



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

VILJAMI MAUNULA

OL3-laitosyksikön turbiinin säilöntäohje

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2022

Tekijä(t) Maunula, Viljami	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä joulukuu 2022
	Sivumäärä 33	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi OL3-laitosyksikön turbiinin säilöntäohje		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikka		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työssä parannettiin kunnossapitotöiden suorittamista OL3-ydinvoimalaitoksen turbiinikoneikon säilöntätoimissa kunnossapito-ohjeistuksen luomisella. Säilöntä on seisakin aikana suoritettava suojausmenetelmä, jonka tarkoituksena on komponenttien ilmankosteuden laskeminen korroosion estämiseksi.</p> <p>Työssä hyödynnettiin olemassa olevia laitekohtaisia käyttöohjeita, asiantuntijoiden haastatteluja, rakennekuvia sekä muita teknisiä dokumentteja. Työohjeita luodessa käytettiin hyödyksi myös omaa havainnointia laitosympäristössä. Työssä selvitettiin komponenttien teknisiä tietoja kuten kiristysmomenteja ja varaosatarpeita sekä suunniteltiin miten työt olisi hyvä suorittaa ja mitä työkaluja töihin tarvitsee.</p> <p>Työssä saatiin lopputulokseksi kunnossapito-ohjeisto, joka sisältää ohjeet turbiinikoneikon säilönnän kunnossapitotöille. Ohjeistuksen avulla työt voidaan suorittaa hyvin ja turvallisesti. Kunnossapito-ohjeiston avulla luotiin töiden vaiheet sisältävä mallityö, joka voidaan työtarpeen tullessa aktivoida työksi. Töille luotiin myös riskienarvioinnit työturvallisuuden varmistamiseksi.</p>		
<p>Avainsanat</p> <p>Ydinvoimalaitos, Säilöntä, Höyryturbiini, Kunnossapito</p>		

Author(s) Maunula, Viljami	Type of Publication Bachelor's thesis	Date December 2022
	Number of pages 33	Language of publication: Finnish
Title of publication Preservation guide for turbine of OL3 plant unit		
Degree programme Energy and environmental engineering		
Abstract Goal was to improve performance of maintenance works in preservation actions of turbine of OL3 nuclear power plant by creating a maintenance guide. Preservation is a protection method used during outages which has a goal of reducing air humidity to prevent corrosion in systems. Component manuals, interviews, fabrication drawings and other technical documents were used in the project. Personal observation in plant environment was also used in planning of works. Component information like tightening torques and spare parts were investigated. Ways to perform works were planned and right tools for the works were selected. Maintenance manual, which contains guidelines of maintenance works of preservation was created. With the guide, works can be performed well and safely. Model work which contains work phases was created based on the maintenance guide. In demand, the model work can be activated to a work. Risk evaluation was created to ensure work safety.		
Keywords Nuclear power plant, Preservation, Steam turbine, Maintenance		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
1.1 Tavoite	7
1.2 Teollisuuden voima Oyj	7
1.3 Opinnäytetyön aiheen rajaus.....	8
2 OLKILUOTO 3.....	8
2.1 Laitosprojektin taustaa	8
2.2 Ydinvoimalaitoksen toimintaperiaate	9
2.3 OL3 EPR-laitoksen toimintaperiaate.....	9
2.4 Reaktorilaitos.....	10
2.5 Turbiinilaitos	11
2.6 Merivesilaitos	12
3 SEKUNDÄÄRIPIIRIN PÄÄLAITTEET.....	13
3.1 Turbiini	13
3.2 Välitulistimet ja kosteudenerotin.....	14
3.3 Lauhduksimet.....	14
3.4 Generaattori.....	15
3.5 Pikasulku- ja säätöventtiilit.....	15
4 SEISOKKIKORROOSIO VOIMALAITOKSISSA.....	16
4.1 Sähkökemiallinen korroosiomekanismi.....	16
4.2 Höyry-lauhdevesipiirin seisokkikorroosio	17
4.3 Happikorroosio	17
4.3.1 Pistekorroosio	18
4.3.2 Yleinen syöpyminen.....	18
5 SÄILÖNTÄ PWR-YDINVOIMALAITOKSISSA.....	19
5.1 Märkäsäilöntä vedellä.....	19
5.2 Märkäsäilöntä tyypellä.....	20
5.3 Kuivasäilöntä kuivatulla ilmalla.....	20
5.4 Kuivasäilöntä tyypellä.....	21
5.5 Kuivasäilöntä pelkällä kuivauksella	21
6 SÄILÖNTÄTOIMENPITEET TURBIINEISSA	22
6.1 Säilöntätavan valinta	22
6.2 Seisokkien pituuden vaikutus säilöntään	22
6.3 Turbiinin kuivasäilönnän toimintaperiaate.....	23
6.4 Säilönnän aloittamisen kriteerit.....	24
7 KUNNOSSAPITO TVO:LLA.....	24

7.1 Kunnossapito yleisesti.....	24
7.2 Kunnossapitokäsikirja	25
7.3 KUPI-järjestelmä	25
7.3.1 Työtilausjärjestelmän mallityö	26
7.4 Granite-riskienarviointityökalu	26
8 KUNNOSSAPITOKÄSIKIRJAN OHJEEN MUODOSTAMINEN	27
8.1 OL3-laitosyksikön turbiinin säilöntämenetelmät.....	27
8.2 Ohjeen rakenne	27
8.3 HU-menetelmien käyttö	28
8.4 Kohteet ja säilöntäprosessi.....	29
8.5 Vaiheluettelot.....	29
8.6 Säilönnän menettelytavat kunnossapidolle	29
8.7 Irto-osien hallinta.....	29
8.8 Työkalut ja varaosat.....	30
9 MALLITYÖN SUUNNITTELU	30
9.1 Mallityön vaiheet.....	30
9.2 Mallityön vaiheen sisältö.....	30
9.2.1 Irto-osaluokituksen määrittäminen	31
9.3 Töiden riskienarviointi	31
10 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	
LIITTEET	

LYHENNE/TUNNISTELUETTELO

BWR	Boiling water reactor
EPR	European Pressurized water Reactor
FME	Foreign material exclusion
HU	Human performance
KU4	Mekaaninen kunnossapito
KU6	Sähkökunnossapito
KU7	Kiinteistö-kunnossapito
PWR	Pressurized water reactor
TTJ	Työtilausjärjestelmä
TVO	Teollisuuden voima OYJ

1 JOHDANTO

1.1 Tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda OL3-ydinvoimalaitosyksikön turbiinikoneikolle säilöntäohjeistus hyödyntäen olemassa olevia käyttöohjeita. Ohjeistus sisältää ohjeen TVO:n kunnossapitokäsikirjassa sekä mallityön työtilausjärjestelmässä. Ohje tullaan tekemään kunnossapito-organisaatiosta käsin, joten se on tarkoitettu lähinnä kunnossapidon käyttöön. Säilöntäprosessin työt on jaettu useiden organisaatioiden välille, ja ohjeessa tullaan keskittymään kunnossapito-organisaatioiden töihin. Työtilausjärjestelmän mallityössä tullaan käsittelemään säilönnän kunnossapitotöiden vaiheet yksityiskohtaisesti niin, että mallityön perusteella koneasentajat pystyvät suorittamaan työt. Työtä tehdessä voidaan antaa toimeksiantajalle esimerkiksi hankinta- ja muutosehdotuksia liittyen säilöntään, jos sellaisia tulee ilmi.

Säilöntä on laitoksen seisokkitilanteissa käytettävä suojaus korroosiota vastaan. Säilöntää on harjoitettava sillä korrosio voi aiheuttaa vakavia vahinkoja järjestelmien sisällä. Työssä tullaan esittelemään OL3-laitosyksikkö ja sen sekundääripiirin päälaitteet, jonka jälkeen teorian kautta kerrotaan voimalaitoksissa esiintyvistä korroosiosta ja säilönnän toteuttamisesta voimalaitoksilla. Lopuksi raportoidaan säilöntäohjeen muodostamisesta ja mallityön luomisesta.

1.2 Teollisuuden voima Oyj

TVO on vuonna 1969 perustettu osakeyhtiö, jonka tärkein tehtävä on tuottaa sähköä omistajilleen omakustannehinnalla. TVO vastaa ydinvoiman tuoton kaikista vaiheista rakentamisesta asti. TVO:lla on kolme ydinvoimalaitosta, OL1, OL2 ja

koekäyttövaiheessa oleva OL3. TVO:n ydinvoimalaitokset sijaitsevat Eurajoella Olkiluodossa. OL3-laitosyksikön säännöllisen sähköntuotannon myötä lähes kolmannes Suomen sähköstä tulee Olkiluodosta. TVO:lla on useita omistajia, joista suurin on Pohjolan Voima Oy 58,5 % omistuksellaan. (TVO, 2022a)

1.3 Opinnäytetyön aiheen rajaus

Säilöntäohjeistus tulee koskemaan sellaisia seisakkitilanteita missä turbiinikoneikolle on suoritettava säilöntä mahdollisen korroosioriskin ehkäisemiseksi. Säilöntäohjeen alaisuuteen kuuluu höyryturbiinikoneikko. Työ rajataan koskemaan kunnossapitoorganisaatiota eikä ohjeesta tule käyttöohjetta käyttöorganisaatiolle. Ohjeistuksessa voidaan kuitenkin käydä läpi pintapuolisesti käyttöorganisaation suorittamia tehtäviä.

2 OLKILUOTO 3

2.1 Laitosprojektin taustaa

OL3-laitosyksikkö rakennettiin tuomaan lisäkapasiteettia Suomen sähköverkkoon sähkön kulutuksen kasvun ja vanhojen laitosten käytöstä poistumisen luovan tarpeen vuoksi. OL3 edesauttaa myös Suomea hiilidioksidineutraaliustavoitteissa ja sähkömarkkinoiden vakauttamisessa. Periaatepäätöshakemus laitoksen rakennuttamisesta jätettiin marraskuussa 2000 ja valtioneuvosto myönsi luvan rakennuttamiselle 17.1.2002, joka vahvistettiin vielä eduskunnassa 24.5.2002. Joulukuussa 2003 TVO teki investointipäätöksen laitoksen rakennuttamisesta. Laitokseksi valittiin Areva NP:n ja Siemensin muodostaman konsortion valmistama 1600 MWe:n EPR (European Pressurized water Reactor) laitos. (TVO, 2022b, s.4)

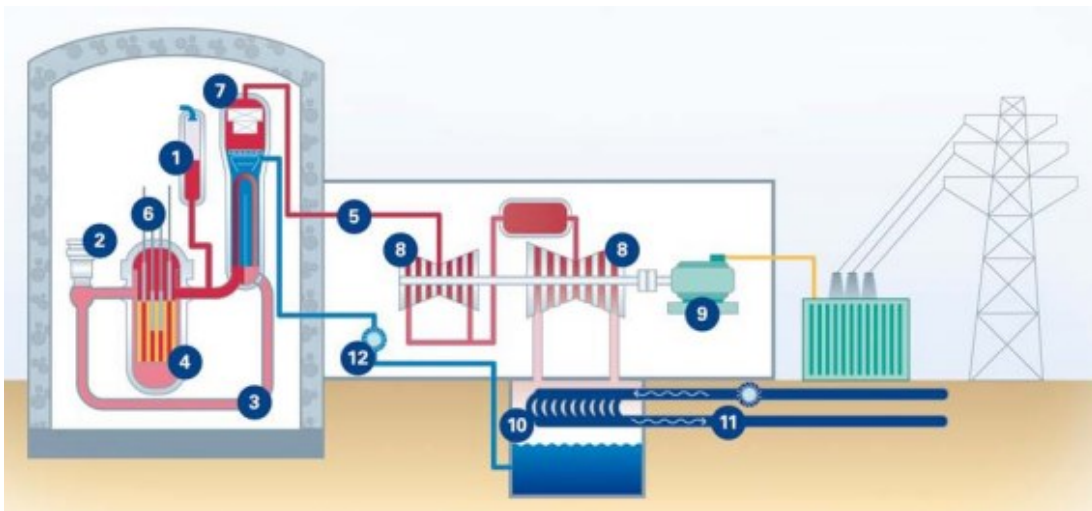
2.2 Ydinvoimalaitoksen toimintaperiaate

Ydinvoimalaitos on sähköntuotantoon käytetty lämpövoimalaitos, jossa lämpö tehdään ydinreaktiossa tapahtuvalla fissiolla. Ydinpolttoainetta kuumennetaan fissioreaktiossa vapautuvalla energialla, joka ajetaan reaktorin jäähdytteeseen. Reaktorin jäähdyte ajetaan turbiinille suoraan, tai vaihtoehtoisesti sen energia siirretään sekundääripiirin veteen, joka höyrystyessään pyörittää turbiinia. Höyry muutetaan lämpöenergiasta liike-energiaksi turbiinissa pyörittäen generaattorin akselia, joka muuttaa energian sähköksi. Yleisimmät reaktorityypit ovat kiehumisvesireaktori (BWR) ja painevesireaktori (PWR). (STUK, 2015)

Ydinvoimalaitoksissa käytetään polttoaineena uraanin isotooppia U-235. Uraaniatomeja pommitetaan neutroneilla, mikä saa ne halkeamaan. Fissioreaktiossa syntyy erilaisia fissiotuotteita joiden massaluvut vaihtelevat. Näin ollen yhdestä fissiotuotteesta sinkoutuu 2–3 kappaletta neutroneja. Neutronit ovat vapautuessaan nopeita, ja niitä hidastetaan polttoainesauvoja ympäröivissä hidastimissa. Hidastuttuaan neutroni luo atomiin törmätessään uuden fissioreaktion. Näin on aikaansaatu ketjureaktio, jota säädellään säätösauvojen asennoilla. (Huhtinen, 2008, s.234–235)

2.3 OL3 EPR-laitoksen toimintaperiaate

OL3-laitoksen reaktori on tyypiltään European Pressurized water Reactor (EPR) eli painevesireaktori. Painevesireaktorissa vesi on reaktoripaineastiassa niin isossa paineessa että se ei kiehu. EPR-laitoksessa on kaksi piiriä, primääri- ja sekundääripiiri. Primääripiiri kulkee reaktorilaitoksessa ja sekundääripiiri turbiinilaitoksessa. Laitoksessa on myös jäähdytyspiiri, jossa kulkee merivesi. Laitoksen lämpöteho on 4300 MW, bruttosähköteho 1720 MW ja nettosähköteho 1600 MW. (TVO, 2009, s.10) Kuvassa 1 on esitetty OL3-laitosyksikön pääkomponentit: paineistin (1), pääkiertopumput (2), primääripiiri (3), reaktori (4), sekundääripiiri (5), säätöelementit (6), höyrystimet (7), turbiini (8), generaattori (9), lauhdutin (10), merivesipiiri (11) ja syöttövesipumput (12).



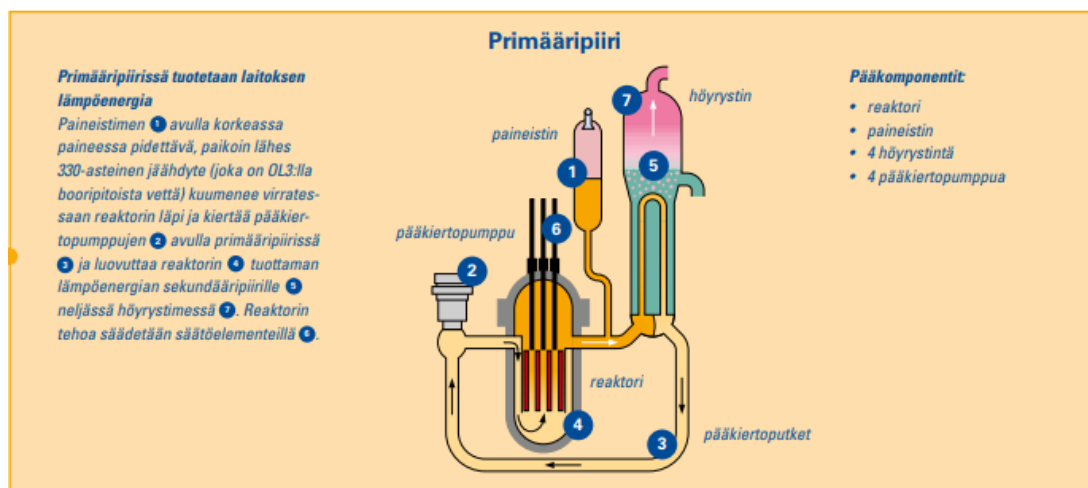
Kuva 1. OL3 toimintaperiaate (TVO, 2022b, s.4)

2.4 Reaktorilaitos

Reaktorilaitos koostuu reaktorin suojarakennuksesta sekä turvallisuus- ja polttoainerakennuksista. Reaktori sijaitsee reaktorin suojarakennuksessa, toiselta nimeltään reaktorirakennuksessa, joka on kaksikuorinen teräsbetonista tehty suojarakennus. Suojarakennus on mitoitettu kestävämmän erilaisia sisäisiä ja ulkoisia häiriötilanteita kuten maanjäristyksiä ja räjähdyksiä. Polttoainerakennuksessa on sekään uuden että käytetyn polttoaineen polttoainealtaat ja se sijaitsee reaktorirakennuksen eteläisellä puolella. (TVO, 2022b, s.9)

Primääripiiri on nelipiirinen, ja sen pääkomponentit ovat reaktori, paineistin, höyrystimet ja pääkiertopumput. Jokaisessa piirissä 328-asteinen primääripiirin vesi kulkee pääkiertoputkista höyrystimeen, jossa sen energia siirretään sekundääripiirin veteen. Vesi jäähtyy höyrystimessä 296-asteiseksi, josta se palaa pääkiertopumppujen voimalla takaisin reaktoriin kuumennettavaksi. Vesi kulkee reaktorissa polttoainepipujen välissä, jossa se lämpenee. (TVO, 2022b, s.13)

Kuvassa 2 on esitetty primääripiirin pääkomponentit.



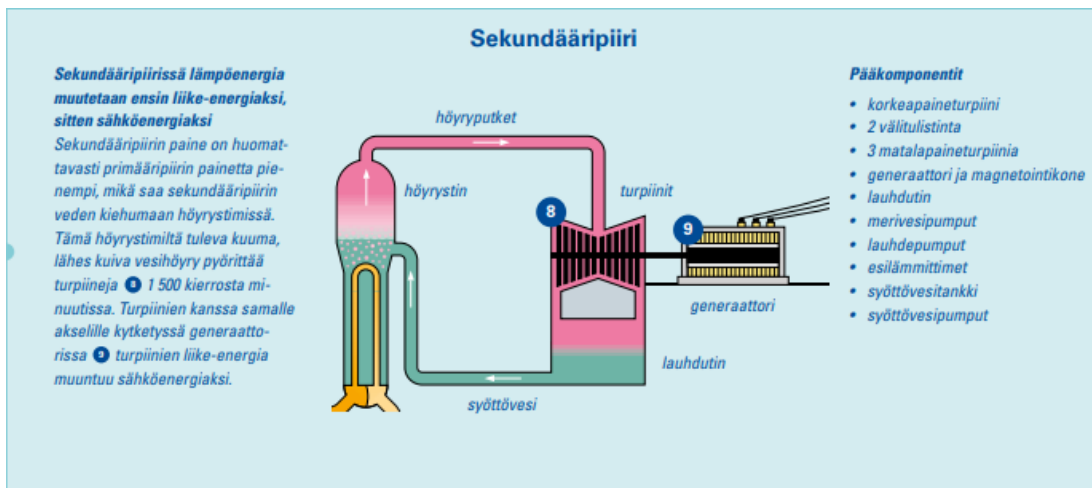
Kuva 2, OL3 Primääripiiri (TVO 2009, s.11)

2.5 Turbiinilaitos

Turbiinilaitoksella kulkeva sekundääripiiri koostuu kolmesta pääjärjestelmästä: pähöyryjärjestelmästä, päälauhdejärjestelmästä ja syöttövesijärjestelmästä. Sekundääripiirin tarkoituksena on muuttaa primääripiiristä tulevan höyryn lämpöenergia turbiinigeneraattorikoneikolla sähköksi. Turbiinigeneraattorikoneikko koostuu korkeapaineturbiinista, kolmesta matalapaineturbiinista ja generaattorista. Korkeapaineturbiini tuottaa OL3:lla noin 40 % sähkötehosta ja 3 matalapaineturbiinia yhteensä noin 60 %.

Höyry johdetaan höyrystimiltä pähöyrylinjoja pitkin turbiinilaitokselle, jossa se kulkee säätö- ja pikasulkuventtiilien kautta turbiinikoneikkoon. Höyry kulkee ensin korkeapaineturbiiniin, jonka jälkeen se kulkeutuu kostedenerottimiin. Kostedenerottimissa höyry kuivuu, jonka jälkeen se tulistetaan välitulistimissa ja johdetaan matalapaineturbiineihin. Matalapaineturbiineista höyry kulkee lauhduttimiin, joissa se jäähtyy jäähdytyspiirin merivesivirtauksen avulla. Syntynyt lauhde ajetaan neljävaiheisen lauhteen esilämmityksen kautta syöttövesisäiliöön. Syöttövesisäiliöstä vesi pumpataan syöttövesipumpuilla syöttöveden esilämmityksen kautta takaisin höyrystimiin. (TVO, 2022b, s.31)

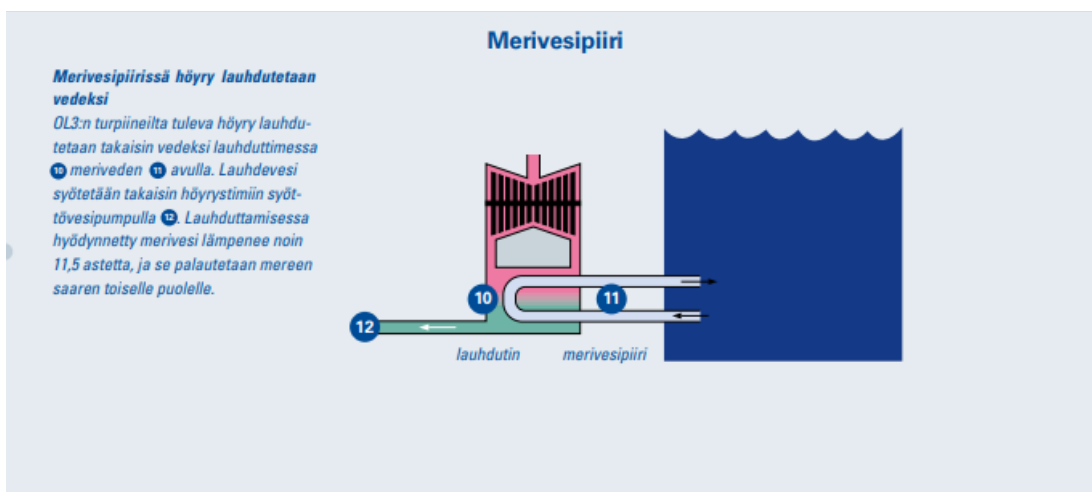
Kuvassa 3 on esitetty sekundääripiirin pääkomponentit.



Kuva 3, OL3 Sekundääripiiri (TVO, 2009, s. 11)

2.6 Merivesilaitos

OL3:n merivesipumppaamolle johdatetaan merivettä $57 \text{ m}^3/\text{s}$ virtauksella jäähdytysvesitunnelia pitkin. Merivettä suodatetaan eri vaiheissa niin, että epäpuhtaudet saadaan suurimmilta osin jäämään pois. Merivesipumppaamossa neljä pystyakselista merivesipumppua pumppaa merivettä lauhduttimeen. Kun merivesi on jäähdyttänyt lauhteen, se johdatetaan aaltoilutilaan ja sieltä purkukanavan kautta mereen. Meriveden lämpötila nousee lauhduttimessa noin 12 astetta. (TVO, 2009, s.37–39) Kuvassa 4 on esitetty merivesipiirin pääkomponentit.



Kuva 4, OL3 Merivesipiiri (TVO, 2009, s.11)

3 SEKUNDÄÄRIPIIRINPÄÄLAITTEET

3.1 Turbiini

OL3:n yksiakselinen turbiini koostuu yhdestä korkeapaineturbiinista ja kolmesta matalapaineturbiinista. Laitoksen bruttosähkötehosta korkeapaineturbiini tuottaa noin 40 % eli 650 MWe:ta ja matalapaineturbiinit yhteensä 60 % eli kukin noin 320 MWe:ta. OL3-turbiinin akselin kokonaispituus on 68 metriä ja turbiinin pyörimisnopeus on 1500 kierrosta minuutissa. Kaikki turbiinit ovat kaksijuoksuisia reaktioturbiineja. (TVO, 2022b, s.33)

Reaktioturbiini eli ylipaineturbiini on turbiinityyppi, jossa höyryn entalpia muutetaan nopeusenergiaksi sekä johto- että juoksusiivissä. Näin nopeuden kasvu höyrystimessä saa aikaan kehävoiman juoksupyörässä. Höyryn paine laskee sekä johto- että juoksusiivissä. Nämä ovat olennaiset erot toiseen turbiinityyppiin eli aktioturbiiniin, toiselta nimeltään impulssiturbiini, jossa höyryn paine ei laske juoksuosissa ja höyryn lämpöenergia muutetaan nopeudeksi vain johtosiivissä. Ydinvoimalaitoksissa saadaan suurempi osuus tehosta matalapaineturbiineilta kuin konventionaalisissa voimalaitoksissa sillä höyry paisuu enemmän matalapaineturbiineissa. Höyrystimestä tuleva tuorehöyry on tulistamatonta ja pienipaineista (noin 60–70 bar) joten tarvitaan suuri höyryn massavirta, jotta voidaan saavuttaa merkittävät tehot. (Kauppinen, 2018, s.48 ja s.58)



Kuva 5. OL3 turbiini. (TVO 2022b, s.31)

3.2 Välitulistimet ja kosteudenerotin

Ydinvoimalaitoksissa höyry pitää tulistaa ja kuivata korkeapaineturbiinin jälkeen, jottei höyryn paisuminen tapahdu liikaa kostean höyryn alueella. Höyryn välitulistaminen nostaa laitoksen kokonaishyötysuhdetta. Välitulistimessa höyry tulistetaan kaksivaiheisesti, jolloin sen lämpötila kasvaa. Tulistettu höyry johdatetaan välitulistusputkia pitkin matalapaineturbiineihin. (Kauppinen, 2018, s.58–63) Ennen välitulistinta höyry kulkee pisaraerottimen läpi, jossa vesipisarat erottuvat painovoiman avulla ja kulkevat lauhdesäiliöön. (Isokorpi, Wallin, 2022)

3.3 Lauhduttimet

Lauhdutin on lämmönsiirrin, jolla jäähdytetään matalapaineturbiineilta tuleva matalapaineinen höyry. Lauhduttimen putket muodostavat putkinippuja, joissa jäähdytysvesi kiertää. Höyry kulkee lauhduttimeen ja lauhtuu putkinippujen pintaan ja painovoimaisesti valuu lauhdelinjoja pisin alas, josta se pumpataan lauhdepumppujen avulla kohti lauhteen esilämmittimiä. Lauhduttimessa ylläpidetään tyhjiöpumpuilla vakuumia eli tyhjiötä jotta lämmönsiirtokapasiteetti säilyy. Tyhjiöpumppuina käytetään ejektoreja ja vesirengaspumppuja, jotka imevät ilman pois lauhduttimesta. (Huhtinen, 2008, s.100)

OL3:n lauhduttimet sijaitsevat suoraan matalapaineturbiinien alla, ja kutakin matalapaineturbiinia kohden on yksi lauhdutinlohko. Lauhdutinlohkot on jaettu kahteen merivesikammioon, joista kukin painaa 250000 tonnia. Putkiniput on valmistettu titaanista ja ne omaava 110000 neliometriä jäähdytyspinta-alaa. Putkissa kulkee merivesipiirin vesi, joka lämpenee prosessissa noin 12 astetta. Lauhduttimen tehtävänä on lauhduttaa myös muita höyryvirtauksia laitokselta. (TVO, 2022b, s.37)

3.4 Generaattori

Generaattorin tehtävänä on muuttaa turbiinin mekaaninen energia sähköenergiaksi. Generaattorin kaksi pääkomponenttia ovat rungossa paikallaan oleva staattori ja laakereiden varassa turbiiniakselin voimalla pyörivä roottori. Tahtigeneraattoreita on roottorirakenteen perusteella kahdenlaisia, avonaparoottorillisia tai umpinaparoottorillisia. (Kauppinen, Wikström & Hietalahti, 2020, s.19)

OL3-laitosyksikön generaattori on nelinapainen umpinaparoottorillinen generaattori. Generaattorin roottoria jäähdytetään vedyllä, ja staattorin käämien ja ulosottolämpivientienjäähdyttämiseen käytetään vettä. OL3-laitosyksikön generaattorin roottori on 17 metriä pitkä, painaa 250 tonnia ja omaa saman pyörimisnopeuden kuin turbiiniakseli eli 1500 kierrosta minuutissa. (TVO, 2022b, s.35)

3.5 Pikasulku- ja säätöventtiilit

Pikasulkuventtiilit ovat turbiinigeneraattorin tärkeimmät varolaitteet. Pikasulkuventtiili katkaisee höyryvirran turbiinille häiriötapauksissa ja pikasuluissa sekä tapauksissa, jossa esimerkiksi generaattori irtoaa verkosta ja kuorma häviää. Jos näin kävisi ja säätöventtiilit eivät ehtisi sulkeutua, tapahtuisi höyryryntäys turbiinille mikä tekisi vakavaa vahinkoa rakenteille. Pikasulkuventtiileitä pidetään auki öljynpaineella ja öljynpaineen hävitessä venttiili sulkeutuu äärimmäisen nopeasti. Pikasulkuventtiilit voidaan sijoittaa joko turbiinikoneikon runkoon tai päähöyryputkistoihin.

Jokaisella matalapaineturbiinilla on myös omat säätöventtiilinsä. Säätöventtiilien tarkoitus on ennen turbiinin verkkoon tahdistusta säätää kierrosnopeutta. Säätöventtiileillä voidaan säätää myös tahdistuksen jälkeistä tehoa. Säätöventtiilit toimivat myös paineistetulla öljyllä. (Kauppinen, 2018, s.65–69)

4 SEISOKKIKORROOSIO VOIMALAITOKSISSA

Korroosiolla tarkoitetaan erilaisten metallien syöymistä tai tuhoutumista kemiallisesti tai sähkökemiallisesti ympäristön vaikutuksesta. Korroosio aiheuttaa materiaalituhojen takia suuria taloudellisia haittoja sekä esimerkiksi työturvallisuusriskejä. Metallien tavanomaisimpia korroosioilmiöitä ovat erilaisissa vesiliuoksissa tapahtuva sähkökemiallinen syöpyminen. (Kunnossapitoyhdistys, 2008, s.17–18)

Korroosion kannalta ydinvoimaloissa ja konventionaalisissa voimalaitoksissa on paljon samanlaisia komponentteja, mutta ydinvoimaloissa suurin osa niistä on valmistettu austeniittisista ruostumattomista teräksistä tai muista nikkelin, kromin ja raudan seoksista. Näin saadaan minimoitua korroosiotuotteiden määrä putkistoissa ja komponenteissa. (Roberge, 2020)

4.1 Sähkökemiallinen korroosiomekanismi

Metallien korroosio perustuu kahden eri potentiaalilla omaavan metallipinnan osan tai metallin välille syntyvään korroosiopariin. Saman metallin pinnalle voi syntyä eri potentiaaleja esimerkiksi erilaisten hapettumis- tai liukenemistaipumusten, rakenteellisten tai analyyttisten erojen, kerrostumien tai liuoksen väkevyyserojen vuoksi. (Kunnossapitoyhdistys, 2008, s.22)

Korroosiopari syntyy, kun metalliin muodostuu anodi ja katodi. Katodi syntyy korkeamman potentiaalilla omaavasta tai jalommasta metallista ja anodi syntyy matalamman potentiaalilla omaavasta tai epäjalommasta metallista. Anodissa korroosioreaktio näkyy syöymisenä. Jotta korroosiopari voi muodostua, anodin ja katodin välille tarvitaan sähköä johtava yhteys ja virtaa kuljettava elektrolyytti, esimerkiksi vesi. (Kunnossapitoyhdistys, 2008, s.22)

Korroosioreaktiossa anodissa metalli liukenee elektrolyyttiin positiivisina ioneina. Reaktiossa vapautuneet elektronit kulkeutuvat johdinta pitkin katodille, jossa niiden

kanssa reagoi happi tai jokin liuoksessa oleva ioni. Anodilla tapahtuu siis metallin hapettumisreaktio ja katodilla pelkistymisreaktio. (Kunnossapitoyhdistys, 2008, s.22)

4.2 Höyry-lauhdevesipiirin seisokkikorroosio

Seisonta-ajan korroosiota voi ilmetä voimalaitoksen käyttöseisokkien aikana komponenteissa. Höyry-lauhdevesipuolella laitteet syöpyvät etupäässä happikorroosion vaikutuksena, mutta korroosiota voi myös syntyä hiilidioksidin vaikutuksena. Laitteissa paineen laskiessa ulkoilman paineeseen tai sen alapuolelle, ilmaa pääsee tunkeutumaan laitteisiin ja siellä se liukenee laitteissa olevaan veteen. Tällöin pääsee syntymään happikorroosiota. Seisokkikorroosion estämiseen on keinona säilöntä. (Kunnossapitoyhdistys, 2008, s.301)

Vaikka voimalaitosten syöttövesi onkin moninkertaisesti puhdistettua, se sisältää pieniä määriä suoloja, kaasuja ja muita epäpuhtauksia. Näiden tuotteiden ansiosta syöttövesi toimii vahvana elektrolyytinä. Nämä epäpuhtaudet kertyvät esimerkiksi turbiinipesienpinnoille ja edesauttavat korroosioreaktiota. (Kauppinen, 2018, s.137)

4.3 Happikorroosio

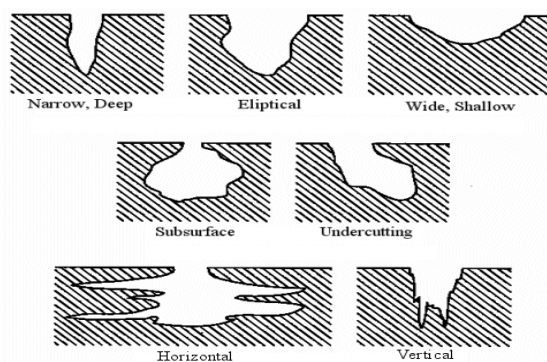
Happikorroosio on raudan sähkökemiallista liukenemista happipitoisen veden vaikutuksesta. Jos liukeneminen keskittyy tiettyihin pinnan kohtiin, on kyse pistekorroosiosta. Jos liukeneminen kohdistuu tasaisesti isommalle pinnalle, on kyse yleisestä syöpymisestä. (Sonninen, 1998, viitattu lähteessä Hietala, 2017, s. 16–17) Happikorroosiota esiintyy siellä, missä happea sisältävä vesi on suorassa kosketuksessa teräkseen. Teräs liukenee vedessä muodostaen rautahydroksidia seuraavan reaktion mukaisesti: $2\text{Fe} + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_2$. (Energiateollisuus ry, 2007, s.3)

Reaktio voi jatkua niin että rautahydroksidi hapettuu edelleen hapen vaikutuksesta rautaoksideiksi ja magnetiitiksi. Nämä rautaoksidit muodostavat ruostetta. Lämpötila ja veden johtokyky edistävät korroosionopeutta niin, että korkean johtokyvyn

omaavassa vesiliuoksessa voi pienikin happimäärä aiheuttaa korroosiota. (Energieateollisuus ry, 2007, s.3)

4.3.1 Pistekorroosio

Pistekorroosiossa metalli syöpyy pieniltä alueilta synnyttäen kuoppamaisia syvänteitä. Syöpymä etenee yleensä tietyn verran, kunnes saavuttaa tietyn syvyyden, jolloin se pysähtyy. Pistesyöpymä saattaa lävistää ohuita rakenteita. Pistesyöpymä voi syntyä esimerkiksi kosteuden ollessa pisaramaista, jolloin syöpymiä syntyy niille alueille, jossa pisaroita esiintyy. (Kunnossapitoyhdistys, 2008, s.103). Kuvassa 6 on esitetty erilaisia pistekorroosion muotoja.



Kuva 6. Pistekorroosion eri muotoja. (Corrosion Clinic, n.d.)

4.3.2 Yleinen syöpyminen

Yleinen syöpyminen on metallin pinnan syöpymistä tasaisella nopeudella laajalta alueelta. Yleisessä syöpymisessä anodit ja katodit vaihtavat koko ajan sijaintiaan. Yleinen syöpyminen on tyypillinen korroosionmuoto suojaamattomille metalleilla ilmasto-olosuhteissa ja kemikaaleille altistettaessa. (Kunnossapitoyhdistys, 2008, s.102)

5 SÄILÖNTÄ PWR-YDINVOIMALAITOKSISSA

Voimalaitoksia säilötään seisokkitilanteissa, jotta voidaan välttyä korroosiovahingoilta. Hyvässä säilönnässä koko vesi-, höyry- ja lauhdepiiri pidetään säilönnän alaisena. Komponentit tulisi pitää suojattuna aina alasajosta laitoksen käynnistämiseen asti. Säilöntätoimenpiteet vaihtelevat komponentti- ja piirikohtaisesti, ja eripituisille seisokeille voi olla erilaisia säilöntäohjelmia. Jos laitos säilötään puutteellisesti tai jätetään kokonaan säilömättä, voivat korroosioseuraukset olla vakavia lyhyessäkin seisokissa. Säilöntätavat voidaan karkeasti jakaa märkä- ja kuivasäilöntään, mutta näihin sisältyy erilaisia säilöntävaihtoehtoja kuten jatkuvan kierron ylläpitoa, pelkkää kuivaamista tai inerttikaasujen kuten typen käyttämistä. (Rodgers, 2016)

Märkäsäilönnässä estetään hapen pääsy pinnoille kemiallisten reaktioiden avulla, kun taas kuivasäilönnässä on tarkoitus saada ilmankosteus niin alhaiseksi, ettei pinnoille kondensoidu kosteutta. (Kunnossapitoyhdistys, 2008, s.301)

PWR-ydinvoimalaitoksen sekundääripiirissä voidaan pääsääntöisesti käyttää samoja säilöntätoimenpiteitä kuin konventionaalisessa voimalaitoksessa sillä höyry- ja vesikierto ovat hyvin samanlaisia. (Isokorpi, Wallin, 2022)

5.1 Märkäsäilöntä vedellä

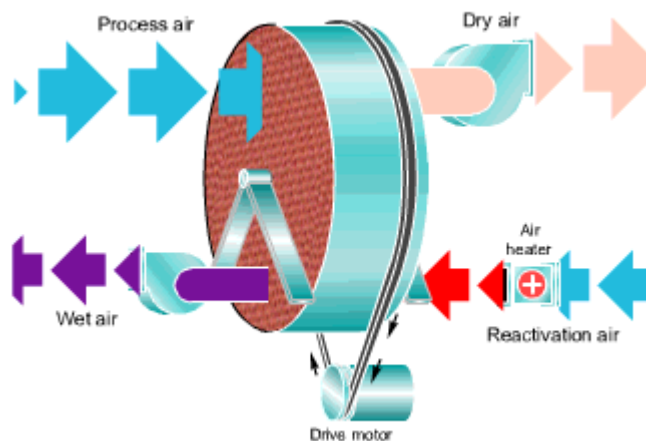
Märkäsäilönnässä järjestelmät ja putkistot täytetään suolanpoistetulla vedellä, joka sisältää huomattavat määrät hydratsiinia. Veden pH nostetaan ammoniakilla tai muilla vastaavilla kemikaaleilla arvoon $\text{pH} \geq 9,8$. Järjestelmät on täytettävä täysin, jotta voidaan välttyä järjestelmiin jääviltä ilmataskuilta. Vedellä suoritettua märkäsäilöntää harjoitetaan muun muassa PWR-laitosten reaktoripaineastioissa, reaktorin jäähdyteputkistoissa, paineistimissa, höyrystimissä, syöttöveden esilämmittimissä, apukattiloissa, välitulistimissa, vesitankeissa ja päähöyryputkistoissa. (EPRI, 1992, s.36)

5.2 Märkäsäilöntä tyvellä

Typpimärkäsäilönnässä veden pinnan yläpuolella pidetään typpikaasupatja. Tätä säilöntätapaa on PWR-laitoksissa käytetty pääasiassa sekundääripiirin puolella komponenteissa kuten höyrystimissä, syöttöveden esilämmittimissä, syöttövesiputkistoissa, lauhdeputkistoissa ja lauhduttimen lauhdepuolella. (EPRI, 1992, s.36)

5.3 Kuivasäilöntä kuivatulla ilmalla

Kuivailmasäilönnässä järjestelmän läpi kierrätetään kuivattua ilmaa, jotta järjestelmän ilmankosteus saadaan laskettua halutulle tasolle. Ilma kuivataan ilmankuivauslaitteilla. (EPRI, 1998, s.39) Kuivailmasäilönnässä käytetään tavallisesti regeneratiivisia absorptiokuivaimia, esimerkiksi Munters-merkkisiä kuivailmapuhaltimia, tuottamaan puhdasta kuivaa ilmaa järjestelmiin. (Sonninen, 2003a, viitattu lähteessä Puustinen, 2021, s.19) Muntersin ilmankuivaimessa ilma kulkee absorboivaa ainetta sisältävän roottorin läpi, jolloin kosteus siirtyy ilmasta absorptioaineeseen. Näin ilma, joka poistuu roottorista, on kuivaa. Kosteaa osaa roottorista pyörii hitaasti toiseen vähäisempään lämmitettyyn poistoilmavirtaan, jossa absorptioaine lämpiää. Absorptioaine luovuttaa sisältämänsä kosteuden regenerointi-ilmalle, joka poistuu järjestelmästä. Kuivunut absorptioaine jatkaa kiertoa kuivattamaan lisää ilmaa. (Munters,n.d.)



Kuva 7. Munters-ilmankuivaimen toimintaperiaate. (Munters. n.d.)

Kuivailmasäilöntä on suhteellisen edullista, joten se sopii pidemmänkin ajan säilöntätilanteisiin. Se myös mahdollistaa järjestelmien avaamisen rutiinitarkastuksia varten kuivaa tilaa ylläpidettäessä. (Mathews, 2013, s.21) Kuivailmasäilöntää on käytetty PWR-laitoksilla höyrystimissä, syöttöveden esilämmittimissä, päähöyry-, lauhde-, ja syöttövesiputkistoissa, turbiineissa, välitulistimissa ja lauhduttimissa. (EPRI, 1998, s.39)

5.4 Kuivasäilöntä typellä

Typellä kuivasäilöittäessä järjestelmä kuivataan alasajon yhteydessä, jonka jälkeen se täytetään typellä, joka toimii inerttikaasuna seisakin ajan. Tätä käytäntöä on käytetty PWR-laitoksilla höyrystimissä, esilämmittimissä, lauhde-, syöttövesi- ja päähöyryputkistoissa sekä generaattorien ja turbiinien diodipyörissä. (EPRI, 1998, s.38) Typpikuivasäilöntää ei käytetä pitkäaikaisissa seisokeissa, sillä kaasun pitäminen järjestelmässä on hankalaa. Typpisäilöntä sopii hyvin lyhytaikaiseen ilmatiiviiden komponenttien säilöntään. (Mathews, 2013, s.21)

5.5 Kuivasäilöntä pelkällä kuivauksella

Laitoksia voidaan säilöä myös pelkällä kuivauksella niin, että alasajon jälkeen järjestelmä kuivataan ja jätetään niin. Tämä on todettu toimivaksi primääripiireissä sillä primääripiirien materiaalit ovat puhtaina korroosiota kestäviä. Pelkkää kuivausta on käytetty myös sekundääripiireissä muun muassa välitulistimissa, esilämmittimissä, syöttövesi-, lauhde- ja päähöyryputkistoissa, lauhduttimissa ja turbiineissa. Kuivausta ei tosin voida pitää hyvänä vaihtoehtona sekundääripiirien säilöntään, sillä varsinkin, jos putkistoissa on epäpuhtauksia niin korroosioriski on olemassa. (EPRI, 1992, s.37)

6 SÄILÖNTÄTOIMENPITEET TURBIINEISSA

6.1 Säilöntätavan valinta

Säilöntätavan valinta riippuu järjestelmien paikallisista oloista ja seisokkien laaduista sekä pituuksista. Turbiineissa kuitenkin käytetään lähes aina kuivasäilöntää. Samalla voidaan kuivasäilöä välitulistimet, lauhduttimet ja syöttöveden esilämmittimet tarvittaessa. Turbiinit ja välitulistimet ovat normaaliolosuhteissa tottuneet kuivaan höyryyn, joten kuivasäilöntä on siltäkin kannalta luonnollinen vaihtoehto. Kuivasäilöntä toteutetaan yleensä niin, että kosteus poistetaan kuivatulla ilmalla. (Caravaagio, 2014)

6.2 Seisokkien pituuden vaikutus säilöntään

Säilönnän laatu riippuu seisokin laadusta ja pituudesta. Yleistä luuloa vastaan lyhyetkin seisokit voivat olla yhtä vakavia kuin pitkät seisokit. Lyhyen ajan seisokit ovat yleensä huoltotöihin liittyviä seisokkeja, jolloin järjestelmään ei tehdä suuria muutoksia. Tällaisissa tilanteissa voidaan käyttää hyödyksi järjestelmän jälkilämpöä kuivaamiseen. Lyhyissä seisokeissa laitoksen ylös ajo tapahtuu 72 tunnin sisällä. Lyhyissä seisokeissa ongelmia tulee tilanteissa, jossa aikajakso venyykin odottamattoman pitkäksi suunnittelematta. Tällöin jos järjestelmä on vielä esimerkiksi märkä ja kuivailmasäilöntään ei ole varauduttu, voi tilanne olla ongelmallinen. (Mathews, 2013, s.22).

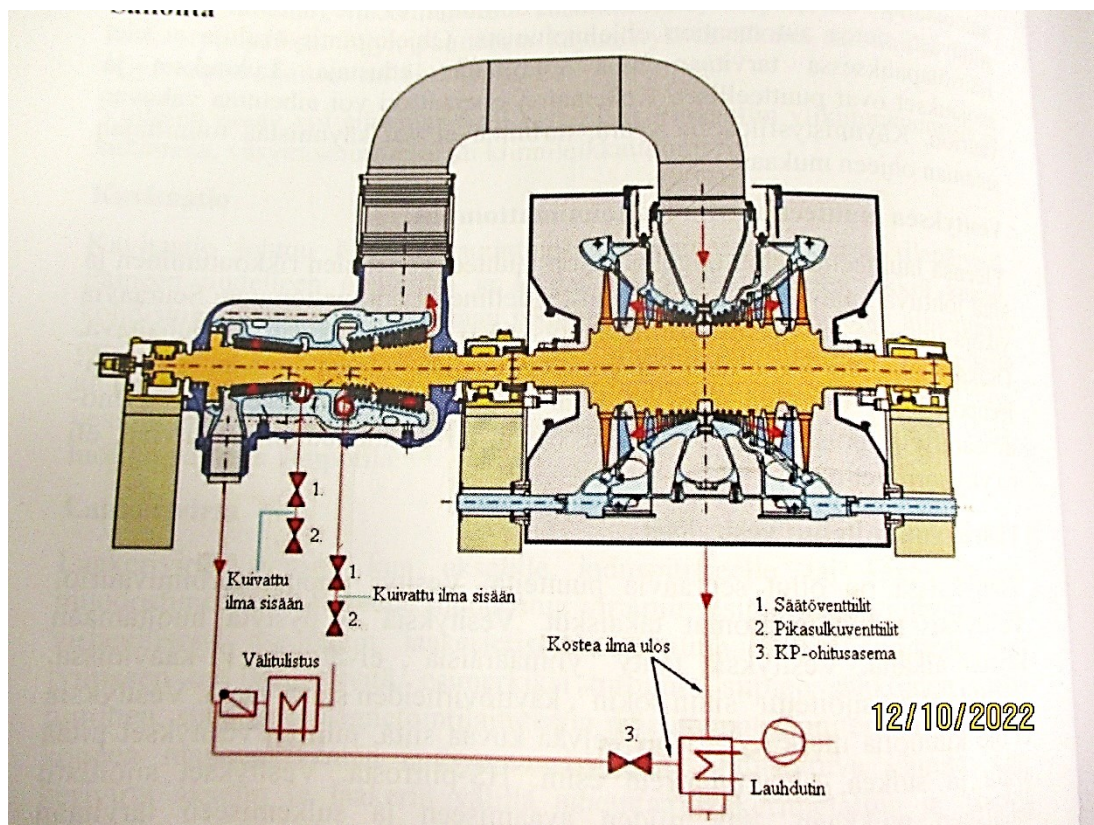
Keskipitkissä seisokeissa järjestelmien paine laskee jo ilmanpaineen tasolle ja lämpötila laskee ympäristön tasolle. Keskipitkissä seisokeissa suoritetaan jo kuivailmasäilöntä. Säilöntä pitää suunnitella ja järjestää toimivaksi meneillään olevien huolto- ja kunnossapitotöiden kanssa. (Mathews, 2013, s.23)

Pitkissä seisokeissa voidaan pääosin käyttää samoja säilöntätoimia kuin keskipitkissä seisokeissa. Tällaisissa seisokeissa jotain osia voidaan joutua erikseen säilömään ja varastoimaan. (Mathews, 2013, s.23)

Kustannusten puolesta kuivailmasäilöntä on hyvä vaihtoehto pitkäaikaisiin säilöntätoimiin, sillä sen ylläpito on suhteellisen edullista. (Mathews, 2013, s.21)

6.3 Turbiinin kuivasäilönnän toimintaperiaate

Turbiinin kuivasäilönnässä säilöntä käynnistetään järjestelmän lämpötilan laskiessa alle 100 asteen. Kuivainkapasiteetti on mitoittettava niin, että ilma vaihtuu 2–3 kertaa tunnissa. Kuivaimien turbiinille puhaltava ilman suhteellinen kosteus on oltava alle 30 %. Turbiinipesien vesitysventtiilit on pidettävä auki säilönnän aikana. Kosteaa ilmaa puhalletaan lauhduttimen hotwell:in kautta ulos. Säilönnän aikana ilmankosteutta on mitattava kuivaimen jälkeen ja kostean ilman poistoyhteistä. (Kauppinen, 2018, s. 134–135)



Kuva 8. Konventionaalisen voimalaitoksen turbiinin säilöntäkaavio. (Kauppinen, 2018, s.134)

6.4 Säilönnän aloittamisen kriteerit

Tässä opinnäytetyössä on syntynyt johtopäätöksenä, että säilöntä olisi aloitettava, kun alasajosta on kulunut kolme vuorokautta. Näin myös komponentit ovat saaneet jäähtyä ja kunnossapidon on turvallista suorittaa työt. Säilönnän käynnistys vaatii toimia monelta organisaatiolta. Havaittiin, että joitakin toimia olisikin hyvä suorittaa ennakoidusti, jotta voidaan turvata sujuva ja nopea toimintaketju organisaatioiden välillä.

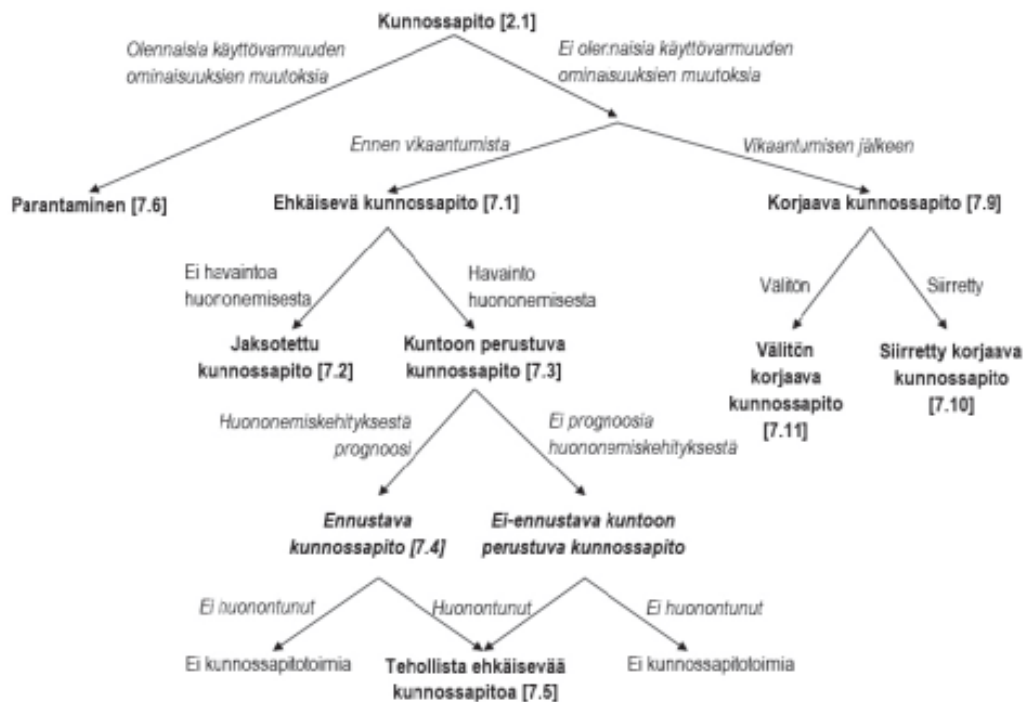
7 KUNNOSSAPITOTVO:LLA

7.1 Kunnossapito yleisesti

Kunnossapito on laaja monitahoinen ja monitasoinen käsite, joka tarkoittaa koneiden, laitteiden ja rakennusten kunnosta huolehtimista, jotta tuotanto ja palvelu voivat jatkua tavoitteiden mukaisesti. Kunnossapito tuotantotoiminnassa sisältää kunnonvalvontaa, huoltoja, koneiden ja laitteiden korjaamista sekä muokkaamista. Tuotannon kunnossapidossa tarvittavat tehtävät on saatava tehtyä nopeasti ja ajallaan jotta tuotantoon päästään mahdollisimman nopeasti takaisin. Yleisessä kunnossapidossa tavoitteet saavutetaan huolloilla ja korjauksilla laitteiden toimintakyvyn säilyminen ja varmistetaan erilaisilla toimenpiteillä toimintojen perusedellytysten saatavuus. (Asp, Hyppönen, Tuominen. n.d.)

PSK 6201 - standardissa kunnossapito kuvataan seuraavalla tavalla: "Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana." (PSK

6201, 2022, s.3) Kunnossapito jaetaan SFS EN 13306:2017 standardissa kunnossapitolajeihin kuvan 9 mukaisesti.



Kuva 9. Kunnossapitolajit. (SFS EN 13306:2017, 2017. s.22)

7.2 Kunnossapitokäsikirja

Kunnossapitokäsikirja on TVO:n työkalu, joka koostuu sekä hallinnollisista että teknisistä ohjeista. Tekniset ohjeet koostuvat järjestelmä- ja laitekohtaisista huolto-, koestus- ja tarkastusohjeista. Kunnossapito-ohjeet luokitellaan sisältönsä perusteella yleisohjeiksi tai kenttäohjeiksi. Kenttäohjeet sisältävät työn suorittamisen kannalta oleellista tietoa, jota ei voida pitää yleistietona. Kenttäohjeita pidetään fyysisesti mukana työkohteella.

7.3 KUPI-järjestelmä

KUPI on TVO:n kunnossapito-organisaatioiden järjestelmä, jossa voidaan muun muassa hallita ja muuttaa laitostietoja, suunnitella ja toteuttaa ennakko- ja huolto-

muodostaa vikailmoituksia ja työtilauksia ja hallita työkaluja. KUPI on jaettu useampaan alajärjestelmään, kuten esimerkiksi ENKKU-ennakkohuoltojärjestelmään, työtilausjärjestelmään, vuosihuoltojärjestelmään ja työkalujärjestelmään.

7.3.1 Työtilausjärjestelmän mallityö

Työtilausjärjestelmä on työkalu, jossa hallinnoidaan olkiluodossa suoritettavia kunnossapitotöitä. Järjestelmässä hoidetaan töiden tilaukset ja niihin tarvittavat työluvut ja varmistetaan että työt suoritetaan käytäntöjen mukaisesti laitosturvallisuutta heikentämättä.

Mallityö on suunnitelma kunnossapitotyöstä, joka sisältää työn vaiheet, tarvittavat luvat ja kaikki muut työssä huomioon otettavat asiat kuten varaosat ja kiristysmomentit. Kun työn tarve tulee, mallityö voidaan aktivoida työksi.

7.4 Granite-riskienarviointityökalu

Granite on riskienarviointiin käytettävä työkalu, jonne luodaan riskienarviointeja töistä, koneista ja projekteista. Riskienarviointien tarkoitus on havainnoida ennakkoon mahdolliset vaaratilanteet ja riskit ja pyrkiä näin ehkäisemään niitä löytämällä toimia, jotka laskevat riskien todennäköisyyttä.

8 KUNNOSSAPITOKÄSIKIRJAN OHJEEN MUODOSTAMINEN

8.1 OL3-laitosyksikön turbiinin säilöntämenetelmät

OL3-laitoksella turbiiniin käytetään kuivailmasäilöntää. Kuiva ilma tuotetaan kuivailmapuhaltimilla ja puhalletaan turbiinikoneikkoon putkistojen liitännöistä. Säilönnän laajuus ja säilönnässä käytettävät liitännäkohdat voivat vaihdella sen mukaan minkälaisia huoltotoimenpiteitä komponenteille suoritetaan. Jos esimerkiksi jokin komponentti on avattu huoltoa varten, on se mahdollista rajata ulos säilönnästä tai käyttää vaihtoehtoisia lähestymistapoja.

Ilman vaihtuvuus tulisi olla tunnissa noin 1,5 kertaa säilöttävän tilavuuden suuruinen. Näin varmistetaan oikean ilmankosteuden ylläpito. Ilman suhteellisen kosteuden tulisi järjestelmässä olla alle 30 %. Oikean ilmankosteuden ylläpito varmistetaan paikoittaisilla mittauksilla. Säilöntätöiden yksityiskohtaiset tiedot ja tekniset yksityiskohdat ovat luottamuksellisia, ja niitä ei tulla tuomaan julki tässä työssä.

8.2 Ohjeen rakenne

Kunnossapitokäsikirjan ohjeissa yleisesti käytetty yksinkertaistettu rakenne on seuraava: 1. Tarkoitus, 2. Soveltaminen, 3. Vastuu, 4. Menettely, 5. Liitteet. Rakennetta voidaan muuttaa ohjeeseen sopivaksi ohjeen luojan määrittämällä tavalla. Tämän luodun ohjeen rakenne on kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1. Säilöntäohjeen rakenne.

Kappalenumero	Otsikko
1	TARKOITUS
2	SOVELTAMINEN
3	YLEISTÄ

4	VASTUU
5	HU-MENETELMIEN KÄYTTÖ
6	KOhteet
7	SÄILÖNTÄPROSESSI
8	SÄILÖNNÄN ALOITTAMISEN VAIHEET
9	SÄILÖNNÄN PURKAMISEN VAIHEET
10	IRTO-OSIEN HALLINTA
11	SÄILÖNNÄN MENETTELYTAVA KUNNOSSAPIDOLLE
12	SÄILÖNNÄN PURKAMISEN MENETTELYTAVAT KUNNOSSAPIDOLLE
13	TYÖKALUT
14	SÄILÖNNÄN VARAOSAT

8.3 HU-menetelmien käyttö

HU-menetelmät (Human performance) ovat TVO:n työkaluja, joita hyödynnetään kunnossapitotöiden suunnittelussa ja toteuttamisessa. TVO:n käyttämät viisi HU-menetelmää ovat työn aloituskokous, parivarmennus, työn riippumaton varmennus, varmennettu kommunikointi ja työn lopetuskokous.

Aloituskokous pidetään ennen säilöntätöiden aloittamista ja siinä käydään läpi työohjeet, luvat ja muut tarvittavat asiat. Parivarmennus tarkoittaa sitä, että mitään työtä ei suoriteta yksin, vaan kaikissa töissä on oltava vähintään 2 työn suorittajaa. Riippumaton varmennus tarkoittaa sitä, että työn tuloksen tarkastaa työhön osallistumaton riippumaton tarkastaja. Varmennetulla kommunikoinnilla tarkoitetaan töiden yhteydessä annettujen viestien ymmärtämisen varmistusta, sillä jos työkohteella on esimerkiksi kova melu, voi viesti mennä perille virheellisesti. Työn lopetuskokouksessa käydään läpi työsuoritus ja kerätään yhteen kokemukset työn tekijöiltä. Lopetuskokouksessa on tarkoitus oppia niistä asioista, jotka menivät hyvin tai huonosti.

8.4 Kohteet ja säilöntäprosessi

Käsikirjan ohjeen kappaleessa 6 on lueteltu laitteet, jotka kuuluvat tämän säilönnän piiriin. Laitteet on listattu KKS-laitepaikkatunnuksilla. Komponenttilistaan kuuluvat muun muassa korkeapaineturbiini ja matalapaineturbiinit. Kappaleessa 7 on kuvattu säilöntäprosessi käyttöohjeiden mukaisesti. Kuvauksessa kerrotaan, miksi säilöntä suoritetaan, millä laajuudella se suoritetaan, millaista laitteistoa hyödyntäen säilöntä suoritetaan ja onko mahdollisia huomioon otettavia erikoistilanteita.

8.5 Vaiheluettelot

Kappaleissa 8 ja 9 on kuvattu säilönnän aloittamisen ja purkamisen vaiheet. Jokaiselle vaiheelle on määritelty sen suorittava organisaatio. Pääosin työt ovat mekaanisen kunnossapidon (KU4) suorittamia, mutta muitakin organisaatioita vaaditaan. Esimerkiksi nostotyöt ja telinetyöt suorittaa kiinteistö-kunnossapito (KU7) ja sähkötyöt tekee sähkökunnossapito (KU6).

8.6 Säilönnän menettelytavat kunnossapidolle

Kappaleissa 11 ja 12 on kuvattu säilönnän aloittamisen ja purkamisen yksityiskohtaiset työohjeet. Työt on suunniteltu käyttöohjeiden pohjalta. Ohjeissa kerrotaan, miten työt suoritetaan, mitä työkaluja tarvitaan, mitä varaosia vaihdetaan ja millaisia kiristysmomenteja pulttiliitoksissa käytetään. Ohjeet sisältävät myös tarkentavia rakennekuvia ja mahdollisia erityishuomioita työkohteisiin liittyen.

8.7 Irto-osien hallinta

TVO:n kunnossapitotöissä on laitos- ja henkilöturvallisuuden kannalta tärkeää, ettei prosessiin pääse irto-osia, epäpuhtauksia tai vierasaineita. Irto-osariskin minimoimiseksi töitä tehdessä voidaan käyttää erilaisia FME-suojia (Foreign material exclusion). Ohjeen kappaleessa 10 on määritelty säilöntätöihin tarvittavat FME-suojat ja menetelmät, joilla irto-osariski minimoidaan.

8.8 Työkalut ja varaosat

Kappaleissa 13 ja 14 on työkalu- ja varaosaluettelot. Työkaluluettelossa on määritelty töihin tarvittavat työkalut ja niiden määrät. Varaosaluettelossa on lueteltu mahdolliset töissä tarvittavat varaosat kuten tiivisteet.

9 MALLITYÖN SUUNNITTELU

9.1 Mallityön vaiheet

Mallityö on jaettu työvaiheisiin. Työ alkaa HU-toimenpiteiden mukaisella aloituskokouksella, jossa työohje käydään läpi työnjohtajan ja työn tekijöiden välillä. Seuraavana vaiheena on rakennustekniset työt, joita säilöntä sisältää. Näihin voi kuulua esimerkiksi telineiden tai tasojen tekoa. Seuraavissa vaiheissa on laitekohtaisia säilöntätöitä. Työ sisältää myös erilaisia tarkastusvaiheita, kuten riippumattomia puhtaustarkastuksia ja mekaanisia tarkastuksia. Töiden jälkeen viimeinen vaihe on HU-toimenpiteiden mukainen lopetuskokous, jossa työ käydään läpi ja kirjataan ylös parannusehdotukset ja muut mahdolliset huomiot.

9.2 Mallityön vaiheen sisältö

Mallityön vaihe sisältää työvaiheen kannalta oleelliset perustiedot kuten vaiheen nimen, työn numeron, laitospöytäkirjan, vastuuorganisaation, työnjohtajan ja työn suunnittelijan. Vaiheeseen merkitään myös, mitä erilaisia lupia työn suorittaminen tarvitsee. Työvaiheeseen on mahdollista merkitä myös työn suorittajat ja heidän arvioitu työhön kuluttama aikansa.

9.2.1 Irto-osaluokituksen määrittäminen

Olennaisena osana mallityön muodostamisessa oli määritellä irto-osaluokat työvaiheisiin. Irto-osaluokitus määritellään asteikolla 1–4, jossa 1 tarkoittaa suurimman riskin aluetta ja 4 tarkoittaa että irto-osariskiä ei ole. Monissa työvaiheissa, kuten aloitus- ja lopetuskokouksissa, ei irto-osariskiä ole, joten ne kuuluvat luokkaan 4. Jotkut työvaiheet taas liittyvät sellaisiin korkean riskin järjestelmiin, jossa irto-osariski on olemassa. Näissä kohteissa jouduttiin pohtimaan, kuuluvatko ne luokkaan 1 vai luokkaan 2. Olennaisena seikkana luokan valitsemiseen on työn luonne. Jos työ on äärimmäisen vaativa ja luonteeltaan ennen toteuttamatonta, on se asetettava luokkaan 1. Asiasta käytiin keskustelu FME-asiantuntijan kanssa ja päädyttiin siihen lopputulokseen, että säilöntätyöt ovat luonteeltaan perusmuotoisia kunnossapitotöitä, joten luokka 2 on riittävä eikä lisätoimia tarvita.

9.3 Töiden riskienarviointi

Ennen töiden aloittamista on läpikäytävä työn riskit. Riskienarvioinnin täytyy siis olla valmiina suunniteltuna. Riskienarviointia varten suoritettiin etsintä Granite-ohjelmasta, jotta voitiin nähdä, onko jostain työvaiheista olemassa jo yleistä riskienarviointia. Riskienarvioinnit löydettiin joillekin töille, esimerkiksi telineillä työskentelylle ja nostotöille. Havaittiin, että kaikille riskienarviointeja tarvitseville töille ei ollut valmiita arviointeja, joten niille kohteille muodostettiin riskienarvioinnit. Riskienarvioinneissa käytiin läpi mahdolliset riskit, niiden todennäköisyydet ja mahdollisuudet välttää ne.

10 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli käyttöohjeita hyödyntäen muodostaa OL3 mekaaniselle kunnossapidolle (KU4) ohjeistukset turbiinin säilöntätöiden suorittamiseen. Työhön kuului kunnossapitokäsikirjan ohjeen muodostaminen, työtilausjärjestelmän mallityön luominen, töiden riskienarvioinnin luominen ja tilaajalle parannus- ja hankintaehdotusten antaminen. Ohje, mallityö ja riskienarviointi julkaistaan TVO:n kunnossapitojärjestelmissä rajatulle yleisölle ja parannusehdotukset annetaan suoraan opinnäytetyöstä vastaavalle esimiehelle.

Kunnossapitokäsikirjan ohjeen luomiseen käytettiin hyödyksi laitekohtaisten käyttöohjeiden lisäksi rakennekuvia ja piirustuksia sekä asiantuntijoiden haastatteluja. Tarvittavien teknisten tietojen löytäminen oli välillä haastavaa, mutta suurin osa tarvittavista tiedoista kuitenkin löydettiin. Monia työn suunnittelun kannalta oleellisia seikkoja jouduttiin myös pohtimaan oman havainnoinnin ja kokemuksen kautta, sillä joissain työvaiheissa työkohteet ovat suhteellisen haastavia.

Mallityö muodostettiin työtilausjärjestelmään kunnossapito-ohjeen pohjalta. Työ jaettiin vaiheisiin ja vaiheisiin kirjattiin tarvittavat ohjeistukset, varaosat ja työkalut. Töiden suunnittelu ohjeen pohjalta sujui hyvin ja johdonmukaisesti. Kysymyksiä heräsi järjestelmään merkityissä lupakäytännöissä, mutta vastaukset saatiin työsuunnittelun asiantuntijoilta. Työvaiheille luotiin riskienarviointi Granite-järjestelmään.

Työtä tehdessä muodostui erilaisia kehitysehdotuksia. Kunnossapito-ohjeistusta tehdessä havaittiin, että kuivaimet tarvitsisivat oman selkeästi merkityn varastointipaikkansa, joka sisältää kaikki tarvittavat tiedot ja osat. Varastointipaikan tarpeelle ei löydetty vielä ratkaisua, mutta selvittely jatkuu.

Kuivainten liitântäkohtia hahmottaessa tuli ilmi, että kyseisiin paikkoihin olisi hyvä lisätä tunnusmerkinnät, jotta esimerkiksi aliurakoitsijat osaisivat havaita oikeat kohdat paremmin. Tunnuskyltit hankitaan OL3:n kylttiverstaalta ja asennetaan paikoilleen.

työtä tehdessä kartoitettiin myös tarvetta erilaisille hankinnoille tulevaisuuden säilöntätoimia varten. Nämä hankinnat ovat tilaajan sisäistä tietoa eikä niitä esitetä tässä.

Kaikki opinnäytetyössä tehdyt dokumentit ovat päivitettävissä, jos tulevaisuudessa siihen on tarve. Jos esimerkiksi joku kunnossapito-ohjeen työtapa huomataan epäkäytännölliseksi ja keksitään parempi tapa, se päivitetään ohjeeseen. Myös erilaiset laitekohtaiset ilmi tulevat lisätiedot päivitetään ohjeeseen ja mallityöhön. Riskienarviointia on myös mahdollista päivittää, jos se nähdään tarpeelliseksi.

Opinnäytetyössä on havaittu, että kunnossapidolla ei ole selvää toimintamallia, miten ja missä vaiheessa säilöntä tulee aloittaa. Työssä on myös annettu parannusehdotuksena laatia toimintakaavio, joka kattaa säilöntätoimien aloittamisen odotetussa- ja odottamattomassa alasajossa. Kaavio voisi olla niin sanotun "uimaratakaavion" kaltainen. Kaavio laadittaisiin yhdessä käytön, kemian ja tekniikka-organisaatioiden kanssa jatkotoimenpiteenä tälle opinnäytetyölle ja ohjeelle.

LÄHTEET

Caravaagio, M. (2014). Layup practices for cycling units. Power Engineering
<https://www.power-eng.com/coal/layup-practices-for-cycling-units/#gref>

Corrosion Clinic. (n.d.) Different types of corrosion – Pitting corrosion. Haettu
6.10.2022 osoitteesta
https://www.corrosionclinic.com/types_of_corrosion/pitting_corrosion.htm.

Energiateollisuus ry. (2007). Kaukolämmön kiertoveden käsittely.
https://energia.fi/files/840/SuositusKK3_2007_Kaukolammon_kiertoveden_kasittely.pdf

EPRI. (1992). Sourcebook for plant layup and equipment preservation (Revision 1).
<https://www.epri.com/research/products/NP-5106-R1>

Hietala, P. (2017). Lämmöntalteenottokattilan säilöntä Vantaan Energia Oyn
jätevoimalassa. [AMK-opinnäytetyö, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu].
Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201702222593>

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T., Urpalainen, S. (2008). Voimalaitostekniikka.
Opetushallitus.

Isokorpi, O., Wallin, T. (11.10.2022). TVO:n kunnossapitoinsinöörien, Onni
Isokorven ja Timo Wallinin, haastattelu.

Kauppinen, J, Wikström, R, Hietalahti, L. (2020). Generaattorit. Tammertekniikka.

Kauppinen, J. (2018). Turbiinitekniikka. Tammertekniikka.

Kunnossapitoyhdistys ry. (2008). Korroosiokäsikirja. (4. painos.) KP-Media Oy

Mathews, J. (2013). Layup practices for fossil plants. Power, 2, 18-23.
<https://www.powermag.com/layup-practices-for-fossil-plants/>

Munters. (n.d.). Ilmankuivaus. Haettu 11.10.2022 osoitteesta <https://www.munters.com/fi/solutions/dehumidification/>.

Asp, R., Hyppönen, H., Tuominen, T. (n.d.) Kunnossapito. Opetushallitus. Haettu 2.11.2022 osoitteesta <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/index.html>

PSK 6201. (2022). Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät. PSK Standardisointiyhdistys ry. <https://psk-standardisointi.fi/psk-6201-2/>

Puustinen, A. (2021). Kattila 7:n säilöntä. [AMK-opinnäytetyö, Savonia-ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2021052511175>

Roberge, Pierre R. (2020). Corrosion basics: Steam generation in power plants. Materials Performance. <https://www.materialsperformance.com/articles/corrosion-basics/2016/04/corrosion-basics-steam-generation-in-power-plants>

Rodgers, V. (2016). Proper power plant layups are critical to reliability. Engineering 360. <https://insights.globalspec.com/article/1921/proper-power-plant-layups-are-critical-to-reliability>

SFS-EN 13306:2017. Kunnossapidon terminologia. Suomen standardoimisliitto SFS ry.

STUK. (8.7.2015). Miten ydinvoimalaitos toimii. <https://www.stuk.fi/aiheet/ydinvoimalaitokset/miten-ydinvoimalaitos-toimii>

TVO. (2009). Perustietoa Olkiluoto 3:sta. https://www.tvo.fi/uploads/File/2009/OL3_perusesite_2009_FI_final.pdf

TVO (2022a). Yhtiö. Haettu 26.9.2022 osoitteesta <https://www.tvo.fi/yhtio.html>

TVO (2022b). Ydinvoimalaitosyksikkö Olkiluoto 3. Viitattu 26.9.2022
https://www.tvoy.fi/material/collections/20220825132746/7bmHsNHjV/ydinvoimalaitosyksikko_ol3_fin.pdf