilien huolto

Huollot jaksottuvat neljän vuoden välein tehtäviin töihin. Huollot ajoitetaan vuosihuoltoihin siten, että joka toinen huolloista ajoittuu korkeapaineturbiinin avauksen yhteyteen. /12/

Jokaisessa vuosihuollossa säätöjärjestelmän tarkastuksen yhteydessä testataan säätöventtiilien toiminta alasajon jälkeen seisovalla turbiinilla. Venttiilien tiiveys koestetaan joka vuosihuollossa alasajon jälkeen ja ylösajossa ennen turbiinin käynnistystä. /12/

Huollossa säätöventtiili (kuva 9) puretaan ja osien kunto tarkastetaan. Osien kunnolle on asetettu vaatimuksia ja mittavaatimuksia. Tehtävät tarkastukset, kun venttiili puretaan kokonaan, ovat seuraavat /12/:

- mutterin (46) ja pultin (48) kierteet visuaalisesti
- jousen esikiristys ja jousen vapaa pituus. Jouselle tehdään tunkeumanestetarkastus
- laakerin (18) ja kannen (51) vällys
- akselien (19, 20, 24) kunto; akselien pinnoissa, jotka koskettavat laakerien ja vivun sisäosiin, ei sallita kulumista eikä säröjä
- vivun (42) vällykset
- telan (25) kunto; sisä- ja ulkohalkaisijalla, joka koskettaa nokkaa, ei sallita kulumista eikä säröjä
- tukitapin (5) sekä sen kanssa kosketuksessa olevien pesien (4) kunto
- nivelliitoksen (6 – 40) välinen vällys
- nivelen (37) ja tuen (40) kosketuspinnat

- holkkien (3, 39) kosketuspintojen välykset
- karan (21) asento ja vapaa liike
- kannen ja rungon (15) laippapintojen välinen rako
- karan (21) ja holkkien (32, 33, 34, 35) välinen välys
- kannen tiivistepintojen kunto
- kiilojen (31) kunto, kiristyksen varmuus ja pulttien (13) lukitus
- kuristusrenkaan (29) kunto
- venttiilin (22) kosketus istukkaan (16) värillä. Tarvittaessa korjataan skaavaamalla ja hiomalla. Kosketuspinoille tehdään PT – tarkastus
- rungon (15) ja istukan (16) kiinnitykset.

7.2 Pikasulkuventtiilien huolto

Pikasulkuventtiilien huollot tehdään neljän vuoden välein vuosihuolloissa. Huollot tehdään siten, että toinen huolloista ajoittuu korkeapaineturbiinin avauksen yhteyteen. /14/

Venttiilien sulkeutumisaajat mitataan vuosihuoltoon johtavassa alasajossa. Venttiilien tiiveys koestetaan joka vuosihuollossa heti alasajon jälkeen (Kuva 19). Toiminta testataan myös säätöjärjestelmän testauksen yhteydessä seisovalla turbiinilla. /14/ Venttiileille tehdään kerran viikossa sekä ennen turbiinin ylösajoa 20 %:n liikekoestus. Koestuksessa pikasulkuventtiilit liikahtavat kiinnipäin ja palautuvat 100 %:n aukiasentoon. /25/



Kuva 19. Pikasulkuventtiilin liikekoestusvipu kiilattuna koestusasentoon. /26/

Huollossa venttiilit puretaan ja puretut osat puhdistetaan. Venttiilille on asetettu mittavaatimukset. Vaatimuksia on asetettu venttiilille (kuva 10), rungolle (8), höyrösihdille (20), karalle (7), lautaselle (32), istukalle (31) ja holkeille (12, 14, 15). Tarkastusten ja mittausten perusteella määritellään tarvittavien purkutöiden laajuus. /14/

7.3 Pikasulkuläppäventtiilien huolto

Pikasulkuläppäventtiilien huollot tehdään neljän vuoden välein ja ne ajoitetaan vuosihuoltoihin. /16/

Läppien avautumiskäyrät mitataan joka vuosi alasajon jälkeen ja ennen ylösajoa säätöjärjestelmän testauksen yhteydessä. Tiiveys testataan käynnistystoimenpiteiden yhteydessä. Läppää ei tarvitse poistaa linjasta normaalien huolto- ja tarkastustoimien suorittamiseksi. /16/ Pikasulkuläpille tehdään kerran viikossa samanlainen 20 %:n liikekoetus kuin pikasulkuventtiileille. /21/

Läpän tiivistepinnat tarkastetaan silmämääräisesti tai endoskoopilla putkilinjassa olevan miesluukun kautta. Läpän ja rungon tiivistepinnoissa sallitaan yksittäiset naarmut ja painautumat ilman aikarajoitusta. Läpän liikerata tarkastetaan ja laakerien välykset mitataan niitä purettaessa. Laakerit pestään rasvasta ja tarkastetaan niiden kunto ja toimivuus. /16/

7.4 Takaiskuventtiilien huolto

Takaiskuventtiilit huolletaan kahden vuoden välein. Huollot on ajoitettu vuosihuoltoihin. /17/

Venttiilien sulkeutuminen tarkastetaan jokaisessa vuosihuoltoon johtavassa alasajossa. Samalla mitataan venttiilien toiminta-aika. Jos toiminta-aika on yli 2 sekuntia, venttiili tarkastetaan revision aikana. /17/

Huollossa venttiili puretaan. Toimilaite irrotetaan kannesta ja puretaan. Istukka poistetaan venttiilistä ja mäntä irrotetaan karasta. Puretut osat puhdistetaan ja tarkastetaan. Venttiilille on asetettu mittavaatimukset. Vaatimukset on asetettu istukalle, rungolle,

kannelle ja männälle. Kokoonpanon jälkeen suoritetaan tiiveystarkastus käyttöpaineella.
/17/

7.5 Lauhduttimen säätöventtiilien huolto

Lauhduttimen säätöventtiilien (Kuva 13) huollot tehdään kahden vuoden välein. Huollot on ajoitettu vuosihuoltoon. /17/

Venttiili puretaan ja tarkastetaan mitat ja välykset. Hammaspyörä poistetaan ja hammas-tanko (20) irrotetaan karan päästä. Kara (9) ja luisti (3, 6) yhdistelmä nostetaan venttiilistä ja luistit (11, 6, 3) puretaan karalta tarkastusta varten. Istukka (8) poistetaan venttiilistä. Tarkastusta varten on asetettu vaatimukset rungolle (6, 31), holkille (13), istukalle (8), karalle (9) ja luisteille (9, 3, 6, 11). Rungolle suoritetaan materiaalitekhninen tarkastus. Tiiveyskoestus tehdään käyttöpaineella venttiilin kokoonpanon jälkeen. /17/

7.6 Tiivistehöyryventtiilien huolto

Tiivistehöyryventtiilien (Kuva 14) huollot tehdään vuoden välein. Huollot on ajoitettu vuosihuoltoon. /21/

Venttiili puretaan ja osien kunto sekä mitat ja välykset tarkastetaan. Käyttökoneisto irrotetaan venttiilistä. Poistetaan kannake (13) yhdessä vivun (11) ja korvakkeen (10) kanssa. Tarkastetaan vivuston ja tappien liikkuminen. Jos esiintyy jumittumista tai väljyyttä, puretaan vivusto ja kunnostetaan. Kara (4) ja luisti (3) irrotetaan. Holkki (2) poistetaan rungosta. Tarkastusta varten on asetettu vaatimuksia rungolle (1) ja holkille. Venttiilin runko puhdistetaan sisäpuolelta. Rungolle suoritetaan materiaalitekhninen tarkastus. Tiiveystarkastus tehdään käyttöpaineella venttiilin kokoonpanon jälkeen. /21/

7.7 Pääservon ja ohjausluistin huolto

Pääservon (Kuva 16) huollot tehdään neljän vuoden välein. Huollot ajoitetaan vuosihuoltoihin siten, että toinen huolloista ajoittuu korkeapaineturbiinin avauksen yhteyteen.
/22/

Pääservon toiminta tarkastetaan joka vuosihuollossa alasajon jälkeen ja ennen ylösajoa säätöjärjestelmän koestuksen yhteydessä. Toiminta tarkastetaan seisovalla koneella öljyjärjestelmien ollessa normaalikäytössä. /22/

Huoltoon kuuluvat pääservomoottori, ohjausluisti ja takaisinkytkentäluisti. Ennen huollon aloitusta selvitetään tiedot servon toiminnasta tehoajolla ja tehonmuutostilanteissa. Saatuja tietoja verrataan alasajon jälkeisiin koestustuloksiin. /22/

Pääasialliset normaalitoiminnan kriteerit ovat seuraavat /22/:

- männän sykähtely ± 2 mm
- servon ohjattavuus vakaa koko liikealueella
- liikealueella ei ole nykiviä liikkeitä
- ohjeiden mukainen nopea toiminta muutostilanteissa.

Jos normaalitoiminnan kriteerit täyttyvät, suositellaan, että säilytetään vanhat mitat ohjausluistin päällekkäisyydessä ja sen liikepituudessa. Kartion ja takaisinkytkentäluistin asento tulee myös säilyttää. Suositus pätee myös tilanteissa, joissa sisäosia joudutaan vaihtamaan. /22/

Huollossa servo puretaan ja tehdään tarkastukset ja mittaukset. Servolle on asetettu mitavaatimukset. Vaatimuksia on karalle (12), ohjausholkeille (9, 17), sylinterille (3), männänrenkaille (15) ja tukikolmion laakeroinnille. Ohjausluistin huollossa poistetaan ohjausluisti sylinteristä. Ohjausluistille ja sylinterille on asetettu vaatimukset ja mitavaatimukset. Takaisinkytkentäluistin huollossa tarkastetaan vipujen ja nivelten liitokset, jotka yhdistävät servon männän takaisinkytkentälinjan luistiin. Liitoksissa ei saa olla jumittumista eikä väljyyttä. /22/

7.8 Väliohjausluistin huolto

Väliohjausluistin (Kuva 17) huollot tehdään neljän vuoden välein ja ne ajoitetaan vuosihuoltoihin. Luistin toiminta tarkastetaan joka vuosi vuosihuollon alkaessa ja päättyessä seisovalla turbiinilla säätö-öljyjärjestelmän koestuksen aikana. /23/

Huollossa luisti puretaan ja tehdään tarkastukset ja mittaukset. Ennen purkua tarkastetaan rungon liitospintojen tiiveys. Tarkempia vaatimuksia on jousille (1), luistille (2) ja holkille (3). /23/

7.9 Jakomekanismin huolto

Jakomekanismin (Kuva 18) huollot tehdään neljän vuoden välein. Huollot ajoitetaan vuosihuoltoihin siten, että joka toinen huolloista ajoittuu kp-turbiinin avauksen yhteyteen. /24/

Jakomekanismin toiminta tarkastetaan joka vuosi vuosihuollon alkaessa säätöjärjestelmän koestuksen yhteydessä seisovalla turbiinilla. Osien kiinnitykset ja lukitukset tarkastetaan samalla silmämääräisesti. /24/

Huollossa jakomekanismin nokka-akselit poistetaan linjasta, osat puretaan ja puhdistetaan. Puretut osat tarkastetaan ja tehdään tarvittavat mittatarkastukset. Kaikki laakerit vaihdetaan. Tarkastusta varten on asetettu vaatimuksia hammastangolle (7), hammasrat-
taalle, nokille (16, 18), teloille (3, 17), kiiloille ja kiilaurille. /24/

8. HUOLTOHISTORIAM JA KUNNOSSAPITO-OHJELMAN PARANTAMINEN

Turbiinin akselilinjan laitteiden huoltohistoriatiedot on tallennettu Loviisan voimalaitoksen Lomax-laitostietojärjestelmään. Jokaisen neljän turbiinin tarkastelun kohteeksi valitusta laitteesta LO 1- ja LO 2- laitosyksiköltä kerättiin huoltohistoriatiedot 1990-luvun alusta alkaen. Huoltohistoriatiedoista selvitetiin tehty työ, ajankohta, laitteen kunto, vikaraportointi ja työluokka. Tiedoista laadittiin laitekohtaiset Excel-taulukot. Kerättyjen tietojen perusteella nähdään, kuinka usein laitteita on todellisuudessa avattu verrattuna määräaikaisen huolto-ohjelman mukaisiin avauksiin. Avauksista on tehty graafiset esitykset (Kuvat 20 – 23). Avauksessa laite huolletaan ja sen kunto tarkastetaan (Luku 6).

Laitteen kunnan ja vikaraportoinnin perusteella määritellään, onko

- nykyinen huoltojakso sopiva
- ehjä laite toistuvasti avattu, jolloin jaksoa voi pidentää
- huoltojaksoa syytä lyhentää vikaantumisten takia.

Seuraavaksi käydään läpi laitteiden avaukset, tehdyt toimenpiteet, kunto ja havaitut viat. Johtopäätöksissä on ehdotettu uutta huoltojaksoa osaan laitteista. Ehdotettu huoltojakso on merkitty sulkeiden sisään. Liitteessä 1 on lista turbiinin laitteista ja huoltojaksoista. Listasta selviää myös laitteiden käyttöpaikkatunnukset, joita mainitaan tekstissä.

8.1 Säätöventtiilit

8.1.1 Turbiinigeneraattori 1

Jokainen säätöventtiili on avattu kuusi kertaa vuosina 1992 – 2008. Huolto-ohjelman ulkopuolisia ylimääräisiä avauksia on ollut jokaisessa venttiilissä yksi. Huolto-ohjelman ulkopuolinen avaus on ollut jokaisessa venttiilissä vuonna 2002, ja siinä venttiilit ovat olleet kunnossa. Venttiilit S04 ja S06 ovat vuotaneet läpi, kierrokset ovat nousseet koestuksessa. Vikaraportoinnin mukaan lukitusruuvi on ollut kevennysluistin välissä. Muuten venttiilit ovat olleet kunnoltaan hyviä eikä vikoja ole esiintynyt. Kaikkiin säätöventtiileihin on vaihdettu poksiholkit vuonna 2000. Lisäksi on tehty tulokammion ja jousiyksikön tarkastuksia.

8.1.2 Turbiinigeneraattori 2

Säätöventtiilit S02, S04 ja S08 on avattu neljä kertaa. Venttiili S06 on avattu viisi kertaa. Venttiilit S02 ja S08 on avattu vuosina 1996 – 2008, venttiili S04 vuosina 1994 – 2008 ja venttiili S06 vuosina 1991 – 2008. Ohjelman ulkopuolisia avauksia ei ole ollut. Jokaiseen venttiiliin on tehty jousiyksikön muutos vuonna 2001. Vuonna 1999 venttiilin S04 rungon ultraäänitarkastuksessa havaittiin, että venttiilin sisäpuolella oleva ripa oli voimakkaasti syöpyntynyt ja rivan ympäristössä oli kuoppautuma-alue. Venttiilin S08 jakotason vuoto on korjattu tiivistämällä vuonna 2007. Venttiilit ovat olleet kunnoltaan hyviä tai toimintakuntoisia, vikoja ei ole ollut.

8.1.3 Turbiinigeneraattori 3

Säätöventtiili S06 on avattu kuusi ja muut venttiilit viisi kertaa vuosina 1992 – 2008. Venttiilissä S06 on ollut yksi ohjelman ulkopuolinen avaus. Jokaisesta venttiilistä on raportoitu vuosina 1994 ja 1998 komponentin korjaus. Vikoja ei ole esiintynyt ja venttiilit ovat olleet toimintakuntoisia.

8.1.4 Turbiinigeneraattori 4

Säätöventtiilit on avattu viisi kertaa vuosina 1994 – 2007. Kaikille säätöventtiileille on tehty yksi ohjelman ulkopuolinen avaus, prosessimuutos vuonna 2001. Kaikille venttiileille on raportoitu komponentin korjaus vuosina 1994 ja 1998. Muuten vikoja ei ole esiintynyt ja venttiilit ovat olleet toimintakuntoisia.

8.1.5 Johtopäätökset

Ohjelman mukaista neljän vuoden huoltojaksoa voisi pidentää.

8.2 Pikasulkuventtiilit

8.2.1 Turbiinigeneraattori 1

Pikasulkuventtiilit S01 ja S07 on avattu seitsemän kertaa, S03 ja S05 kuusi kertaa vuosina 1992 – 2009. Ohjelman ulkopuolisia avauksia on ollut venttiileissä S01 ja S07 kaksi, S03 ja S05 yksi. Ohjelman ulkopuolella on ollut pikasulkuventtiilien hydraulisen toimilaitteen huolto vuonna 2009, kunto on ollut hyvä. S01 venttiilille on tehty ylimääräinen avaus ja sihdin puhtauden tarkastus vuonna 1996. Venttiileihin on vaihdettu kara vuonna 2000 ja poksien rakennemuutos on tehty vuonna 2004. Venttiilit ovat olleet kunnoltaan hyviä tai toimintakuntoisia. Minkäänlaisia vikoja ei ole esiintynyt.

8.2.2 Turbiinigeneraattori 2

Pikasulkuventtiilit on avattu viisi kertaa vuosina 1996 – 2009, paitsi S05 vuosina 1991 – 2009. Kaikkiin paitsi venttiiliin S05 on tehty yksi ylimääräinen ohjelman ulkopuolinen avaus. Kaikkiin venttiileihin on tehty poksien rakennemuutos vuonna 2008. Venttiiliin S01 on vaihdettu poksiholkkeja kolme kappaletta vuonna 2008. Venttiilit ovat olleet kunnoltaan hyviä, eikä vikoja ole esiintynyt.

8.2.3 Turbiinigeneraattori 3

Pikasulkuventtiilit on avattu viisi kertaa vuosina 1994 – 2007. Jokaiseen venttiiliin on tehty yksi ohjelman ulkopuolinen avaus vuonna 2007. Kyseessä on ollut hydraulisen toimilaitteen huolto. Venttiileistä on raportoitu komponentin korjaus vuosilta 1994 ja 2002. Vikoja ei ole esiintynyt ja venttiilit ovat olleet toimintakuntoisia.

8.2.4 Turbiinigeneraattori 4

Pikasulkuventtiilit on avattu viisi kertaa vuosina 1994 – 2007. Ohjelman ulkopuolisia avauksia on tehty yksi jokaiseen venttiiliin. Ohjelman ulkopuolella on ollut hydraulisen toimilaitteen huolto vuonna 2007. Kaikkiin venttiileihin on raportoitu komponentin korjaus vuonna 1994. Vikoja ei ole esiintynyt ja venttiilit ovat olleet toimintakuntoisia.

8.2.5 Johtopäätökset

Ohjelman mukaista neljän vuoden huoltojaksoa voisi pidentää (8 v).

8.3 Pikasulkuläppäventtiilit

8.3.1 Turbiinigeneraattori 1

Pikasulkuläppäventtiilit on avattu kuusi kertaa vuosina 1992 – 2008. Ohjelman ulkopuolisia avauksia on ollut venttiilissä RB11 kaksi ja venttiilissä RB12 yksi. Venttiiliin RB11 on vaihdettu laakerit vuosina 2000 ja 2007. Poksi on pakattu kumpaankin venttiiliin vuonna 2003 vuoden takia. Liikekoestuksessa on ollut häiriötä ja kuristin on tarkastettu vuonna 2000. Vuonna 2007 venttiili RB12 on todettu huonokuntoiseksi ja RB11 on vikaantunut, pikasulkuläppä on jäänyt väliasentoon.

8.3.2 Turbiinigeneraattori 2

Pikasulkuläppäventtiilit on avattu viisi kertaa vuosina 1992 – 2008. Ohjelman ulkopuolisia avauksia ei ole tehty. Molempiin venttiileihin on vaihdettu laakerit vuonna 2000 ja pakattu poksi vuonna 2002. Venttiilien kunto on ollut hyvä, eikä vikoja ole esiintynyt.

8.3.3 Turbiinigeneraattori 3

Pikasulkuläppäventtiilit on avattu viisi kertaa vuosina 1993 – 2009. Ohjelman ulkopuolisia avauksia ei ole tehty. Vikoja ei ole esiintynyt ja venttiilit ovat olleet hyväkuntoisia.

8.3.4 Turbiinigeneraattori 4

Pikasulkuläppäventtiili RB51 on avattu kuusi kertaa vuosina 1993 – 2008. Venttiili RB52 on avattu viisi kertaa vuosina 1993 – 2009. Venttiilissä RB51 on ollut kaksi ohjelman ulkopuolista avauksia. Venttiilin RB51 sulkeutumisaika on ollut pitkä ja servon luistissa ollut hankauma on hiottu vuonna 1999. Komponentin korjaus on raportoitu vuonna 2003. Laakerit on vaihdettu vuonna 2008. Koestuksessa vuonna 2008 mitattu

läpän toiminta-aika on ollut liian pitkä. Tästä johtuen toimilaitteen sylinteristä on hiottu urat pois ja vaihdettu uudet männänrenkaat.

Venttiiliin RB52 on vaihdettu laipan tiiviste vuodon takia vuonna 2003. Venttiili on ollut hyväkuntoinen eikä vikoja ole esiintynyt.

8.3.5 Johtopäätökset

Ohjelman mukainen neljän vuoden huoltojakso näyttäisi olevan sopiva TG 1:n venttiileille ja TG 4:n venttiilille RB 51. Muiden pikasulkuläppäventtiileiden huoltojaksoa voisi pidentää.

8.4 Takaiskuventtiilit

8.4.1 Turbiinigeneraattori 1

Takaiskuventtiilejä on avattu venttiilistä riippuen 9 – 15 kertaa 15 – 18 vuoden aikana (Kuva 20). Ohjelman ulkopuolisia avauksia on tehty kaikkiin venttiileihin yhteensä 12 kertaa. Venttiilille S11 on tehty viisi ohjelman ulkopuolista avauksia. Venttiileihin on lisätty poksitiivistettä ja tiivistepintoja on hiottu. Venttiilit ovat olleet kunnoltaan hyviä tai toimintakuntoisia. Kaikkiin neljään KOS – 600-venttiiliin on vaihdettu servon kara 1990-luvun alkupuolella. KOS – 250- ja KOS – 600-venttiileissä ei ole ollut minkäänlaisia vikoja.

KOS – 400 venttiileissä S11 ja S12 on ollut jonkin verran ongelmia. Venttiili S11 on jäänyt pikasulussa väliasentoon 1991, ei ole sulkeutunut koestuksessa 1995 eikä irrotettaessa generaattori verkosta 1998 ja on ollut jumissa 2009. Venttiili on tiivistetty vuonna 1999 kaksi kertaa, koska se on puhaltanut asennonosoittimen laipan pultin juuresta. Venttiili S12 ei ole toiminut koestuksessa vuonna 2002, jolloin sen akseli on vaihdettu.

8.4.2 Turbiinigeneraattori 2

Takaiskuventtiilit on avattu venttiilistä riippuen 9 – 13 kertaa 14 – 17 vuoden aikana (Kuva 21). Ohjelman ulkopuolisia avauksia on tehty yhteensä 11. Venttiileihin on lisät-

ty poksitiivistettä ja tiivistepintoja on hiottu. Venttiilin KOS – 400 S11 poksilaippa on vuotanut usein. Laippatiiviste on vaihdettu tai tiivistys on suoritettu furmanoimalla kuusi kertaa vuosina 1993 – 1999. Venttiili on ollut jumissa vuonna 2005. Venttiilissä KOS – 400 S12 on vaihdettu poikki mennyt servon kara vuonna 1997. Servon ja venttiilin tarkastuksessa vuonna 1998 on todettu että venttiilit S12, S13 ja S14 eivät sulkeutuneet. Venttiili S10 ei ole sulkeutunut vuonna 2006. Edellä mainittuja vikaraportointeja lukuun ottamatta venttiilit ovat olleet toimintakuntoisia tai hyväkuntoisia.

8.4.3 Turbiinigeneraattori 3

Takaiskuventtiilit on avattu venttiilistä riippuen 8 – 11 kertaa, 14 – 18 vuoden aikana (Kuva 22). Ohjelman ulkopuolisia avauksia on tehty yhteensä kuusi. Toimilaitteen kara on vaihdettu kaikkiin paitsi KOS – 600 SA30 – venttiiliin. Venttiili KOS – 250 S09 sulkeutui alasajossa liian hitaasti vuonna 1992. Venttiili KOS – 250 S10 piti alasajossa omituista kolkutusta vuonna 1991, ja toimilaitteen vasen jousi vaihdettiin.

Venttiilit KOS – 400 S11 ja S12 eivät sulkeutunut alasajossa vuonna 1991. Vuonna 1996 venttiili S12 jäi auki koestuksessa. Venttiili KOS – 600 SA30 ei sulkeutunut tiiviisti pikasulussa vuonna 2001. Muuten venttiilit ovat olleet toimintakuntoisia tai hyväkuntoisia.

8.4.4 Turbiinigeneraattori 4

Takaiskuventtiilit on avattu venttiilistä riippuen 7 – 11 kertaa 15 – 18 vuoden aikana (Kuva 23). Venttiiliin KOS - 250 S09 on vaihdettu uusi servon kara vuonna 1993. Venttiili KOS -250 S10 ei sulkeutunut alasajossa vuonna 1991 ja 1992 sulkeutui liian hitaasti. Servon kara on vaihdettu vuonna 2000. KOS – 250 venttiileissä on ollut ohjelman ulkopuolisia avauksia kaksi kummassakin.

Venttiili KOS – 400 S11 ei sulkeutunut alasajossa vuonna 1991. Laippatiiviste on vaihdettu kaksi kertaa ja tiivistepinnat on hiottu. Venttiilin KOS - 400 S12 akselilaipan tiiviste on vaihdettu vuonna 1993 ja rungon pinnoitteessa on ollut pieni läpikuluma vuonna 1999. Venttiilissä S11 on ollut yksi ja venttiilissä S12 kaksi ohjelman ulkopuolista avausta.

Venttiilissä KOS – 600 S13 on tiivistetty vuoto vuonna 1991 ja vaihdettu servon kara vuonna 2000. Venttiili KOS – 600 SA60 ei sulkeutunut alasajossa vuonna 1992 ja komponentin korjaus on raportoitu vuosina 1994 ja 2002. Venttiiliin KOS – 600 SA70 on vaihdettu toimilaitteen kara vuonna 1993 ja venttiilin kara vuonna 1995. Venttiilissä S13 on kaksi ja venttiilissä S14 yksi ohjelman mukainen avaus jäänyt välistä. Venttiilissä SA60 on ollut yksi ohjelman ulkopuolinen avaus.

8.4.5 Johtopäätökset

Ohjelman mukainen kahden vuoden huoltojakso näyttäisi olevan sopiva TG 1:n ja TG 2:n KOS – 400 venttiileille. Muiden takaiskuventtiileiden huoltojaksoa voisi pidentää (4 v).

8.5 Lauhduttimen säätöventtiilit

8.5.1 Turbiinigeneraattori 1

Lauhduttimen säätöventtiili on avattu kahdeksan kertaa vuosina 1993 – 2008. Ohjelman ulkopuolisia avauksia ei ole tehty. Venttiiliin on vaihdettu mäntä ja sylinteri vuonna 1993, sekä kara ja holkki vuonna 1995. Kara on vaihdettu myös vuonna 2007. Uusi lineaariyksikkö on vaihdettu vuonna 2001 ja tiivistepinnat on hiottu. Venttiilin yläosa on vaihdettu vuonna 2004 ja venttiili on kunnostettu vuonna 2008. Venttiili on ollut toimintakuntoinen eikä vikoja ole esiintynyt.

8.5.2 Turbiinigeneraattori 2

Lauhduttimen säätöventtiili on avattu yhdeksän kertaa vuosina 1992 – 2008. Ohjelman ulkopuolisia avauksia ei ole tehty. Vuotava pohjalaippa on tiivistetty neljä kertaa vuosina 1998 – 1999. Pohjalaipan tiiviste on vaihdettu kolme kertaa aikaisemminkin. Venttiilin kara on vaihdettu vuonna 2000. Vuosina 1994, 1996 ja 2004 on raportoitu komponentin korjaus ilman tarkempia tietoja. Tarkastuksissa venttiili on todettu toimintakuntoiseksi.

8.5.3 Turbiinigeneraattori 3

Lauhduttimen säätöventtiili on avattu 10 kertaa vuosina 1993 – 2008. Ohjelman ulkopuolisia avauksia on ollut kaksi. Karan luistien lukitus on ollut löysällä vuonna 2000. Säätöventtiilin kansi on vaihdettu vuonna 2007. Vikoja ei ole esiintynyt ja venttiili on ollut toimintakuntoinen tai hyväkuntoinen.

8.5.4 Turbiinigeneraattori 4

Lauhduttimen säätöventtiili on avattu yhdeksän kertaa vuosina 1993 – 2008. Ohjelman ulkopuolisia avauksia on ollut yksi. Venttiili on vuotanut syöttövesisäiliön suuntaan vuonna 2008. Venttiili on ollut kunnoltaan hyvä tai toimintakuntoinen.

8.5.5 Johtopäätökset

Ohjelman mukainen kahden vuoden huoltojakso näyttäisi olevan sopiva TG 1:n ja TG 2:n venttiileille. TG 3:n ja TG 4:n venttiileiden huoltojaksoa voisi pidentää (4 v).

8.6 Tiivistehöyryventtiilit

8.6.1 Turbiinigeneraattori 1

Tiivistehöyryventtiili SG10 on avattu 21 kertaa vuosina 1991 – 2009 ja SG20 20 kertaa vuosina 1992 – 2009. Venttiilissä SG10 on ollut kaksi ohjelman ulkopuolista avausta. Vuonna 2001 venttiili on avattu kaksi kertaa, koska sisäholkki on ollut väärässä asennossa. Vuonna 2008 venttiili ei ole kyennyt säätöön ja on ollut huonokuntoinen. Tästä johtuen on vaihdettu kara, lukitusmutteri ja aluslevy. Muuten venttiilissä ei ole ollut vikoja ja se on ollut toimintakuntoinen.

Venttiilissä SG20 on ollut kolme ohjelman ulkopuolista avausta ja vuoden 2006 ohjelman mukainen avaus on jäänyt väliin. Vuonna 1994 on korjattu venttiilin karasta irronnut säätövipu. Vuonna 1999 on vaihdettu alapäästä pettänyt sokka. Luisti ja holkki on vaihdettu vuosina 1996 ja 2008 sekä pelkkä luisti vuonna 1993. Muuten venttiilissä ei ole ollut vikoja ja se on ollut toimintakuntoinen.

8.6.2 Turbiinigeneraattori 2

Tiivistehöyryventtiili SG50 on avattu 19 kertaa ja SG60 18 kertaa vuosina 1992 – 2009. Ohjelman ulkopuolisia avauksia on tehty yksi venttiiliin SG50. Kummassakin venttiilissä on vaihdettu kuluneet osat kaksi kertaa. Lisäksi venttiiliin SG50 on vaihdettu holkki ja komponentin korjaus on raportoitu kolme kertaa. Venttiiliin SG60 on vaihdettu holkki kaksi kertaa, luisti ja kara kerran. Komponentin korjaus on raportoitu kerran. Vikoja ei ole esiintynyt ja venttiilit ovat olleet toimintakuntoisia.

8.6.3 Turbiinigeneraattori 3

Tiivistehöyryventtiili SG10 on avattu 19 kertaa ja SG20 18 kertaa vuosina 1992 – 2009. Venttiilissä SG10 ohjelman ulkopuolisia avauksia on ollut kaksi ja vuoden 2006 avaus on jäänyt pois. Venttiilissä SG20 on ollut yksi ohjelman ulkopuolinen avaus ja vuoden 2006 avaus on jäänyt pois. Venttiiliin SG10 on vaihdettu uusi kara vuosina 1993 ja 1997. Venttiiliin SG20 on asennettu uudet niveltapit vuonna 1993 ja komponentin korjaus on raportoitu neljä kertaa. Vikoja ei ole esiintynyt ja venttiilit ovat olleet toimintakuntoisia tai hyväkuntoisia.

8.6.4 Turbiinigeneraattori 4

Tiivistehöyryventtiili SG50 on avattu 20 kertaa ja SG60 18 kertaa vuosina 1992 – 2009. Venttiilissä SG50 on ollut kaksi ohjelman ulkopuolista avausta. Vuosina 1994, 2002 ja 2003 on raportoitu komponentin korjaus. Venttiilin SG60 vivustossa on ollut väljyyttä vuonna 1993. Vuosina 1994, 1998, 1999 ja 2002 on raportoitu komponentin korjaus. Molemmissa venttiileissä on jäänyt vuoden 2006 ohjelman mukainen avaus väliin. Muuten venttiilit ovat olleet hyväkuntoisia tai toimintakuntoisia, eikä vikoja ole esiintynyt.

8.6.5 Johtopäätökset

Ohjelman mukaista yhden vuoden huoltojaksoa voisi pidentää (2 v).

8.7 Pääservo

8.7.1 Turbiinigeneraattori 1

Pääservo on avattu kuusi kertaa vuosina 1993 – 2009. Pääservossa on ollut yksi ohjelman ulkopuolinen avaus. Tarkastuksessa ei havaittu vikaa. Pääservo on ollut kunnoltaan hyvä eikä siinä ole havaittu vikoja.

8.7.2 Turbiinigeneraattori 2

Pääservo on avattu neljä kertaa vuosina 1993 – 2005. Ohjelman ulkopuolisia avauksia ei ole ollut. Vikoja ei ole esiintynyt ja kunto on ollut hyvä.

8.7.3 Turbiinigeneraattori 3

Pääservo on avattu kuusi kertaa vuosina 1993 – 2007. Ohjelman ulkopuolisia avauksia on ollut kaksi. Takaisinkytkentäluisti on hiottu vuonna 2005. Vikoja ei ole esiintynyt ja servo on ollut toimintakuntoinen.

8.7.4 Turbiinigeneraattori 4

Pääservo on avattu kuusi kertaa vuosina 1992 – 2009. Ohjelman ulkopuolisia avauksia on ollut yksi. Männänrenkaat on uusittu vuonna 2000. Vikoja ei ole esiintynyt ja servo on ollut hyväkuntoinen.

8.7.5 Johtopäätökset

Ohjelman mukaista neljän vuoden huoltojaksoa voisi pidentää (8 v).

8.8 Jakomekanismi

8.8.1 Turbiinigeneraattori 1

Jakomekanismi on avattu 10 kertaa vuosina 1992 – 2009. Ohjelman ulkopuolisia avauksia on ollut viisi, näistä kahdessa on ollut laakerien vaihto. Jakomekanismiin on vaihdettu laakerit neljä kertaa vuosina 1996, 1997, 2002 ja 2009. Vuonna 2009 vaihdettiin myös hammastanko. Jakomekanismi on ollut toimintakuntoinen eikä siinä ole ollut vikoja.

8.8.2 Turbiinigeneraattori 2

Jakomekanismi on avattu seitsemän kertaa vuosina 1993 – 2009. Ohjelman ulkopuolisia avauksia on tehty kaksi. Laakerit on vaihdettu kolme kertaa vuosina 1996, 2000 ja 2009. Vuonna 1998 on tehty komponentin vaihto. Vuonna 2009 jakomekanismi on ollut huonokuntoinen ja hammastanko on vaihdettu.

8.8.3 Turbiinigeneraattori 3

Jakomekanismi on avattu yhdeksän kertaa vuosina 1993 – 2007. Ohjelman ulkopuolisia avauksia on ollut viisi, joista kolme on raportoitu määräaikaishuolloiksi. Laakerit on vaihdettu vuonna 2000. Vikoja ei ole esiintynyt ja jakomekanismi on ollut toimintakuntoinen.

8.8.4 Turbiinigeneraattori 4

Jakomekanismi on avattu yhdeksän kertaa vuosina 1992 – 2007. Ohjelman ulkopuolisia avauksia on ollut viisi. Näistä neljä on raportoitu määräaikaishuolloiksi. Vikoja ei ole esiintynyt ja jakomekanismi on ollut toimintakuntoinen.

8.8.5 Johtopäätökset

Ohjelman mukainen neljän vuoden huoltojakso näyttäisi olevan sopiva TG 1:n ja TG 2:n jakomekanismeille. Ohjelman mukaista huoltojaksoa voisi pidentää TG 3:n ja TG

4:n jakomekanismien osalta (8 v). Jakomekanismeissa on ollut paljon ohjelman ulkopuolisia avauksia ja kaikki ovat sijoittuneet 1990-luvulle ennen 2000-luvun alussa tehtyä modernisointia.

8.9 Pikasulku- ja väliohjausluisti

8.9.1 Turbiinigeneraattori 1

Pikasulkuluisti on avattu neljä kertaa vuosina 1994 – 2007. Väliohjausluisti on avattu viisi kertaa vuosina 1993 – 2009. Ohjelman ulkopuolisia avauksia ei ole tehty. Luistit ovat olleet kunnoltaan hyviä eikä niissä ole ollut vikoja.

8.9.2 Turbiinigeneraattori 2

Pikasulkuluisti on avattu viisi kertaa vuosina 1993 – 2009 ja väliohjausluisti vuosina 1992 – 2009. Ohjelman ulkopuolisia avauksia ei ole tehty. Vikoja ei ole esiintynyt ja kunto on ollut hyvä.

8.9.3 Turbiinigeneraattori 3

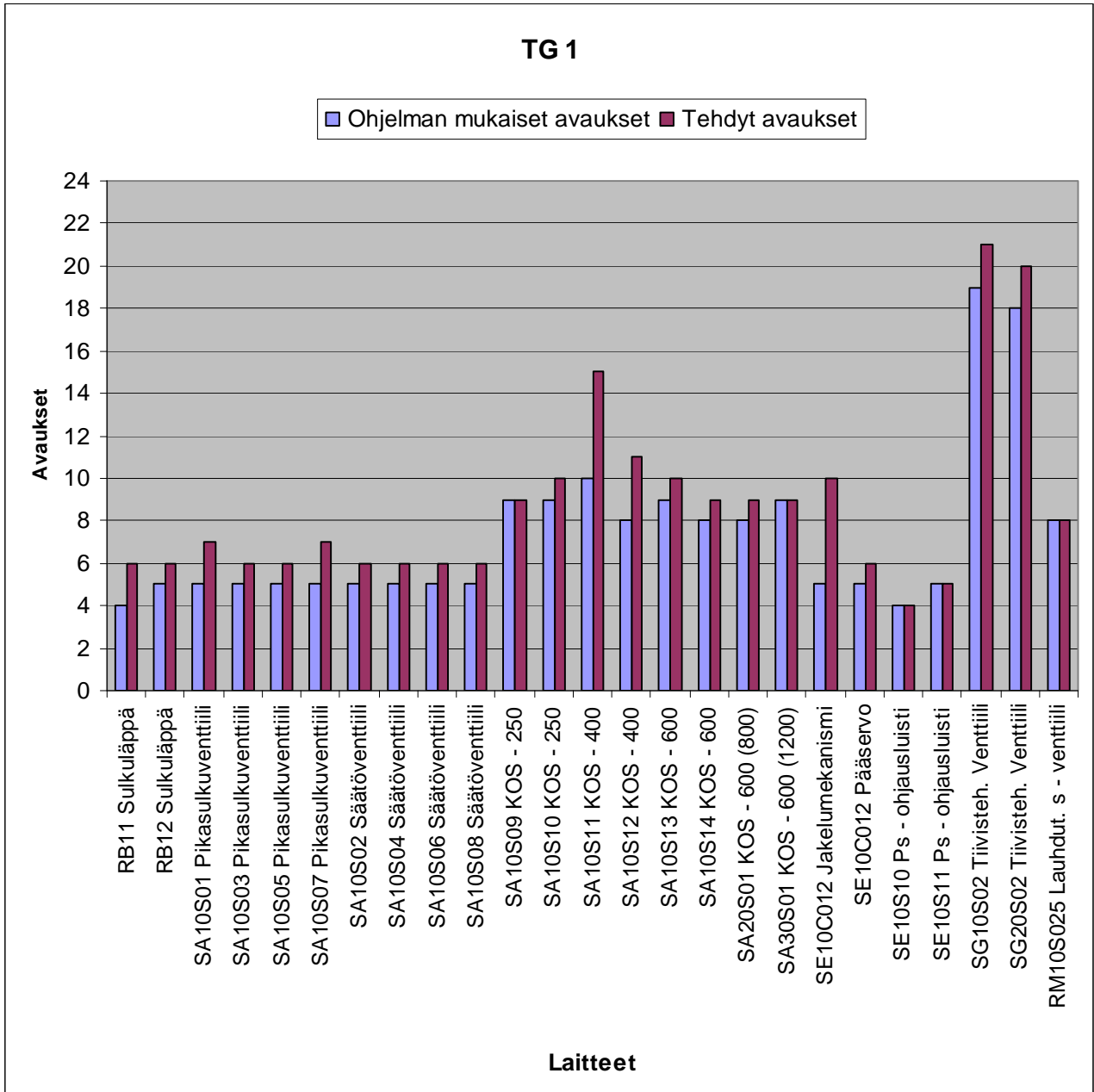
Pikasulkuluisti on avattu kuusi kertaa vuosina 1993 – 2009. Pikasulkuluistiin on tehty yksi ohjelman ulkopuolinen avaus. Väliohjausluistista puuttuu yksi ohjelman mukainen avaus, se on avattu viimeksi vuonna 2004. Väliohjausluisti on avattu neljä kertaa vuosina 1992 – 2009. Luisteissa ei ole esiintynyt vikoja ja ne ovat olleet hyväkuntoisia.

8.9.4 Turbiinigeneraattori 4

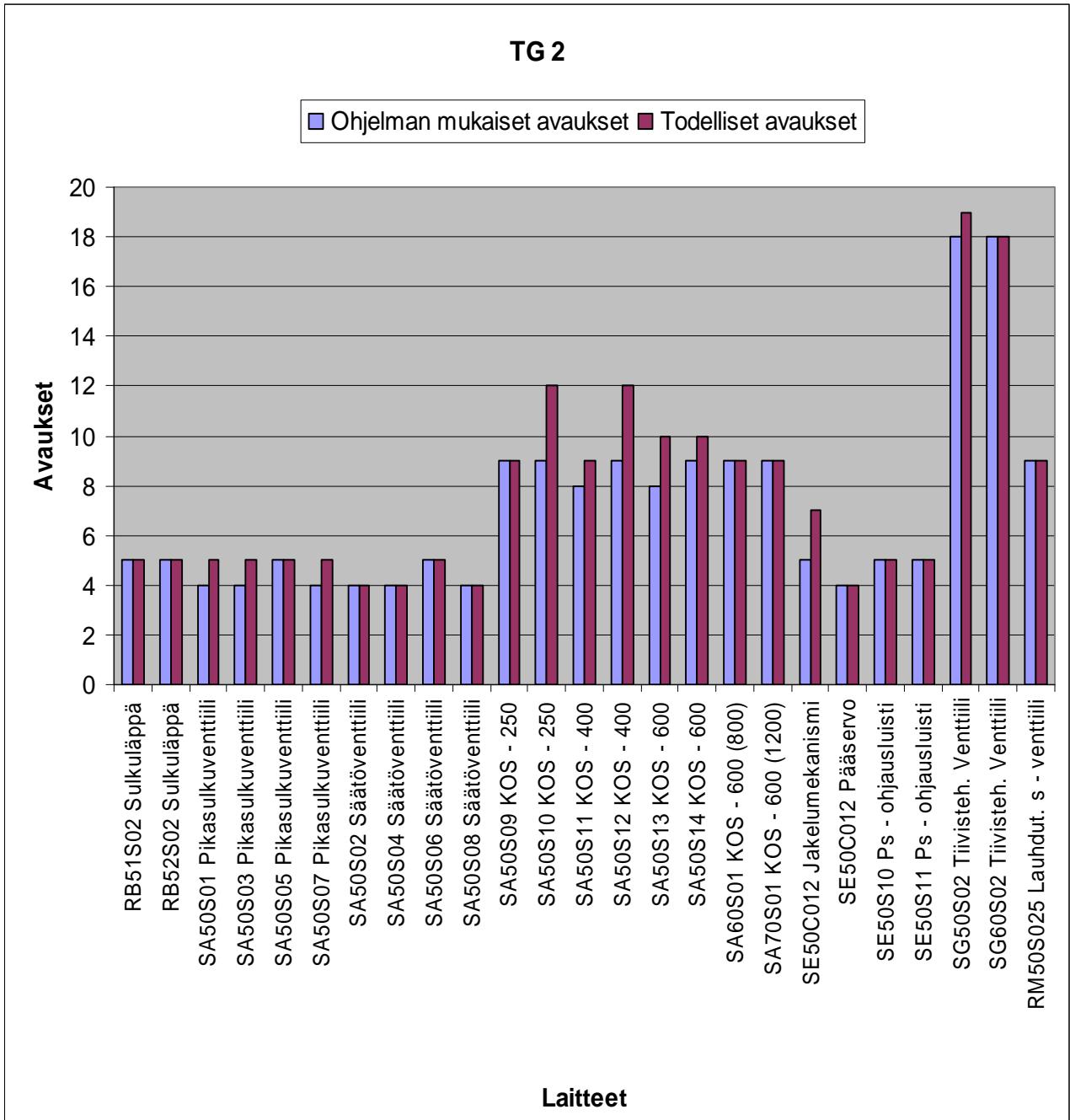
Pikasulkuluisti on avattu viisi kertaa vuosina 1993 – 2009. Väliohjausluisti on avattu viisi kertaa vuosina 1992 – 2008. Ohjelman ulkopuolisia avauksia ei ole tehty. Vikoja ei ole esiintynyt ja luistit ovat olleet hyväkuntoisia.

8.9.5 Johtopäätökset

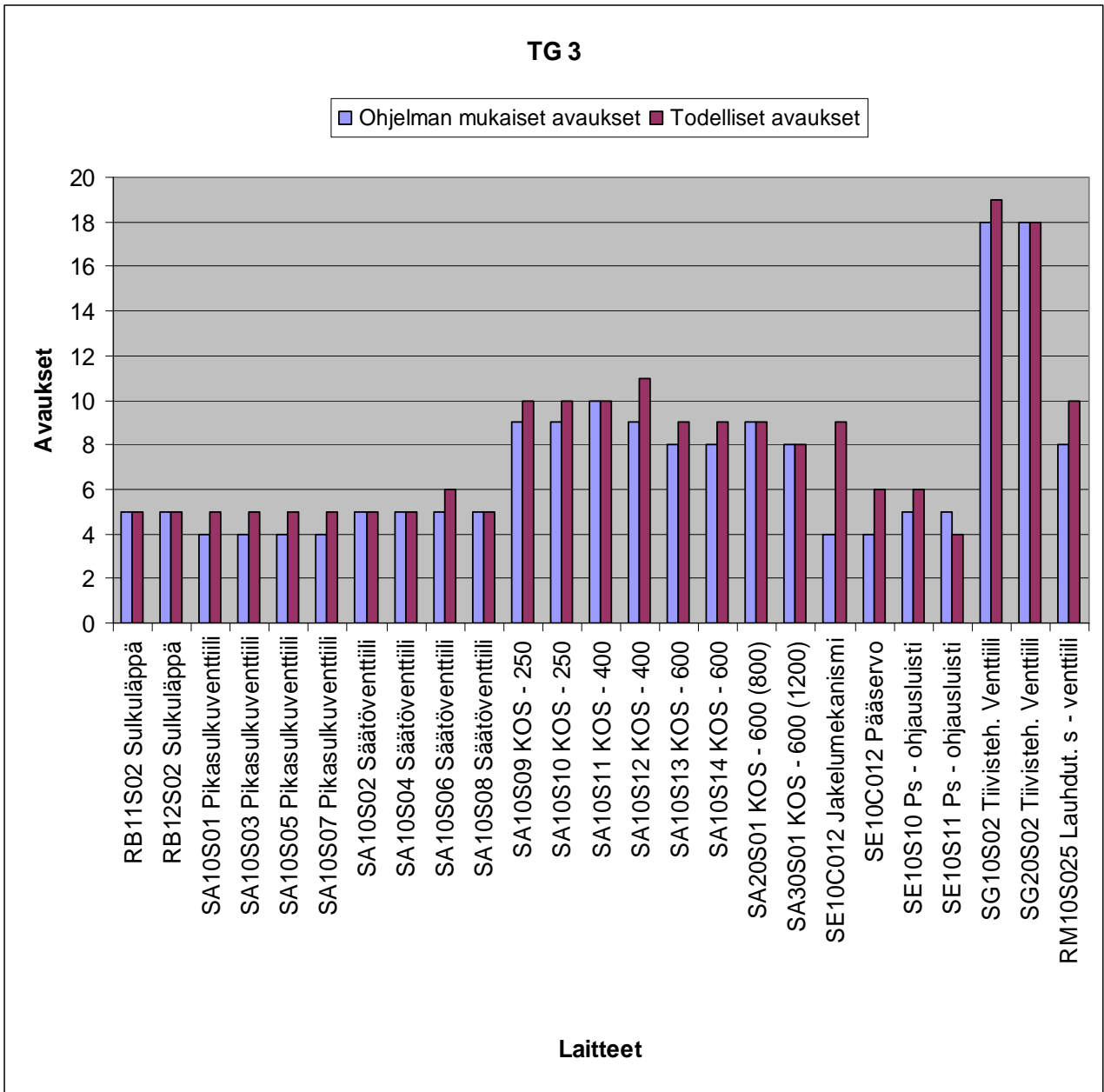
Ohjelman mukaista neljän vuoden huoltojaksoa voisi pidentää (8 v).



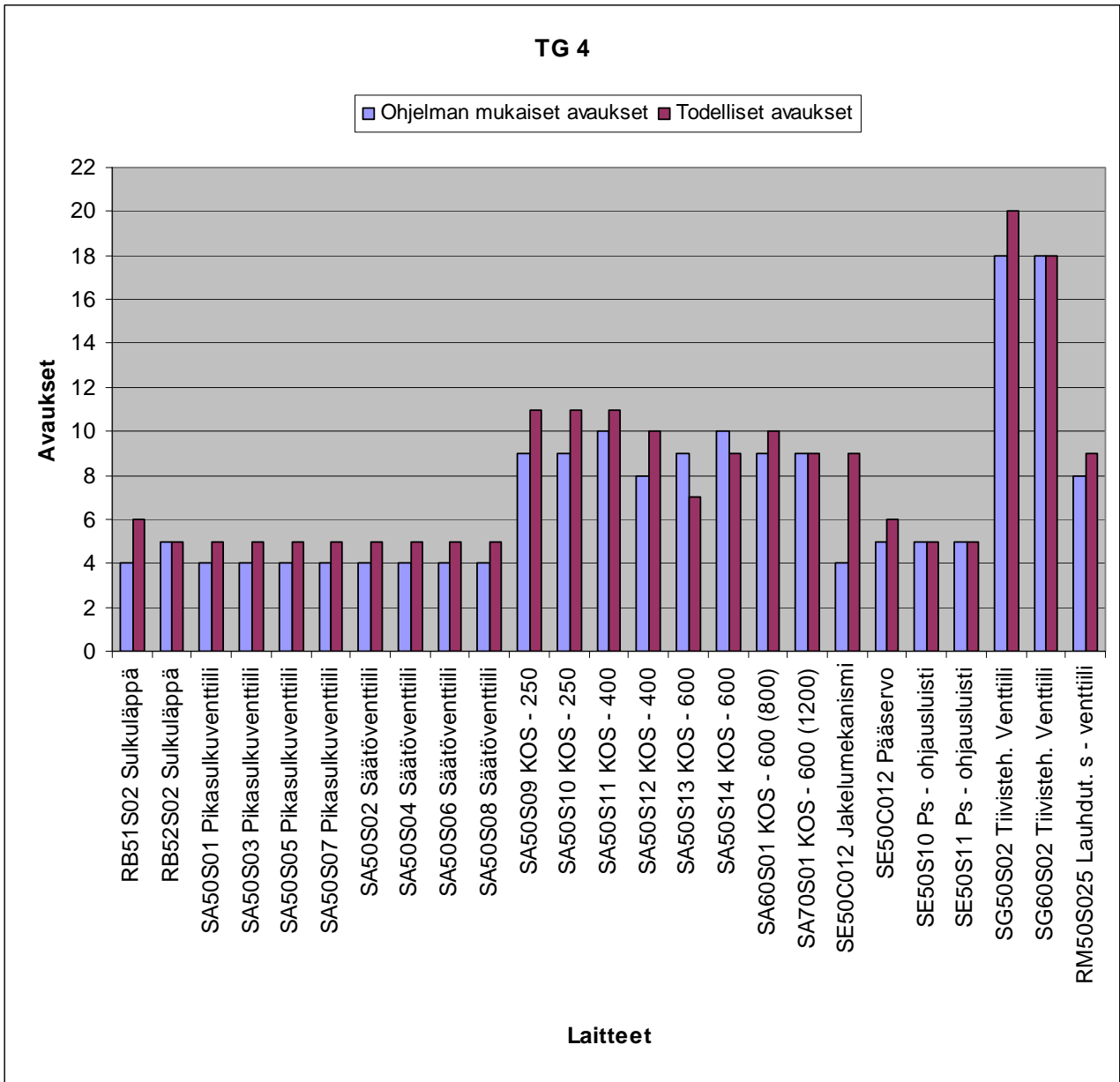
Kuva 20. TG 1: n laitteiden avaukset



Kuva 21. TG 2: n laitteiden avaukset



Kuva 22. TG 3: n laitteiden avaukset



Kuva 23. TG 4: n laitteiden avaukset

8.10 Ekonomiakeskeinen kunnossapito

Kunnossapitoa tehdään, koska on vain ajan kysymys, milloin laitteet lakkaavat toimimasta. Jos kunnossapitoa ei tehdä, laitteiden annetaan rikkoutua ja hankitaan uudet. /27, 48/

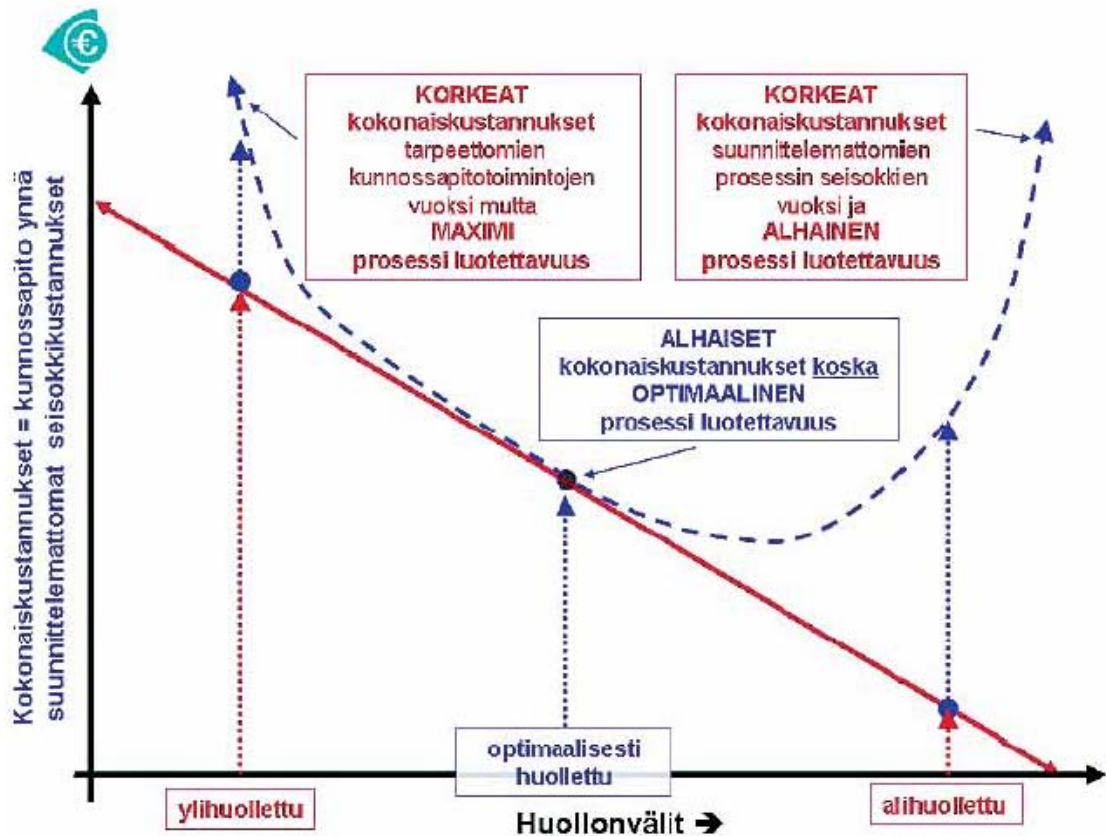
Kunnossapidon vaatimuksena on, että kunnossapidon toimenpiteet tulevat maksamaan vähemmän kuin laitteiden uusiminen kokonaan. Periaatteessa kunnossapito ei ole kustannus, vaan se tuottaa. /27, 48/

Kunnossapito on muuttunut ajan kuluessa reaktiivisesta proaktiiviseksi. Reaktiivisella tarkoitetaan vian korjaamista. Proaktiivisella tarkoitetaan vioittumisen ennakoimista arvioimalla järjestelmän vioittumistavat. /27, 48/

Järkevän kunnossapidon tarkoituksena on varmistaa prosessin luotettavuus eli ehkäistä suunnittelemattomat ja kalliit seisokit. Kunnossapitoa varten laitevalmistajat neuvovat, miten ylläpitää laitteet toimintakunnossa. Nykyaikaisilla mittausmenetelmillä voidaan tarkasti mitata prosessia ja laitteita. Mittausten perusteella voidaan laitteiden vioittumisen ennustaa tarkasti. /27, 49/

Willemsin (27, 49) mukaan kunnossapidon tulee täyttää seuraavat kriteerit ollakseen järkevää: *a) sellaisen kunnossapidon, joka ehkäisee seisokin, kokonaiskustannusten tulee olla pienemmät kuin seisokin aiheuttamat kokonaiskustannukset, tai b) sellaisen kunnossapidon, joka ylläpitää prosessia, tulee tuottaa mittavaa hyötyä.*

Optimaaliseen prosessiluotettavuuteen johtava kunnossapito on järkevää. Minimiprosessiluotettavuus johtaa kalliisiin seisokkeihin ja maksimiprosessiluotettavuudessa kunnossapito maksaa enemmän kuin hyöty seisokin välttämisestä. Tästä johtuu, että molemmat ovat yhtä kalliita. Optimaalinen prosessiluotettavuus on näiden välissä kuvan 24 mukaisesti. Kuvassa punainen suora tarkoittaa prosessiluotettavuutta ja sininen käyrä kokonaiskustannuksia. /27, 49/



Kuva 24. Optimaalinen prosessiluotettavuus /27, 48/

Optimaalinen luotettavuus saavutetaan kunnossapitotoimenpiteillä, jotka tuovat parhaan taloudellisen hyödyn. Kunnossapidon kokonaishinnasta tulee kalliimpi, jos kunnossapitoon käytetään tätä enemmän tai vähemmän rahaa. Kyseistä analysointimenetelmää kutsutaan ekonomikeskeiseksi, ja sitä ohjaavat taloudelliset näkökannat. Kunnossapitokustannukset verrattuna tuotantoon kertovat, kuinka hyvin kunnossapito toimii. /27, 49/

Ekonomikeskeistä 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. /27, 49/

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. /27, 49/

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. /27, 49/

Loviisan voimalaitoksen turbiinien akselilinjan laitteiden kunnossapito-ohjelmaa voisi kehittää ekonomiakeskeisen kunnossapidon suuntaan.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tuloksena voidaan todeta, että pääosaa laitteista on huollettu liikaa. Ohjelman ulkopuolisia huoltoja esiintyi suurimmassa osassa laitteita ja ne pyrittiin erottelemaan määräaikaishuolloista. Hyvä esimerkki ohjelman ulkopuolisista ylimääräisistä huolloista on jakomekanismin kohdalla (Liite 4), jossa kunnossa olevaa laitetta on avattu tiheästi. Osassa laitteista on selviä eroja vikahistorioissa eri turbiinien välillä, esimerkiksi pikasulkuläppäventtiileissä. Tämä vaikeuttaa yhtenäisen huoltojakson valintaa kyseisille laitteille. Osaan huoltojaksoista ehdotettiin jakson pidennystä 1 - 4 vuodella, koska historiassa ei esiintynyt vikoja ja laitteet olivat hyväkuntoisia. Vikahistorian perusteella osaan laitteista jätettiin huoltojakso ennalleen.

Lomax - tietokannassa huoltohistoria alkaa 1990-luvun alusta. Pisimmillään laitekoh-
taisen 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 tulkitsemista. Jatkossa historia tulisi kirjata perusteellisemmin, jotta laitteen elinkaarta voitaisiin tulkita tulevaisuudessa paremmin.

Loviisan voimalaitoksen ylläpidolla ei ole varsinaista kunnossapidon analysointimenetelmää käytössä. Menetelmän avulla pyritään parempaan kunnossapidon suunnitteluun. Ekonomiakeskeinen kunnossapito voisi olla yksi vaihtoehto kunnossapidon suunnitteluun. Jatkotoimenpiteinä voisi selvittää kunnossapidon analysointimenetelmän käytön toimivuutta turbiinien akselilinjan laitteilla.

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

LÄHTEET

1. Fortumin verkkosivut.

<http://www.fortum.fi/area.asp?path=14020;14028;14029;14055;14244>

[viitattu 14.4.2009]

2. Fortumin intranet.

http://portal.fortum.com/sites/Image_Gallery/Presentations/Fi_Fortum_presentation_2009.ppt#269,1,Energiakumppanisi [viitattu 14.4.2009]

3. Fortumin Loviisa 3 verkkosivut.

http://www.loviisa3.fi/fi/ydinvoima/loviisan_voimalaitos/?id=39 [viitattu 14.4.2009]

4. Fortumin Loviisa 3 verkkosivut.

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

5. Web - Doris: Hyvä tietää ydinvoimasta

Doris: /Yleiset/Koulutusmateriaali/07 Itseopiskelu [viitattu 15.4.2009]

6. Web - Doris: SA Höyryturbiini

Doris: /Yleiset/Koulutusmateriaali/01 Koulutuspaketit/1 Yleiskuvas/2./Sekundääripiiri [viitattu 15.4.2009]

7. Knowenergy. Höyryturbiinin perusteet

http://www.knowenergy.net/suomi/monipoltt_kattilat/10_turbiini/fr_text.htm

[viitattu 17.6.2009]

8. Fortumin tietokanta, Kunnossapidon strategiat 2007

O:\LY\Ly_kehittäminen\Kunnossapitotekniikat_ja-menetelmät\Strategiat [viitattu 16.4.2009]

9. Kunnossapidon tunnusluvut:

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

[4_kunnossapidon_seurannan_tunnusluvut.html](http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_3-4_kunnossapidon_seurannan_tunnusluvut.html) [viitattu 10.6.2009]

10. Vonka, M. 2002. Ylläpidon tunnuslukujärjestelmä Loviisan voimalaitoksella. Opinnäytetyö, KyAMK, tuotantotalouden osasto. s. 26 - 31.

11. Loviisan atomivoimalaitosta koskeva luentomateriaali:
Turpiini K-220-44 apujärjestelmään, sekundääripiirin laitteisto ja toimintakaaviot. Tietoja rakenteesta ja käytöstä.

12. Web – Doris: Säätoventtiilien SA10/50S02,S04,S06,S08 huolto
Doris: /Ohjeet/Y/Y-02/Y-02-00072 [viitattu 30.4.2009]

13. Web - Doris: SE turbiinin säätö- ja suojausöljyjärjestelmä
Doris: /Yleiset/Koulutusmateriaali/01 Koulutuspaketit/1 Yleiskuvaus/4. [viitattu 21.4.2009]

14. Web - Doris: Pikasulkuventtiilien SA10/50S01-S07 huolto
Doris: /Ohjeet/Y/Y-02 [viitattu 22.4.2009 ja 30.4.2009]

15. Web - Doris: RB turbiinihöyryn vedenerotus- ja välitulistusjärjestelmä
Doris:/Yleiset/Koulutusmateriaali/01 Koulutuspaketit/1 Yleiskuvaus/2./Sekundääripiiri [viitattu 22.4.2009]

16. Web – Doris: Välitulistimen läppien RB11,12,51,52S002 huolto
Doris: /Ohjeet/Y/Y-02/Y-02-00062 [viitattu 4.5.2009]

17. Web – Doris: Turbiinin väliotto takaiskuventtiileiden huolto (KOC)
Doris: /Ohjeet/Y/Y-02-00087 [viitattu 27.4.2009 ja 30.4.2009]

18. Web – Doris: RM Päälauhdejärjestelmä
Doris: /Yleiset/Koulutusmateriaali/01 Koulutuspaketit/1 Yleiskuvaus/2./Sekundääripiiri [viitattu 27.4.2009]

19. Web – Doris: Lauhduttimen pinnansäätoventtiilin RM10/50S25 huolto
Doris: /Ohjeet/Y/Y-02-00089 [viitattu 4.5.2009]

20. Web – Doris: SG Turbiinin tiivistyshöyryjärjestelmä

Doris: /Yleiset/Koulutusmateriaali/01 Koulutuspaketit/1 Yleiskuvaus/4. [viitattu 27.4.2009]

21. Web – Doris: Turbiinin akselitiivisteiden säätöventtiilien SG10/50/20/60S02 huolto

Doris: /Ohjeet/Y/Y-02-00088 [viitattu 5.5.2009]

22. Web – Doris: Pääservon SE10, 50C01,2 huolto

Doris: /Ohjeet/Y/Y-02-00074 [viitattu 12.5.2009]

23. Web – Doris: Väliohjausluistien SE10/50S11 huolto

Doris: /Ohjeet/Y/Y-02-00083 [viitattu 3.5.2009]

24. Web – Doris: Jakomekanismin SE10 / 50C01,2 huolto

Doris: /Ohjeet/Y/Y-02-00076 [viitattu 13.5.2009]

25. Web – Doris: SA10-turbiinin pikasulkuventtiilien ja RB-läppien 20%:n liikekoestus

Doris: /Ohjeet/K/K1-07-00199

26. Web – Doris: Pikasulkuventtiilien SA10S001, -S003, -S005, -S007 tiiveyden koestus

Doris: /Ohjeet/K/K1-07-00203

27. Willems, J. 2006. RCM vai järkevä kunnossapito ja optimaalinen luotettavuus? Kunnossapito-lehti 7/2006. s. 48 - 49.

28. Smith, A. M. 1993. Reliability-Centered Maintenance. McGraw-Hill, Inc. USA

29. Palmer, D. 1999. Maintenance Planning And Scheduling Handbook. McGraw-Hill, Inc. USA

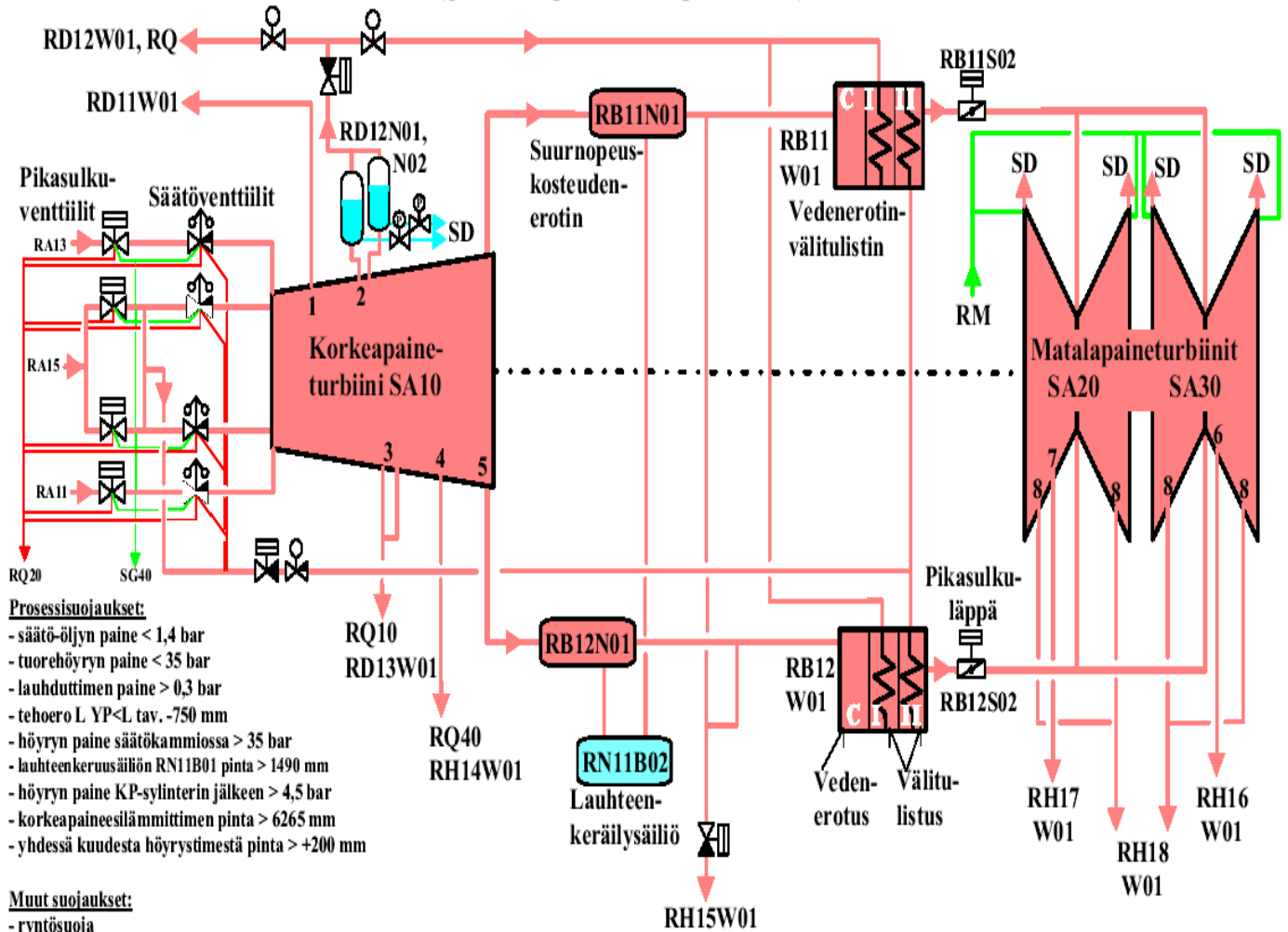
TURPIININ, VENTTIILIIEN JA ÖLJYJÄRJESTELMÄN REVISIO

LO__

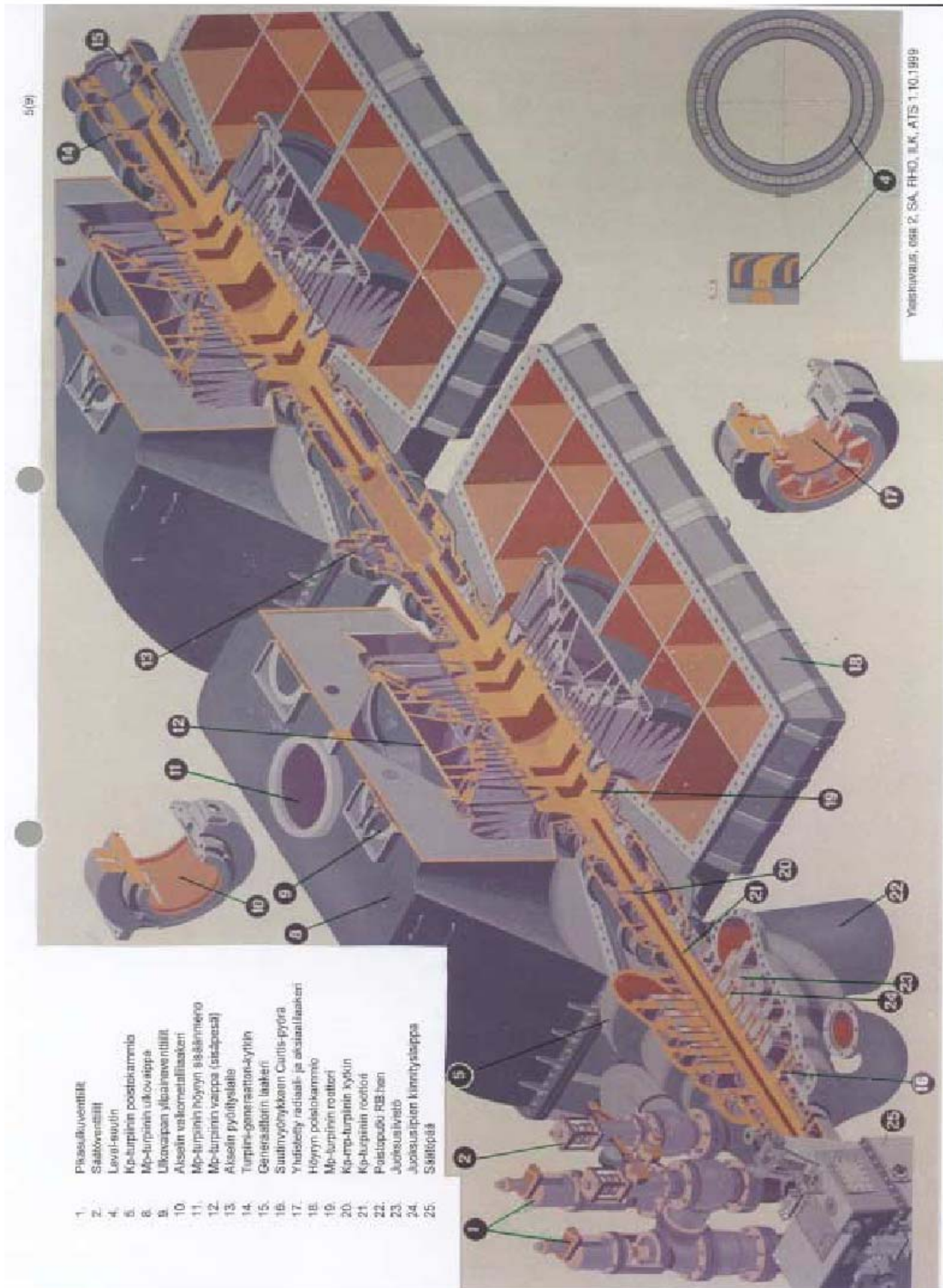
R= revisio T= tarkastus, E= endoskooppitarkastus

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				

SA HÖYRYTURBIINI



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



Jakelumekanismi SE10C012					
KZ	Tarkastus/huolto	Työluokka	Vikaraportointi	Pvm	
20SE10C0001	Jakomekanismin huolto	MH	Toimintakuntoinen	2.4.2007	
20SE10C0001	JAKELUMEKANISMIN MA-TARKASTUS(SE10C001.2)	MT	HUOLTO.	11.9.2001	
20SE10C0001	JAKELUMEKANISMIN MA-TARKASTUS(SE10C001.2)	MT	LAAKERIT VAIHDETTU.	11.9.2000	
20SE10C0001	JAKELUMEKANISMIN MA-TARKASTUS(SE10C001.2)	MT	Määräaikaishuolto	9.9.1999	
20SE10C0001	JAKELUMEKANISMIN MA-TARKASTUS(SE10C001.2)	MT	Määräaikaishuolto	30.9.1998	
20SE10C0001	JAKELUMEKANISMIN MA-TARKASTUS(SE10C001.2)	MT	Määräaikaishuolto	19.9.1997	
20SE10C0001	JAKELUMEKANISMIN MA-TARKASTUS(SE10C001.2)	MT	MEKANISMI PURETTU,PUHDISTETTU JA TARKASTETTU. OK	11.10.1996	
20SE10C0001	JAKELUMEKANISMIN MA-TARKASTUS(SE10C001.2)	MT	Määräaikaishuolto	4.9.1995	
20SE10C0001	JAKELUMEKANISMIN MA-TARKASTUS(SE10C001.2)	TA	MEKANISMI PURETTU,PUHDISTETTU JA TARKASTETTU.OK	24.9.1993	