

Miina Piipponen

Salmisaaren hiililuolan ja rikinpoistolaitoksen kunnossapitosuunnitelmien kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinööryö

9.5.2017

Tekijä(t) Otsikko	Miina Piipponen Salmisaaren hiililuolan ja rikinpoistolaitoksen kunnossapitosuunnitelmien kehittäminen
Sivumäärä Aika	55 sivua + 6 liitettä 9.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Energia- ja ympäristötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	-
Ohjaaja(t)	Lehtori Jari Olli Suunnittelupäällikkö Antti Kallio Ryhmäpäällikkö Juha Viuhko
<p>Tämä insinöörityö käsittelee Helen Oy:n Salmisaaren voimalaitoksen hiililuolan ja rikinpoistolaitoksen kunnonhallintasuunnitelmien kehittämistä. Työn tavoite on kehittää ja dokumentoida kunnonhallintasuunnitelmat Salmisaaren hiililuolalle ja rikinpoistolaitokselle. Insinöörityön teoriaosiossa perehdytään kunnossapidon keskeisiin periaatteisiin Helen Oy:ssä sekä yleisellä tasolla.</p> <p>Insinöörityö toteutettiin keräämällä tietoa Helen Oy:n tietokannoista ja asiantuntijoilta. Tietojen pohjalta laadittiin kriittisyysluokittelu sekä hiililuolalle että rikinpoistolaitokselle. Lisäksi kerättiin kohteiden kunnossapitohistoriaa Excel-taulukoihin.</p> <p>Kriittisyysluokittelun tulosten perusteella kriittisten laitteiden kunnossapitohistoriaa tutkittiin tarkemmin. Historiatiedon pohjalta luotiin tulevien vuosien kunnossapitosuunnitelmat hiililuolalle ja rikinpoistolaitokselle.</p>	
Avainsanat	kunnossapito, kunnossapitosuunnitelma, hiililuola, rikinpoisto, kriittisyys

Author(s) Title	Miina Piipponen Developing the maintenance plans of the coal cave and desulphurization plant in Salmisaari
Number of Pages Date	55 pages + 6 appendices 9 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy and Environmental Engineering
Specialisation option	-
Instructor(s)	Jari Olli, Senior lecturer Antti Kallio, Development Manager Juha Viuhko, Group Manager
<p>This Bachelor's thesis is focused on developing the maintenance plans of the coal cave and desulphurization plant of the Helen Oy's Salmisaari power plant. The goal of the work was to develop and document maintenance plans of the coal cave and desulphurization plant in Salmisaari. The theory part of the Bachelor's thesis focuses on the main principles of maintenance in Helen Oy and also in general.</p> <p>The Bachelor's thesis was made by gathering information from Helen Oy's databases and its experts. Based on this information, a criticality classification was made for the coal cave and for the desulphurization plant. Additionally, their maintenance history was gathered to an Excel-sheet.</p> <p>On the basis of the results of the criticality classification, the maintenance history of the critical devices was researched more closely. Based on the history knowledge, the maintenance plans of the coal cave and desulphurization plant were made for the future.</p>	
Keywords	maintenance, maintenance plan, coal cave, desulphurization, criticality

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Helen Oy	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Savukaasupäästöt	2
2.3	Salmisaaren hiililuola	4
2.4	Salmisaaren rikinpoistolaitos	7
2.4.1	Kalkinvalmistus	9
2.4.2	Lietteenvalmistus	9
2.4.3	Reaktorit	10
2.4.4	Letkusuodattimet	11
2.4.5	Rikinpoiston savukaasukanavat ja muut yksiköt	11
3	Kunnossapito ja sen yleisiä periaatteita Helen Oy:ssä	11
3.1	Kunnossapitostrategia ja -suunnitelma	12
3.2	Kunnossapidon jako	13
3.2.1	Korjaava kunnossapito	14
3.2.2	Parantava kunnossapito	15
3.2.3	Ehkäisevä ja ennakoiva kunnossapito	16
3.2.4	Vuosihuollot	18
3.3	Vika ja vikaantuminen	18
3.4	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (RCM)	19
3.5	Kunnossapitosuunnitelman kehittämisen keinoja	19
3.5.1	Kriittisyysluokittelun tapoja	20
3.5.2	Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA)	24
3.5.3	Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi (VVKA)	25
4	Työn toteutus	26
4.1	Tiedonhankinta	26
4.1.1	Helen Oy:n asiantuntijat	26
4.1.2	Vuosihuoltosuunnitelmat	27

4.1.3	Arttu-kunnossapitojärjestelmä	27
4.2	Kriittisyysluokittelun tekeminen	28
4.2.1	Hiililuolan kriittisyysluokittelu	29
4.2.2	Rikinpoistolaitoksen kriittisyysluokittelu	30
4.3	SaHi:n ja SaRi:n kunnostushistoriat	31
5	Tulokset	32
5.1	Hiililuola	32
5.1.1	Kriittisyysjakauma	33
5.1.2	Satama	36
5.1.3	C1-luola	37
5.1.4	C2-luola	38
5.1.5	Pystynostin järjestelmä	39
5.1.6	SaB:n hiilenkuljettimet	40
5.1.7	SaA:n hiilenkuljettimet	41
5.2	Rikinpoistolaitos	42
5.2.1	Kriittisyysjakauma	42
5.2.2	Kalkinvalmistus	44
5.2.3	Lietteenvalmistus	45
5.2.4	Reaktorit	47
5.2.5	Letkusuodattimet	48
5.2.6	Savukaasukanavat	49
5.2.7	Pumput, puhaltimet ja vesijärjestelmä	50
6	Yhteenveto	51
	Lähteet	53
	Liitteet	
	Liite 1. Riskien arviointi kriittisyysluokittelussa	
	Liite 2. Kriittisyysluokittelu SaHi	
	Liite 3: Kriittisyysluokittelu SaRi	
	Liite 4. Esimerkkikuva kunnostushistoriataulukosta	
	Liite 5: Kriittisyysjakauma SaHi	
	Liite 6: Kriittisyysjakauma SaRi	

Lyhenteet

FMEA	Failure mode and effects analysis, eli Vika- ja vaikutusanalyysi.
FMECA	Failure mode, effects, and criticality analysis, eli Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi.
Luvo	Luftvorwärmer. Palamisilman esilämmitin.
kWh	Kilowattitunti. Energian yksikkö.
MW	Megawatti. Tehon yksikkö.
RCM	Reliability centered maintenance, eli Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Eräs kunnossapitostrategia.
SaA	Salmisaaren A-voimalaitos.
SaB	Salmisaaren B-voimalaitos.
SaHi	Salmisaaren hiililuola.
SaRi	Salmisaaren rikinpoistolaitos.
SCR	Selective catalytic reduction, eli Selektiivinen katalyyttinen pelkistys on tekniikka typpioksidipäästöjen alentamiseen savukaasuista.
SO ₂	Rikkidioksidi.
TPM	Total productive maintenance, eli Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito. Eräs kunnossapitostrategia.
VVA	Vika- ja vaikutusanalyysi.
VVKA	Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi.

1 Johdanto

Tämä insinööriyö käsittelee Helen Oy:n Salmisaaren voimalaitoksen hiililuolan ja rikinpoistolaitoksen kunnossapitosuunnitelmien kehittämistä. Tällä hetkellä kunnonhallinnan suunnitelmia hiililuolalle ja rikinpoistolaitokselle ei ole kirjallisena.

Vuoden 2017 alussa Hanasaaren ja Salmisaaren voimalaitosten kunnossapitosuunniteluyksiköt yhdistettiin. Tämä on luonut paineita yhtenäistää kunnossapitosuunnittelun tapoja sekä kehittää yhteisiä toimintamalleja. Laitoksilla ja eri yksiköissä on ollut käytössä omia tapojaan ja käytäntöjään. Tehtyjä suunnitelmia on ollut muun muassa hajanaisina kunnossapidon asiantuntijoiden omilla verkkolevyillä. Helen Oy on ottanut linjakseen saada kunnonhallinnan näkökulmasta tärkeimpien kohteiden kunnossapitosuunnitelmat dokumentoitua. Lisäksi Helen Oy:ssä tulisi tallentaa kaikki tärkeät dokumentit vuonna 2016 perustettuun intrajärjestelmään, jolloin ne olisivat kaikkien nähtävillä, yhteisessä käytössä sekä helposti löydettävissä.

Tämän insinööriyön tavoite on kehittää ja dokumentoida kunnonhallintasuunnitelma Salmisaaren hiililuolalle sekä rikinpoistolaitokselle. Insinööriyö ei ota kantaa hiililuolan ja rikinpoistolaitoksen mahdollisiin tulevaisuuden muutos- tai investointisuunnitelmiin. Se ei ole selvitys hiililuolan tai rikinpoistolaitoksen toiminnan tehostamisesta tai niiden tekniikan tai laitteiden uusimisen tarpeesta.

Työ toteutettiin keräämällä tietoa Helen Oy:n tietokannoista ja sekä Helen Oy:n asiantuntijoilta. Insinööriyössä esitellään hiililuolan ja rikinpoistolaitoksen toimintaa sekä nykytilannetta. Työ aloitettiin kehittämällä kriittisyysanalyysi ja tutkimalla edellisvuosien vuosihuoltosuunnitelmia. Kriittisyysluokittelun avulla kohteiden keskeisimmät ja tärkeimmät komponentit saatiin selvitettyä ja rajattua tarkasteltavat kohteet.

Insinööriyössä kerätyt tiedot tulevat auttamaan kunnossapitosuunnittelijoita heidän työsäään ja luotuja käytäntöjä voidaan mahdollisesti laajentaa koskemaan Helen Oy:n muita yksiköitä, joissa kunnossapitosuunnitelmat ovat yhä mahdollisesti puutteelliset.

2 Helen Oy

2.1 Yleistä

Helen Oy on pääkaupunkiseudulla toimiva energia-alan yritys, joka tuottaa sähköä, lämpöä ja jäähdytystä. Helen tunnettiin vuoteen 2015 asti nimellä Helsingin Energia, ja se on Helsingin kaupungin omistuksessa. Helen Oy:llä on asiakkaita noin 400 000 ja sen kaukolämmöntuotanto kattaa Helsingin lämmöntarpeesta yli 90 prosenttia. Helen on lisäksi Suomen suurin kaukojäähdytyksen tuottaja. (Toimintakertomus 2017.)

Helen Oy:llä on Helsingissä kolme voimalaitosta ja useita lämpölaitoksia. Voimalaitoksista kaksi sijaitsee keskustan läheisyydessä. Ne ovat Hanasaari ja Salmisaari. Lisäksi Vuosaaren voimalaitokset sijaitsevat Helsingin sataman läheisyydessä Itä-Helsingissä. Sähkön- ja lämmöntuotantoon Helen Oy käyttää pääasiassa hiiltä ja maakaasua. (Energiantuotanto Helsingissä 2016.)

Helen Oy:n toimitusjohtaja on Pekka Manninen, ja vuonna 2016 liikevaihto oli 782 miljoonaa euroa ja liikevoitto 75 miljoonaa euroa. Työntekijöitä Helen Oy:llä on hieman yli tuhat. (Toimintakertomus 2016.)

Salmisaaren B-voimalaitos eli SaB on rakennettu 1984. Se tuottaa sähköä 170 MW ja lämpöä 300 MW. Salmisaaren tärkein polttoaine on kivihiihi. Vuodesta 2015 alkaen voimalaitoksella on poltettu myös puupellettejä. Voimalaitosalueella on kaksi eri voimalaitosyksikköä, Salmisaari A ja Salmisaari B. Salmisaaren A-laitos eli SaA tuottaa vain lämpöä ja sen teho on 180 MW. Salmisaareissa tuotetaan myös kaukokylmää. Lisäksi voimalaitosalueelle rakennetaan uutta noin 100 MW:n lämpölaitosta, joka toimisi puupelleteillä. Valmistuessaan vuonna 2018 lämpölaitoksesta tulee Suomen suurin pellettikattila. (Salmisaaren alue 2016; Saikkonen 2016.)

2.2 Savukaasupäästöt

Kivihiihi, joka on Salmisaari B:n pääpolttoaine, vapauttaa palaessaan ympäristölle ja ilmastolle haitallisia hiilidioksidi-, pienhiukkas-, typpioksiidi- ja rikkioksidipäästöjä. Päästöihin voidaan vaikuttaa kivihiihen laadulla, polttotekniikalla ja savukaasujen puhdistusprosesseilla. (Happamoittavia oksideja ympäristöön 2017.)

Helen Oy:n laitoksilla käytettävä kivihiili tulee pääosin Venäjältä ja Kazakstanista. Helen Oy vaatii kivihiilen toimittajiltaan vastuullista liiketoimintaa ja vastuullisia käytäntöjä. (Vastuullisuusraportti Energian alkuperä ja kestävyys 2017.)

Hiilidioksidipäästöjä Salmisaaren voimalaitoksella on voitu vähentää muun muassa pelletin poltolla. Pellettiä poltetaan kattilassa kivihiilen seassa noin kolmen prosentin osuudella. (Salmisaaren voimalaitos 2016.)

Typenoksideja käsitellään Salmisaarella savukaasuista selektiivisellä katalyyttisellä pelkistyksellä eli SCR-järjestelmällä. Se valmistui B-laitokselle vuonna 2015. SCR-järjestelmä käyttää toimiakseen ammoniakkaa, joka pelkistää typenoksidit typeksi ja vedeksi. SCR-järjestelmän jälkeen savukaasut kulkevat luvoon eli palamisilman esilämmittimeen. Luvosta savukaasut ohjataan sähkösuodattimeen. (Galkin-Aalto 2015.)

Pienhiukkaset erotellaan savukaasuista sähkösuodattimessa. Sähkösuodattimen erotuskyky voi olla jopa 99,5 prosenttia (Christensen 2010: 399). Sähkösuodattimesta savukaasut siirtyvät rikinpoistolaitokseen savukaasupuhaltimen avulla. Sähkösuodattimen lopputuotteena syntyy lentotuhkaa, joka varastoidaan tuhksiiloon. Sitä voidaan hyödyntää esimerkiksi sementin valmistamisessa. Osa tuhkasta voi päätyä myös kalkkikaivoksen täyttöaineeksi (Huhtinen ym. 2000: 258).

Salmisaaren rikinpoistolaitos oli valmistuessaan 1987 Suomen ensimmäinen rikinpoistolaitos. Vuosien saatossa sen komponentteja ja laitteita on vaihdettu sekä tuotantoa tehostettu kiristyvien ympäristö- ja ilmastoasetusten tullessa voimaan.

Taulukossa 1 on esitetty Helen Oy:n tuotannon hiilen, typen- ja rikinoksidien sekä pienhiukkasten päästöarvojen muutos vuosina 2013–2016 ja verrattuna vuoteen 1990. Päästöarvojen suunta on ollut edellisvuosina laskeva, mutta koska vuonna 2016 Helen Oy:ssä kivihiilen käyttö lisääntyi ja maakaasun käyttö väheni, nousivat rikkidioksidipäästöt lähes 70 prosenttia ja hiukkaspäästöt 55 prosenttia edellisvuodesta. Typenoksidit pysyivät kuitenkin lähes ennallaan vuonna 2016 verrattuna vuoteen 2015. (Ympäristövaikutukset 2017.)

Taulukko 1. Helen Oy:n tuotantoeseloste (Energian ominaispäästöt 2017).

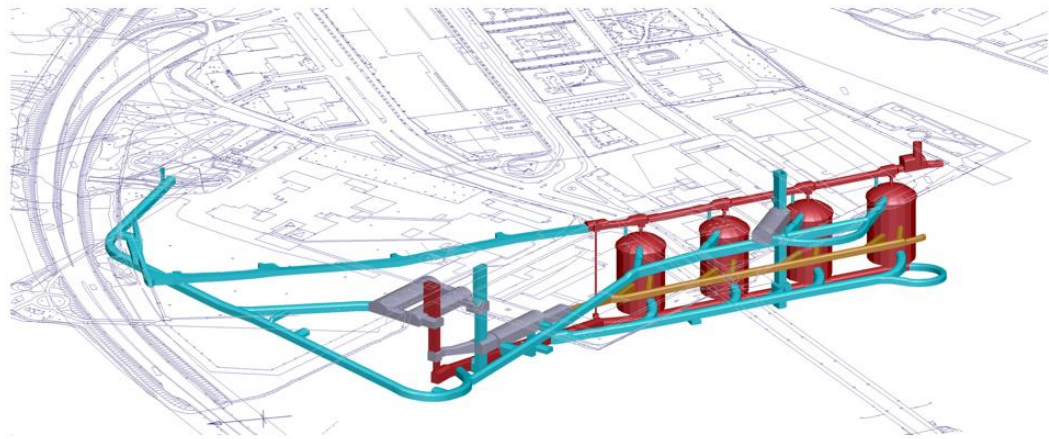
Päästölaji/vuosi	2016	2015	2014	2013	1990
Hiilidioksidi g/kWh	250	230	240	250	400
Typen oksidit mg/kWh	280	280	320	300	1470
Rikkidioksidi mg/kWh	220	130	160	180	1520
Hiukkaset mg/kWh	10	6	10	10	200

Arvoissa ovat mukana lämmön, sähkön ja jäähdytyksen tuottamisen ja siirtämisen vaikutukset, ja se on laskettu jakamalla voimalaitosten ja voimalaitososuuksien päästöt myydyllä kokonaisenergialla. Tuotettu energia on laskettu tuotannon ja siirron häviöt mukaan lukien. (Energian ominaispäästöt 2017.)

Vuonna 2016 voimaan astunut Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/75/EU asettaa tällä hetkellä päästörajat esimerkiksi rikin- ja typenpoistolaitoksille teollisuudessa. Salmisaaren voimalaitos alittaa tällä hetkellä asetut määräraajat. Helen Oy varautuu kuitenkin tulevaisuudessa entisestään tiukentuviin päästörajoihin. (2010/75/EU 2010; Ympäristövaikutukset 2017.)

2.3 Salmisaaren hiililuola

Voimalaitosalueen ja Ruoholahden alla sijaitsee Salmisaaren hiililuola eli SaHi. Se valmistui vuonna 2000. Hiililuolan sijainti ja tilat on esitetty kuvassa 1.



- Kivihiilen varasto- ja kuljetintilat
- Kaukojäähdytys ja LVI-laitos
- Huolto- ja liikennetilat
- Rakennusaikaiset tunnelit

Kuva 1. Salmisaaren maanalainen kivihiilivarasto (Voimalaitosesitys 2015 2016).

Hiililuolalla on suuri merkitys koko Salmisaaren voimalaitoksen toiminnalle. Voimalaitoksen sisällä oleviin päiväsiiloihin mahtuu varastoidaan kivihiiltä vain muutaman päivän kulutuksen verran. Jos hiilenkulku hiililuolassa estyy tai pysähtyy, voi siitä olla seurauksena polttoaineen loppuminen sekä ainakin hetkellinen energiantuotannon seisaus voimalaitoksella. Seurauksena voisi olla suuri tuotannonmenetykset. Tällaisessa hiilenkulun häiriössä Salmisaareen jouduttaisiin turvautumaan pelkästään päiväsiiloiden varastoihin. Pidemmässä hiilenkulun seisauksessa hiiltä tuotaisiin laitokselle rekoilla Hanasaaren voimalaitoksen hiilivarastosta.

Voimalaitoksilla poltettava kivihiili saapuu laivoilla Tammasaaren polttoainesatamaan. Laivat purkavat hiilikuormansa hiilenkuljetinhihnalle, joka ohjaa hiilen pudotuskuilun läpi maan alle. Sataman jälkeistä luolaa hiilisiiloiden yläpuolella kutsutaan C1-luolaksi. Kuvassa 2 hiiltä puretaan hiilenkuljetushihnoille satamassa.



Kuva 2. Hiilenpurku syöttimeen Tammasaaren satamassa 2017.

Pudotessaan hiili kulkee näytteenottolaitteiston läpi. Tällä tavoin satamaan saapuvan kivihiilen laatua, esimerkiksi rikkipitoisuutta, voidaan valvoa. Hiili kulkee maan alla hihnaa pitkin murskaimille. Murskaimessa on useita pyöriviä etu- ja jälkiseuloja. Murskattu kivihiili etenee murskalta täyttökuljettimelle. Täyttökuljettimella voidaan ohjata, mihin hiilisiiloon murskattu kivihiili päätyy. Hiilisiiloja on neljä. Niiden halkaisija on 40 metriä ja korkeus 65 metriä. Siilojen pohjalla syöttöruuvit tasoittavat hiilikuormaa.

Siiloista hiili putoaa hiilenkuljetinhihnalle. Tätä osaa luolastosta kutsutaan C2-luolaksi. Hiili kulkee pystynostimelle hiilenkuljettimella. Kuvassa 3 kivihiili kulkee kohti pystynostinta C2-luolassa.



Kuva 3. Kuljetin SA0PC02D100 hiililuolassa 2017.

Hiiltä puretaan hihnalta pystynostimelle, joka kuljettaa kivihiilen takaisin maan pinnalle. Ripekuljetin palauttaa pystynostimen pudottamat hiilenrippeet takaisin pystynostimen alkuun. Hiili viedään maanpinnalla hiilenkuljettimella kohti Salmisaaren voimalaitosta. A- ja B-laitoksille johtavat omat kuljetinsysteeminsä. Lopulta kivihiili päätyy hiilikuljettimilla voimalaitosten päiväsiiloihin. Päiväsiilot voivat varastoida korkeintaan kahden päivän polttoainemäärän kattilan toimiessa täydellä teholla.

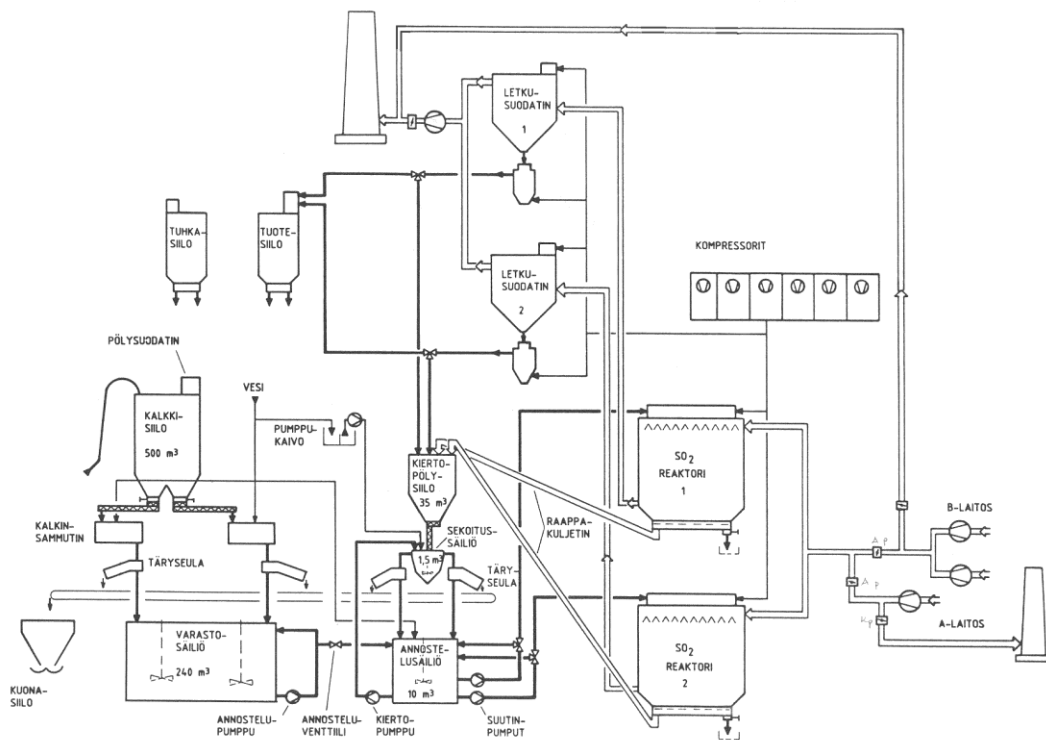
2.4 Salmisaaren rikinpoistolaitos

Salmisaaren rikinpoistolaitos toimii puolikuivalla puhdistusprosessilla. Puolikuiva rikinpoistojärjestelmä on yleinen laitoksilla, joissa puhdistamattoman savukaasun epäpuhtaudet pysyvät suunnilleen vakioina. Sen hyvänä puolena pidetään sitä, ettei sen lopputuote sisällä ollenkaan jätevesiä. Puolikuiva rikinpoistojärjestelmä perustuu happamien yhdisteiden ja rikkiyhdisteiden sidontaan kalkki-vesilietteeseen. Liette kuivuu prosessissa

muodostaen pölyä, joka lopuksi erotetaan savukaasuista. Puolikuivalla rikinpoistomenetelmällä päästään noin 85 prosentin puhdistusasteeseen. (Huhtinen ym. 2000: 257; Vesanto 2006: 38–39.)

On havaittu, että kuiva ja puolikuiva rikinpoistotekniikka sopivat parhaiten pienemmille alle 100 MW:n laitoksille, kun taas yli 300 MW lämpöä tuottaville voimalaitoksille suositellaan märkää rikinpoistolaitosta (European Commission 2016: 367). Märällä rikinpoistolla päästään yli 90 prosentin puhdistusasteeseen (Huhtinen ym. 2000: 256). Nykyään uusiin isoihin laitoksiin ei rakennettaisi puolikuivaa rikinpoistolaitosta, ja yli 80 prosentilla suurista voimalaitoksista on käytössä märkä rikinpoistotekniikka (European Commission 2016: 104).

Kuvassa 4 on esitetty Salmisaaren rikinpoistolaitosprosessi. Rikinpoistolaitoksen keskeisiä komponentteja ovat kalkinsammuttimet, varasto- ja annostelusäiliö, reaktorit, letkusuodattimet sekä kiertopölysiilo.



Kuva 4. Salmisaaren rikinpoistolaitoksen kaavio (Rikinpoistolaitoksen symbolikaavio 2002).

Salmisaaren rikinpoistolaitos on yhteinen A- ja B-laitoksille ja savukaasut kulkevat yhteiseen piippuun. A-laitoksen savukaasut on mahdollista ohjata rikinpoistolaitoksen ohi erilliseen savupiippuun. Myös B-laitoksen savukaasut voidaan ohjata rikinpoistolaitoksen ohi yhteiseen piippuun. Rikinpoistolaitoksella on tärkeä merkitys voimalaitoksen hyötysuhteelle. Savukaasujen mukana poistuva lämpö on kattilan suurin yksittäinen häviö noin 70–80 prosentin osuudella kaikista häviöistä (Rayaprolu 2013: 138). Savukaasut jäähtyvät rikinpoistolaitoksessa noin 40 celsiusastetta sen toimiessa optimaalisesti.

2.4.1 Kalkinvalmistus

Raakakalkki tuodaan Salmisaaren voimalaitosalueelle kuorma-autoilla, joista se tyhjenetään kalkkisiiloon. Kalkkisiilosta sammuttamaton kalkki syötetään kalkinsammuttimille, joissa kalkki sammutetaan, eli kalkin joukkoon sekoitetaan vettä. Vesi tulee vesijohtoverkosta. Sammutuksessa syntynyttä kalsiumhydroksidia laimennetaan lisävedellä. Kalkinsammuttimia on kaksi, ja niiden keskeisiä osia ovat lokeroannostelija ja annostelijan ruuvikuljetin. Valmista liuosta voidaan kutsua myös kalkkimaidoksi. Kalkkimaito varastoidaan varastosäiliöön. (SaRi koulutusaineisto 1987.)

Kalkin sammutus vedellä voi aiheuttaa hallitsemattomassa tilanteessa palavan materiaalin syttymisvaaran. Kalkki on myös ihoa, silmiä ja hengityselimiä ärsyttävää. (Käyttöturvallisuustiedote 2010: 1,7). Kalkinsammutuksessa on huolehdittava tarkasti suojavausteiden käytöstä sekä laitteiden toimivuudesta.

Sammuttamaton kalkki on edullisempaa kuin sammutettu kalkki. Rikinpoistolaitoksen raaka-ainekustannukset ovatkin pienemmät sammutuksen tapahtuessa voimalaitoksella verrattuna siihen, että sammutettua kalkkia ostettaisiin. Vasta sammutetun kalkin reaktiivisuus on myös suurempi kuin säilöttynä olleen sammutetun kalkin. Sammutuksen tapahtuessa juuri ennen suihkutusta reaktoreihin saavutetaan suurempi erottelukyky rikinpoistossa. (SaRi koulutusaineisto II 1987.)

2.4.2 Lietteenvalmistus

Kalkki-vesilietettä valmistetaan myös sekoitussäiliössä. Sitä tehdään prosessissa kiertävästä kiertopölystä lisäämällä siihen vettä sekä pumppaamalla valmista lietettä annoste-

lusäiliöstä. Pysty- ja vaakaraappakuljettimet kuljettavat reaktorien pohjalle jäävää reaktiopölyä kiertopölysiiloon, josta aine siirtyy sekoitussäiliöön. Lisäksi letkusuodattimilla erotettu pöly kulkeutuu kiertopölysiiloon pölynlähettimien avulla. Sekoitussäiliöstä liete ohjataan annostelusäiliöön ja sieltä takaisin kierto. (SaRi koulutusaineisto 1987.)

Sekoitussäiliöstä lähtee kaksi erillistä suutinpumppua, jotka vievät lietteen reaktorien päälle. Liete suihkutetaan reaktorien sisälle suuttimilla. Varasto-, sekoitus- ja annostelusäiliön sisällä sijaitsee sekoittimia, jotka aiheuttavat virtausta. Näin ne huolehtivat, ettei kalkkiliete kerrostu säiliöiden seinille. (SaRi koulutusaineisto 1987.)

Erotettu pöly sisältää vielä paljon reagoimattomia kalsiumhydroksidihiukkasia. Koska reagoimaton kalkki saadaan kerättyä talteen letkusuodattimissa ja syötettyä takaisin kierto, kalkin käytön hyötysuhde kasvaa ja koko laitteiston taloudellisuus paranee. Rikkinpoistoprosessia ajetaan optimaalisesti niin, että kierrätettävän lietteen määrä yritetään maksimoida ja että kalkkimaitoa syötetään lisänä vain se määrä, että vaadittu rikkinpoistolaitoksen erotteluaste tavoitetaan. (SaRi koulutusaineisto 1987.)

2.4.3 Reaktorit

Savukaasut voimalaitokselta ohjataan reaktoreihin. Reaktorien yläosassa sijaitsevat suuttimet, jotka syöttävät kalkkilietettä reaktorien sisälle. Suuttimet hajottavat lietteen hienojakoiseksi sumuksi paineilman avulla. Kun kuumat savukaasut sekoittuvat lietesumun kanssa, tapahtuu kemiallinen absorptioprosessi, jossa savukaasujen rikkiyhdisteet reagoivat sammutetun kalkin kanssa ja rikkihiukkaset sitoutuvat pölyhiukkasiin. Painovoiman johdosta suurimmat ja painavimmat pölypartikkelit reaktiopölystä jäävät reaktorien pohjalle. Suurin osa pölystä siirtyy kuitenkin savukaasujen mukana letkusuodattimille. Savukaasut viipyvät reaktorissa savukaasuvirran suuruudesta riippuen. Tyypillisesti viipymäaika on noin 10–12 sekuntia. (SaRi koulutusaineisto 1987.)

Reaktoreiden sisäseinille muodostuu kalsiumsulfaatti- ja/tai kalsiumsulfiihtikerrostumaa, jonka muodostumista on voitu estää asentamalla myöhemmin ääninuohoimia reaktoreiden sisäseinille. Salmisaaren rikkinpoistolaitoksella on kaksi reaktoria, ja niitä voidaan käyttää toisistaan riippumatta. Kuitenkin molempien tulee toimia yhtä aikaa, jotta päästörajajoituksissa vaadittu erotteluaste voidaan saavuttaa.

2.4.4 Letkusuodattimet

Reaktoreista savukaasut kulkeutuvat letkusuodattimiin. Pölyhiukkaset erotetaan siellä savukaasuista mekaanisesti suodattamalla. Letkusuodattimien pinnalle kertyvässä pölykerroksessa vielä reagoimattomat kalsiumhydroksidihiukkaset reagoivat savukaasujen rikkiyhdisteiden kanssa. Suodattimia puhdistetaan paineilmapulsseilla. Erotettu pöly kulkee pölynkäsittelylaittaiston avulla kiertöpölysiiloon ja reagoimaton lopputuote tuotesii- loon. (SaRi koulutusaineisto 1987.)

Rikinpoiston lopputuote on koostumukseltaan hienoa jauhetta, johon on sekoittunut myös hieman lentotuhkaa, jota sähkösuodatin ei ole onnistunut erottamaan. Se sisältää erilaisia kalsiumyhdisteitä. Lopputuote sekoitetaan lentotuhkan sekaan, ja sitä voidaan käyttää kalkkikaivoksen täyteaineena. (Huhtinen ym. 2000: 258.)

2.4.5 Rikinpoiston savukaasukanavat ja muut yksiköt

Rikinpoistolaitoksen savukaasukanavat ovat laitoksen sisäpuolella teräslevyistä tehtyjä suorakulmaisia savukanavia. Savukaasukanavisto alkaa sähkösuodattimelta ja reaktoreille jakaantuu omat savukaasukanavat. Kummastakin reaktorista lähtevät omat savukaasukanavat samoin letkusuodattimilta. Letkusuodattimilta lähtevät linjat yhdistyvät ennen savukaasupuhallinta. Puhaltimelta menee yksi kanava savupiippuun. Lisäksi A- ja B-laitoksilla on omat savukaasukanavansa mahdollista rikinpoistolaitoksen ohitusta varten.

Rikinpoistolaitoksella on myös useita pumppuja, jotka huolehtivat kalkin ja lietteen kierrosta eri vaiheiden välillä. Lisäksi rikinpoistolla on oma vesijärjestelmänsä.

3 Kunnossapito ja sen yleisiä periaatteita Helen Oy:ssä

Kunnossapito käsitteeseen kuuluu laitteen toimintakunnon ylläpitäminen, sen käytön turvallisuus ja laaduntuottokyky sekä sen elinjakson hallinta. Lisäksi siihen katsotaan kuuluvan muun muassa oikeiden käyttöolosuhteiden noudattaminen, kohteen toiminnasta kerätyn tiedon analysointi, kohteen modernisointi, suunnitteluheikkouksien korjaaminen sekä kunnossapidon parissa työskentelevien henkilöiden käyttö- ja kunnossapitotaitojen kehittäminen. (Järviö & Lehtiö 2012: 19.)

Nykyään kunnossapitoon kuuluvat keskeisesti myös laadun merkitys, ympäristöystävällisyys, turvallisuus sekä kunnossapidon tehokkuus. Kunnossapito on tuotanto-omaisuuden hoitamista ja hallintaa. (Järviö & Lehtiö 2012: 25–26, 49.)

3.1 Kunnossapitostrategia ja -suunnitelma

Kunnossapitostrategia pitää sisällään liikkeenjohdolliset keinot, joiden avulla saavutetaan kunnossapidon tavoitteet. Tyypillisiä kunnossapitostrategioita ovat esimerkiksi luottavuuskeskeinen kunnossapito eli RCM, joka on lyhenne englanninkielien sanoista Reliability Centered Maintenance, ja kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito eli TPM, joka on lyhenne englannin kielen sanoista Total Productive Maintenance, sekä Asset Management (Järviö & Lehtiö 2012: 143).

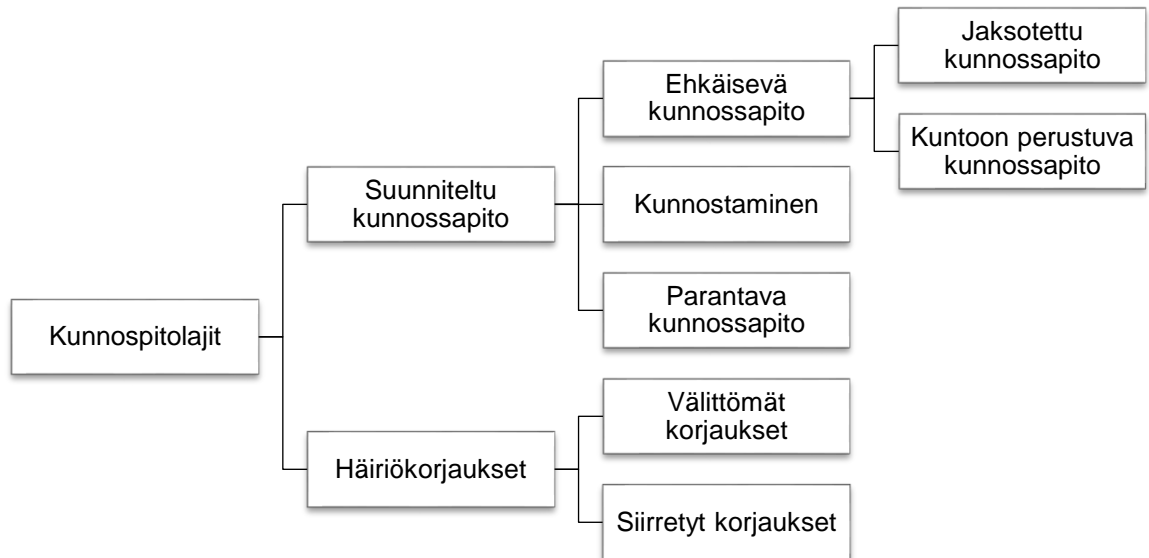
Kunnossapitosuunnitelmassa määritellään yksityiskohtaiset toimenpiteet, joilla kunnossapitostrategiaa toteutetaan. Kunnossapitosuunnitelma on jäsennelty kokoelma tehtävistä, menetelmistä, resursseista ja aikataulusta. (PKS 6800 2008: 2; SFS-EN 13306: 10.)

Keväällä 2017 koottiin Salmisaaren ja Hanasaaren yhteinen kunnossapitostrategia. Strategiassa määritellään Salmisaaren ja Hanasaaren kunnossapidon perustehtävät, joita ovat esimerkiksi ylläpitää voimalaitoksen häiriötön käytettävyys yli 98 prosentissa ja voimalaitoksen hyötysuhde yli 85 prosentissa. Strategia määrittelee kunnossapidon tehtäväksi myös ylläpitää laitokset henkilökunnalle ja ympäristölle turvallisena ja lainmukaisena. (Luukko 2017:1.)

Strategian mukaan kunnossapidon suunnittelun tulee Salmisaarella ja Hanasaarella perustua ensisijaisesti mitattavissa olevaan tarpeeseen. Tarpeiden määrittelyyn käytettäviä menetelmiä ovat esimerkiksi pyörivien koneiden kunnonvalvonta ja materiaalien ainetta rikkomattomat ja rikkovat menetelmät. Strategiassa painotetaan kunnossapitosuunnitelmien tärkeyttä kaikilla kunnossapidon osa-alueilla. (Luukko 2017:1–2.)

3.2 Kunnossapidon jako

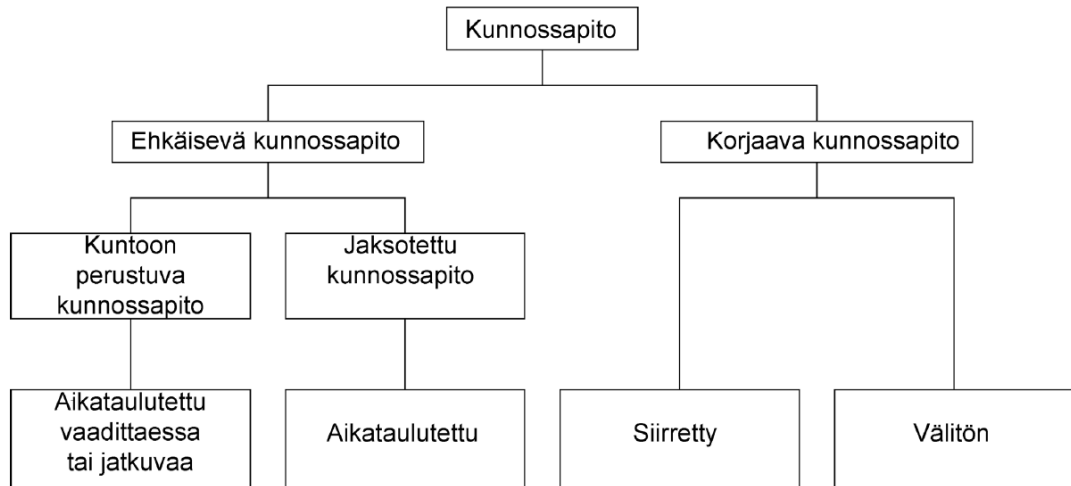
Kunnossapitoa voidaan jakaa lajeihin eri määräyksien ja standardien perusteella. Jako voidaan tehdä esimerkiksi suunniteltujen ja suunnittelemattomien kunnostusten välille. Kunnossapidon alueiden jakoa PSK 7501 -standardin mukaan on havainnollistettu kuvassa 5.



Kuva 5. Kunnossapidon jako (PSK 7501 2010: 32).

Suunnitelluista kunnossapitolajeista keskeisimpiä ovat kunnostava, parantava ja ehkäisevä kunnossapito. Suunnittelemattomia korjauksia voidaan kutsua myös häiriökorjauksiksi.

SFS-EN 13306 -standardi määrittelee kunnossapidon kuvan 6 mukaisesti. Tässä standardissa jako on tehty ehkäisevän ja korjaavan kunnossapidon välille. Ehkäisevän ja kuntoon perustuvan kunnossapidon alla tehdään muun muassa ennakoivia kunnossapitotehtäviä.



Kuva 6. Kunnossapidon jako (SFS-EN 13306 2010:34).

Kunnossapidolla on suuri merkitys Helen Oy:n voimalaitosten tuotannon varmuudelle ja turvallisuudelle. Helen Oy:ssä kunnossapidon toimet on jaettu korjaavaan, parantavaan, ennakoivaan, modernisoivaan sekä vuosihuollossa tehtävään kunnossapitoon. Näille kunnossapidon lajeille on Helen Oy:ssä asetettu omat määrityksensä. Kohdistamalla kunnossapidon kuluja voidaan seurata, ohjata ja suunnitella kunnossapidon kustannuksia.

3.2.1 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito keskittyy vikaantuneeksi todetun osan tai komponentin korjaamiseen. Sen avulla voidaan myös määrittellä kohteen elinikää. Korjaava kunnossapito voi olla suunniteltua tai suunnittelematonta. Korjaavaan kunnossapitoon kuuluvat muun muassa vian määrittäminen, sen tunnistaminen ja vian korjaus. (Järviö & Lehtiö 2012: 51.)

Helen Oy:n määritykset korjaavalle kunnossapidolle ja sen kulujen kohdistukselle ovat muun muassa seuraavia:

- kaikki käyttö- tai varallaolokausilla korjattavat viat
- selkeästi viankorjaukseen tarvittavat varaosat, esimerkiksi varaosat, jotka joudutaan ostamaan havaittua vikaa varten eli varaosaa ei löydy suoraan varastosta

- varaosat, jotka ostetaan varastoon viankorjauksessa käytettyjen varaosien tilalle
- värehtelymittauksissa havaitut korjaustarpeet käyttö- tai varallaolokausilla, jos löydettyä ongelman korjausta varten joudutaan rajoittamaan laitoksen tehoa tai ajamaan laitos alas (Tuotanto ja jakelu, kulujen kohdistaminen 2016 2016).

Korjauskohteet luokitellaan kiireellisyytensä mukaan A-; B- ja C-luokkiin, joista A-luokka on kiireellisin. Kiireellisyysluokittelu perustuu muun muassa tuotannon menetyksen ja vian vaikutuksen merkityksestä turvallisuuteen. Esimerkiksi C-luokkaan lajiteltu jo useita kuukausia aikaisemmin havaittu vika saatetaan korjata vasta vuosihuollossa tuotannon seisokin aikana.

3.2.2 Parantava kunnossapito

Asiantuntijat jakavat parantavan kunnossapidon yleisesti kolmeen ryhmään. Ensimmäinen niistä on modernisoinnit. Modernisointi muuttaa kohteen suorituskykyä ja yleensä myös valmistusprosessia. Toinen ryhmä pitää sisällään kohteen uudelleen suunnittelut ja korjaukset, joilla ei varsinaisesti muuteta suorituskykyä, mutta joilla kohteen luotettavuus paranee. Viimeiseen ryhmään kuuluvat parannukset, joissa kohdetta muutetaan esimerkiksi uudemmilla osilla, mutta kohteen suorituskyky ei muutu. (Järviö & Lehtiö 2012: 51.)

Helen Oy:ssä kuitenkin modernisoinnit ja parannusinvestoinnit on erotettu parantavasta kunnossapidosta omaksi kustannukseksi. Parantavan kunnossapidon kulut ovat Helen Oy:ssä muun muassa seuraavien määritelmien mukaisia:

- kaikki kuluina tehtävät parannus- ja muutostyöt, myös vuosihuoltoaikana tehtävät parannustyöt
- euromääräisesti pienet prosessimuutostyöt
- parannustyö, jonka tarkoituksena on parantaa kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä muuttamatta kohteen alkuperäistä toimintaa esimerkiksi samanlainen uusi pumppu vanhan tilalle (Tuotanto ja jakelu, kulujen kohdistaminen 2016 2016).

Modernisointi ja parannusinvestointeihin kuuluvat Helen Oy:ssä seuraavat kunnossapidon toimet:

- kaikki investointina tehtävät isot projektit ja pienemmät muutostyöprojektit, myös vuosihuoltoaikana tehtävät
- muutostyöt, joilla muutetaan kohteen alkuperäistä toimintaa ja/tai käyttöominaisuuksia. Muutokseksi ei lueta kohteen vaihtoa toiseen identtiseen kohteeseen
- lämpö- ja jäähdytysverkon perusparannukset (Tuotanto ja jakelu, kulujen kohdistaminen 2016 2016).

Lisäksi rajauksessa tarkennetaan, että muutos ei ole kunnossapitoa, vaan se on kohteen toiminnan muuttamista halutuksi uudeksi toiminnaksi. Modernisoineissa ja parannusinvestoineissa noudatetaan kuitenkin samoja periaatteita kuin kunnossapidossa. Muutoksilla voi olla vaikutus kohteen luotettavuuteen, tehokkuuteen tai molempiin. Prosessiin tehtävät laite- tai putkistolisäykset ovat tyypillinen muutostyö.

3.2.3 Ehkäisevä ja ennakoiva kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito voidaan jakaa kuntoon perustuvaan ja jaksotettuun kunnossapitoon. Ehkäisevässä kunnossapidossa tarkoituksena on seurata kohteen suorituskykyä tai sen parametreja. Näiden seurannalla pyritään vähentämään kohteen vikaantumista ja toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevä kunnossapito voi olla jatkuvaa ja aikataulutettua, tai sitä voidaan tehdä tarvittaessa. Seurannasta saatujen tietojen avulla suunnitellaan ja aikataulutetaan kunnossapidon tehtäviä. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat esimerkiksi tarkastukset, kunnon- ja käynninvalvonta, testaukset ja toimintakunnon toteaminen sekä vikautumistietojen tutkiminen. (Järviö & Lehtiö 2012: 50.)

Perusedellytykset onnistuneelle ehkäisevälle kunnossapidolle ovat suunnitelmallisuus ja aikatauluttaminen. Monia ehkäisevän kunnossapidon töitä tehdään suunnitelluissa seisokeissa, ja ehkäisevä kunnossapito on myös säännöllistä. Suunnitelmallisuus voi perustua aikaisempiin kokemuksiin, varaosiin ja niiden käyttömäärään, koneen ja sen osien toimintatapaan sekä koneen valmistajien suosituksiin (Järviö & Lehtiö 2012: 96).

Suunniteltu ehkäisevä kunnossapito on halvempaa kuin suunnittelematon kunnossapito. Lisäksi suunnittelematon kunnossapito aiheuttaa helposti enemmän välillisiä kustannuksia kuten esimerkiksi materiaali-, varaosa- ja palkkakustannuksia (Järviö & Lehtiö 2012: 103–104).

Ennakoiva kunnossapito on ehkäisevän kunnossapidon alalaji. Ennakoiva kunnossapito on kuntoon perustuvaa kunnossapitoa, jonka tehtävät perustuvat toistuviin analyysihin tai tiedettyjen ilmiöiden pohjalta tehtyihin ennusteisiin sekä merkittäviin kohteen toimintakunnon heikkenemistä kuvaaviin muuttujiin. (SFS-EN 13306 2010: 22.)

Määräaikaishuollot ovat osa ennakoivaa kunnossapitoa. Käyttöikään liittyviä häiriöitä esiintyy yleisesti olosuhteissa, joissa on väsymistä, hapettumista, korroosiota ja höyrystymistä. Tyypillisiä tällaisia laitteita ovat muun muassa moottoreiden ja pumppujen osat, venttiilipesät, tiivisteet, ruuvikuljettimet, murskaimet sekä putkien sisäpinnat. Näiden laitteiden häiriöiden ehkäisyä tehdään suorittamalla määräaikaishuoltoja ja määräajoin tapahtuvia osienvaihtoa. (Järviö 2000: 56–57.)

Ennakoivassa kunnossapidossa suoritetaan myös kunnonvalvontaa. Valvontatavat jaetaan neljään pääluokkaan. Ensimmäinen on kunnonvalvontatekniikat eli mittaukset, joilla voidaan valvoa laitteiden kuntoa. Tyypillisesti voimalaitoksilla seurataan muun muassa pyörivien laitteiden värähtelyjä. Toisena luokkana ovat tekniikat, jotka perustuvat laatu- vaihteluihin lopputuotteessa. Esimerkiksi rikinpoistolaitoksen erottelukyvyn seuraamista savukaasuja tutkimalla voidaan katsoa olevan laadunvalvontaan. Kolmanteen luokkaan kuuluvat ensisijaisten vaikutusten valvonta esimerkiksi virtaus- ja lämpötilamittareilla. Viimeiseen luokkaan kuuluvat ihmisaisteihin perustuvat tarkastustekniikat. (Järviö 2000: 70–71.)

Helen Oy:ssä ennakoivaa kunnossapitoa katsotaan olevan muun muassa seuraavat tehtävät ja kulut:

- käyttökauden aikana tehtävät ennalta ehkäisevän kunnossapidon kulut
- laitoksen olemassaolosta aiheutuvat käynninaikaiset huolto- ja tarkastuskustannukset
- selkeästi hyllyyn jäävät ostetut varaosat sekä selkeästi hyllyyn varaosiksi jäävien osien valmistus ja/tai kunnostus
- pääsääntöisesti värähtelymittauksissa käyttö- tai varallaolokausilla havaittavat korjaustarpeet (Tuotanto ja jakelu, kulujen kohdistaminen 2016 2016).

3.2.4 Vuosihuollot

Vuosihuolto ja käyttöseisokki ovat oleellinen osa kunnossapitoa voimalaitoksilla. Helen Oy:ssä sille onkin varattu oma kustannuslaji, ja se on erotettu omaksi kunnossapidon lajikkeeseen. Vuosihuoltokunnossapitoon kuuluvat Helen Oy:ssä seuraavat toimet ja kustannukset:

- kaikki voimalaitosten vuosihuollon aikana tehtävät kunnossapitotyöt
- vuosihuollon huolto- ja tarkastustöiden aikana löytyvät viat sekä aiemmin havaitut, mutta vasta vuosihuollossa korjattavaksi siirretyt viat
- selkeästi vuosihuoltoa varten tehtävä varaosan kunnostus ja hankkiminen tai valmistus, vaikka työ tehtäisiin revisioajan ulkopuolella
- selkeästi vuosihuoltoa varten tehtävät esivalmisteet ja esivalmistelutyöt, vaikka työ tehtäisiin revisioajan ulkopuolella (Tuotanto ja jakelu, kulujen kohdistaminen 2016 2016).

Kuitenkin vuosihuolloissa tehtävät muutos-, parannus- ja investointityöt kohdistetaan Helen Oy:ssä parantavan tai muutos- ja investointikunnossapidon alle.

Vuosihuollossa toteutetaan tarkastuksia ja kunnostuksia edellisvuosien kokemusten perusteella. Vuosihuolto ajoitetaan aina kesälle, jolloin lämmön- ja sähköntarve on vähäisimmillään. Helen Oy suunnittelee voimalaitostensa vuosihuollot jaksotetusti, niin että tarvittava energian peruskuorma pystytään takamaan vuosihuoltojen aiheuttaman tuotannon seisahtumisen ajaksi.

3.3 Vika ja vikaantuminen

Vika on vikaantumisen seurausta. Vika voi olla vaurio tai häiriö (Järviö & Lehtiö 2012: 67). Koneen toimiessa suunnitellulla tavalla ja suunnitellussa toimintaympäristössä sen tulisi saavuttaa oma suunniteltu elinikänsä. Kaikille vioille on löydettävissä vian syntymän syy ja vian kehittymismekanismi. Jos vian syntyminen havaintaan ajoissa tai tunnetaan vikaantumiseen johtavat syyt, voidaan vaurioituminen estää. Osa vikaantumisesta on aikaan sidonnaista, mutta vikaantuminen voi olla myös sattumanvaraista. Myös käyttö vaikuttaa vikojen syntyyn. Nykypäivänä kunnossapidon suunta on ollut estää vikojen synty, eikä keskittyä niiden korjaamiseen. (Järviö & Lehtiö 2012: 72–76.)

Kaikki vikaantumiset ja korjaukset kirjataan Helen Oy:ssä käytössä olevaan Arttu-kunnossapitojärjestelmään.

3.4 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (RCM)

RCM eli luotettavuuskeskeinen kunnossapito on yksi kunnossapidon strategia. Se pyrkii keskittymään oikean kunnossapitosuunnitelman laatimiseen (Järviö & Lehtiö 2012: 111). RCM-toimintamallissa tarkoitus olisi käydä läpi kaikki laitoksen prosessit ja selvittää, mitkä niistä tarvitsevat eniten kunnossapitoa.

RCM:ssa prosessit asetetaan tärkeysjärjestykseen, ja niiden laitteita ja koneita tarkastellaan. Tämän jälkeen tutkitaan, millaista vikaantumista laitteilla esiintyy ja mitkä ovat vikojen seuraukset. Laitteet asetetaan tärkeysjärjestykseen ja tutkitaan, millaisia kunnossapidonkeinoja on olemassa ja onko kunnossapitokeinojen käyttö järkevää. RCM-prosessi pyrkii keskittymään oikean kunnossapitosuunnitelman valitsemiseen ja keskittämään kunnossapitoa laitteisiin, joissa sitä vaaditaan eniten. Tyypillisiä priorisointikriteereitä ovat muun muassa kustannukset, ympäristö, turvallisuus ja laatu. (Järviö & Lehtiö 2012: 161, 163.)

Teollisuudessa vain noin 10 prosenttia koneista on niin kriittisiä tai kalliita, että niille kannattaa tehdä kunnossapito-ohjelma RCM-menetelmällä. RCM:a sovelletaan kuitenkin tyypillisesti lentokoneisiin ja ydinvoimaloihin. (Järviö & Lehtiö 2012: 112.)

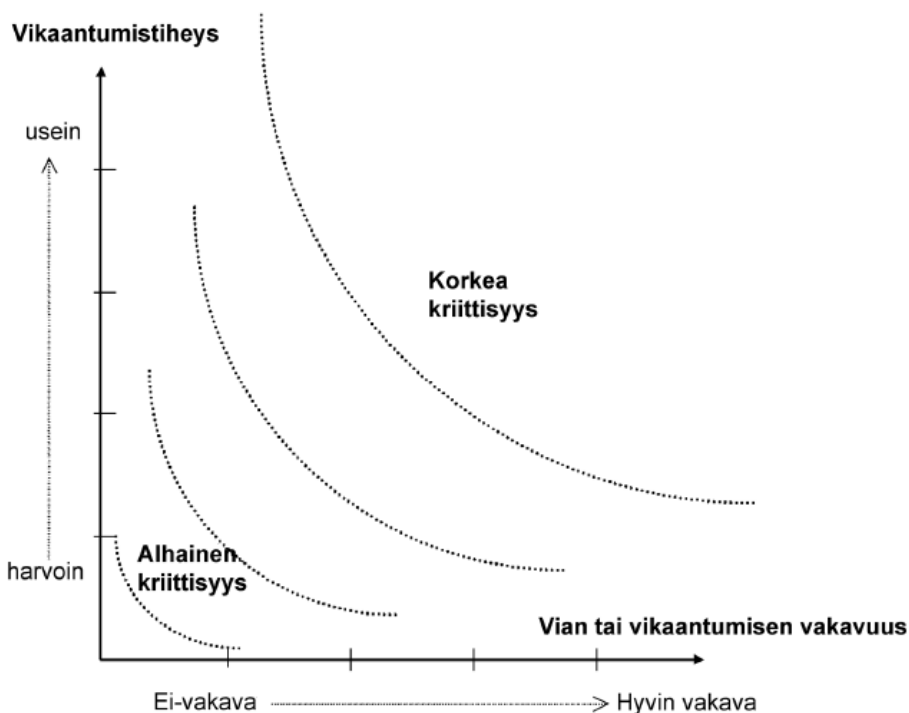
3.5 Kunnossapitosuunnitelman kehittämisen keinoja

Kunnossapitosuunnitelmaa kehittäessä on yleensä tarpeen kerätä lähdetietoja kunnossapitokohteesta ja varmistaa, että kunnossapitosuunnitelma tukee kunnossapitostrategiaa.

Moniin kunnossapitostrategioihin kuuluu kriittisyystarkastelu ja vika- ja vaikutusanalyysin tekeminen. Kunnossapito onkin kehittynyt alkuajoistaan tutkimaan vikaantumista, ja strategioissa on pyritty tehostamaan toimintaan välttämällä turhaa kunnossapitoa. Käynninvalvonnan merkitys on kasvanut verrattuna aiempiin vuosikymmeniin. (Järviö & Lehtiö 2012: 24–25).

3.5.1 Kriittisyysluokittelun tapoja

Laitoksille, niiden tuotantoyksiköille ja laitteille voidaan tehdä kriittisyysluokittelevia eri malleihin tai pohjiin perustuen. Kriittisyys voidaan määrittää esimerkiksi vikaantumistiheyden ja vikaantumisen vakavuuden mukaan. Kuvassa 7 on Suomen Standardisoimisliiton opastava kriittisyysmatriisi kriittisyyden toteamiseksi.



Kuva 7. Kriittisyysmatriisi (SFS-EN 13306 2010: 42).

Kuvassa pystyakselilla kuvataan vikaantumistiheyttä ja vaakakselilla vikaantumisen vakavuutta. Näin ollen esimerkiksi usein tapahtuma ja vakava vikaantuminen saa korkeimman kriittisyyden asteen. Vikaantumisvakavuuteen voivat vaikuttaa esimerkiksi turvallisuusvaarat, ympäristöriskit sekä taloudelliset kustannukset.

Suomen standardisoimisyhdistys ry on PKS 6800 Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa -standardissaan luonut menetelmän, joka keskittyy kriittisyyden luokitteluun pääsääntöisesti taloudellisesta näkökulmasta. Arviointi tehdään seuraavasti:

1. Määritetään tarkastelun laajuus.
2. Määritetään tuotannon menetyksen painoarvo.

3. Arvioidaan sopivatko muut painoarvot sovellettavalle teollisuuden toimialalle. Tarvittaessa standardissa annettuja painoarvoja muutetaan.
4. Listataan taulukkolaskentaohjelmaan tarkasteltavat laitteet.
5. Valitaan tarkastaville laitteille käytettävät kertoimet.
6. Lasketaan laitteiden kriittisyysindeksin ja sen osaindeksit käyttäen hyväksi annettuja parametreja.
7. Kriittisyysluokittelu tehdään lajittelemalla laitteet kriittisyysindeksin mukaiseen järjestykseen.

Luokittelussa vikaantumisväli toimii kertoimena painoarvoille ja riskeille. Tässä analyysissä voidaan eri riskitekijät kuten ympäristöriskit tai korjauskustannusten suuruus asettaa eriarvoon. Lopputuloksessa kriittisyyttä on pystytty arvioimaan monen tekijän summana. (PKS 6800 2008: 4.)

Taulukossa 2 on esitetty standardin PKS 6800 ohjeellinen taulukko painoarvojen ja riskikertoimien määrittelyyn.

Taulukko 2. Laitetason kriittisyyden tekijät (PSK 6800 2008: 7).

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$	1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta	$M_s = 0$	Ei turvallisuusriskiä
			$M_s = 2$	Vähäinen turvallisuusriski
			$M_s = 4$	Kohtalainen turvallisuusriski
			$M_s = 8$	Merkittävä turvallisuusriski
			$M_s = 16$	Vakava turvallisuusriski
	Ympäristöriskit $W_e = 20$		$M_e = 0$	Ei ympäristöriskiä
			$M_e = 2$	Vähäinen ympäristöriski
			$M_e = 4$	Kohtalainen ympäristöriski
			$M_e = 8$	Merkittävä ympäristöriski
			$M_e = 16$	Vakava ympäristöriski
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetytys $W_p = 0 \dots 100$	$M_p = 0$	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle	
		$M_p = 1$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi ≤ 3 h)	
		$M_p = 2$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi ≤ 10 h)	
		$M_p = 3$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)	
		$M_p = 4$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi > 24 h)	
	Laatukustannus $W_q = 30$	$M_q = 0$	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.	
		$M_q = 1$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 1 h)	
		$M_q = 2$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 3 h)	
		$M_q = 3$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)	
		$M_q = 4$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi > 8 h)	
Korjaus- tai seurauskustannukset	Korjaus- tai seurauskustannus $W_r = 20$	$M_r = 0$	Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.	
		$M_r = 1$	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 2 h)	
		$M_r = 2$	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 10 h)	
		$M_r = 3$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)	
		$M_r = 4$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi > 24 h)	

Laitteenkriittisyysindeksi lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$K = p \times (W_s \times M_s + W_e \times M_e + W_p \times M_p + W_q \times M_q + W_r \times M_r) \quad (1)$$

K on kriittisyysindeksi

p on vikaantumisväli

W_s on turvallisuuden painoarvokerroin

M_s on turvallisuusriski

W_e on ympäristön painoarvokerroin

M_e on ympäristöriski

W_p on tuotannonmenetyksen painoarvokerroin

M_p on tuotannonmenetyksen riski

W_q on laadun painoarvokerroin

M_q on laaturiski

W_r on korjauskustannusten painoarvokerroin

M_r on korjauskustannusten riski (PSK 6800 2008: 8).

Osaindeksit lasketaan seuraavilla kaavoilla:

$$K_s = p \times (W_s \times M_s) \quad (2)$$

$$K_e = p \times (W_e \times M_e) \quad (3)$$

$$K_p = p \times (W_p \times M_p) \quad (4)$$

$$K_q = p \times (W_q \times M_q) \quad (5)$$

$$K_r = p \times (W_r \times M_r) \quad (6)$$

K_s on turvallisuuden osaindeksi

K_e on ympäristön osaindeksi

K_p on tuotannonmenetyksen osaindeksi

K_q on laatukustannusten osaindeksi

K_r on korjauskustannusten osaindeksi (PSK 6800 2008: 9-11).

Taulukossa 3 on PSK 6800 -standardin esimerkkimalli kriittisyystaulukosta eli luokittelun lopputuloksesta.

Taulukko 3. Esimerkki kriittisyystaulukosta (PSK 6800 2008: 14).

Toimintopaikan tunnistus	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö 0...16	Tuotannon menetys (0...4)	Lopputuotteen laatuksentunnus (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyysindeksi	Kriittisyyden osaindeksit					
									K	Ks	Ke	Kp	Kq	Kr
		Painoarvot W ->	30	20	100	30	20		0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0
									0	0	0	0	0	0

Taulukossa oikealla puolella ovat kriittisyysindeksit, jotka lasketaan keltaisella pohjalla määritettyjen arvojen perusteella esimerkiksi Excelin avulla.

Kriittisyyttä voidaan määritellä myös tuotantolaitoksilla yhtiöiden omien taulukoiden ja käytäntöjen mukaan. Ne voivat esimerkiksi perustua standardeista otettuihin määritelmiin tai kuvauksiin. On myös mahdollista luoda omia määritelmiä ja luokitteluja, jotka pohjautuvat pelkästään sovittuihin ja tärkeiksi katsottuihin kriteereihin.

3.5.2 Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA)

Vika- ja vaikutusanalyysi, josta käytetään sekä suomenkielistä VVA-lyhennettä että englanninkielistä FMEA-lyhennettä, on tyypillisesti taulukko, jossa on listattu kohteen tai laitteen toiminto, vika, vioittumistapa ja vikojen vaikutukset. (Tweeddale 2003: 468).

Vian syyt ovat aina selvitettävissä, ja vioittumistapoja analysoimalla voidaan vikaantumisen ennaltaehkäisy ja korjauksen suunnittelu tehdä ennen vian syntyä. Parhaiten

analyysi ja vioittumistapojen määrittely onnistuu, kun listataan kaikki mahdolliset toiminnalliset vikaantumismahdollisuudet ja sen jälkeen selvitetään, mikä voi aiheuttaa toiminnallisen vikaantumisen. (Järviö 2000: 30.)

Vian vaikutukset ja vian seuraukset eivät ole sama asia. Vaikutukset ilmaisevat, mitä vikaantumisen syntyessä tapahtuu. Seuraukset taas ilmaisevat vian merkitystä esimerkiksi tuotannon jatkuvuudelle. (Järviö 2000: 38, 44.)

VVA toimii parhaiten, kun sen laatimiseen osallistuu useita ihmisiä, joilla on kokemusta kohteen laitteiden toiminnasta. Lisäksi, kun analysoidaan monimutkaista järjestelmää, jossa on monia laitteita ja niiden kytkentöjä sekä useita toimintoja, VVA on hyödyllinen, mutta ei aina riittävä analysointimenetelmä. (Tweeddale 2003: 468).

3.5.3 Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi (VVKA)

Vika-, vaikutusanalyysi- ja kriittisyysanalyysi, joka voidaan lyhentää sekä suomen kielestä VVKA:ksi tai englannin kielestä FMEA:ksi, on laajennettu VVA-taulukko. Siinä on listattu kohteen tai laitteen vikaantumisen syy ja sen seuraukset sekä arvioitu vioittumistavan kriittisyys ja vian esiintymistodennäköisyys (Tweeddale 2003: 468).

VVKA sopii parhaiten käyttöön, kun tarkastellaan vian kriittisyyttä vain muutaman tekijän aiheuttamana esimerkiksi kriittisyysmatriisin avulla. Kun halutaan huomioida useita riskejä kuten ympäristö-, turvallisuus-, tuotannonmenetykset- ja korjauskustannusriskit, tarvitaan yleensä laajempi selvitys esimerkiksi oma kriittisyysanalyysi taulukkomuodossa. (Tweeddale 2003: 468.)

4 Työn toteutus

Insinööriyö päätettiin aloittaa perehtymällä hiililuolan sekä rikinpoistolaitoksen toimintaan. Lisäksi rikinpoistolaitoksen ja hiililuolan komponenteille päätettiin tehdä kriittisyysluokittelu. Näin saatiin myös rajattua kunnossapitosuunnitelmissa tarkasteltavien laitteiden määrää. Vioille ei tehdä kriittisyysluokittelua.

Luokittelujen pohjalta kriittisimpiä laitteita tutkittiin tarkemmin ja niiden kunnostushistoriaan ja nykytilaa selvitettiin. Tulokset kirjattiin Excel-taulukoihin.

4.1 Tiedonhankinta

4.1.1 Helen Oy:n asiantuntijat

Helenin lämpölaitoksille on jo useiden vuosien ajan käytetty VVA-työkalua laitosten kriittisyyden ja vikojen vaikutusten etsimiseen. Lämpölaitosten VVA-taulukko oli perustunut alun perin RCM-strategiaan, mutta se todettiin lopulta Helen Oy:n voimalaitosympäristöön liian raskaaksi. (Örn 2017).

Lämpölaitosten koneille tehty analyysi, joka noudattelee RCM:n periaatteita, on kulkenut tietokannassa VVA:n nimellä, vaikka todellisuudessa se vastaa enemmän VVKA:ta, koska selvityksessä viat ovat myös saaneet kriittisyysluokan. Kriittisyyttä ei ole luokittelussa tutkittu vikaantumishistorian avulla, eivätkä eri vikaantumisriskit ole saaneet eri painoarvoja. Viat on analyysissa jaettu A–D-luokkiin asetettujen määritelmien mukaan. Määritelmät ovat pohjautuneet standardiin. (Örn 2017.)

Lisäksi kriittisyysluokittelussa ei ole otettu huomioon taloudellisia riskejä, koska Helen Oy:n lämpölaitokset ovat eri puolilla Helsinkiä. Tuotannonmenetyksen arvioimiseksi olisi analyysissa pitänyt huomioida sekä sään aikaansaamat vaikutukset koko kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkon käytön tarpeeseen että kaukolämpö ja kaukojäähdytyksen eri tuotantotapojen taloudellisuus laitoksilla. (Örn 2017.)

Toinen apuna ollut Helen Oy:ssä aikaisemmin tehty selvitys oli kriittisyysluokittelu Salmisaaren voimalaitoksen pyöriville laitteille ja niiden osille. Kriittisyysluokittelussa tutkit-

tiin kunnossapitokustannuksia, tuotannonmenetystä sekä pyörivän laitteen rahallista arvoa. Summat laskettiin yhteen. Määrityksessä oli myös useita rikinpoiston ja hiililuolan laitteita. Luokittelua käytettiin apuna tuotannonmenetyksen arvioimiseen kriittisyysluokittelua tehdessä.

Hiililuolan ja turbiinin kunnossapitosuunnittelijat ovat myös keränneet Salmisaaren hiililuolan ja turbiinin tärkeimpien laitteiden kunnostuksia Excel-taulukoihin. Näitä taulukoita käytettiin myös malleina ja apuna tiedonhankinnassa.

Lisäksi tietoa analyysien pohjaksi ja kunnossapitosuunnitelmiin hankittiin suorittamalla haastatteluita, vierailemalla laitoksella, osallistumalla kokouksiin sekä käymällä sähköposti- ja puhelinkeskusteluja Helen Oy:n työntekijöiden kanssa.

4.1.2 Vuosihuoltosuunnitelmat

Vuosihuoltosuunnitelmista voitiin kerätä tietoa vuosittain huollettavista kohteista hiililuolassa ja rikinpoistolaitoksella. Vuosihuoltosuunnitelmat on tehty PlaNet ja MS Project -ohjelmilla.

Suunnitelmista 2008–2016 etsittiin vuosittaisia toistuvuuksia sekä harvemmin tapahtuvia, mutta säännöllisiä huoltoja. Tietoja ja kunnossapitosuunnitelmien kommentteja kirjattiin Excel-taulukkoon.

4.1.3 Arttu-kunnossapitojärjestelmä

Laitekohtaisia kunnostus- ja vikakortteja tutkittiin Arttu-kunnossapitojärjestelmästä. Järjestelmästä voitiin kerätä tietoa tyypillisimmistä vikaantumista ja niiden korjauksista. Järjestelmästä löytyivät myös viittaukset mahdollisiin huolto-ohjeisiin sekä niiden viittauksista mahdollisiin toisiin järjestelmiin.

Arttu-ohjelmasta etsittiin myös tehtyjä kunnostuksia ja huolto-ohjeita. Niiden perusteella saatiin tietoa määräaikaishuolloista ja laitteille tehdyistä kunnostuksista.

4.2 Kriittisyysluokittelun tekeminen

Helen Oy:ssä on tehty viime vuosina useita kriittisyysluokitteluja ja vikaantumisselvityksiä. Ne kaikki poikkeavat hieman toisistaan, eikä yhteistä käytäntöä ole. Vuoden 2017 aikana Helen Oy:n voimalaitoksilla on päätetty ottaa kokonaisvaltaisesti käyttöön kriittisyysluokittelu, joka tulisi koskemaan kaikkia voimalaitoksen laitteita. Se tulee perustumaan lämpölaitoksilla jo käytössä olleeseen vikojen kriittisyysluokittelu taulukkoon.

Helen Oy:n voimalaitosten laitteiden kriittisyysjakotaulukko ja luokkien selitykset on esitetty taulukossa 4. Taulukolla on ennen määritelty vikojen kriittisyyttä.

Taulukko 4. Helen Oy:ssä käyttöönotettava kriittisyysluokittelu (Mäki 2017).

Kriittinen = A (prosessivaara)	Laitteet, järjestelmät ja komponentit, mitkä voivat aiheuttaa turvallisuusriskin tai merkittävän ympäristön/taloudellisen riskin tai niiden toimintahäiriöstä tai konerikosta voi aiheutua koko tuotantokoneen seisokki (tuotanto seis).
Tärkeä = B (osittainen häiriö)	Laitteen, järjestelmät ja komponentit, mitkä voivat aiheuttaa osittaisen tuotantoprosessin (esim. kattilan) seisokin johtuen niiden toimintahäiriöstä tai konerikosta sekä pidempään kestävästä häiriöstä. Aiheuttaa koko tuotantolinjan seisokin tai aiheuttaa ympäristöriskin. Tämä koskee myös varalaitteita sekä varajärjestelmiä, jotka voivat vähentää tuotantomäärää tai huonontaa laatua.
Korvattavissa = C	Laitteet, järjestelmät ja komponentit, mitkä voidaan korvata varayksiköllä tai toisella tuotantolinjalla ilman tuotanto- tai laatu tapioita.
Ei kriittinen = D	Laitteet, järjestelmät ja komponentit, mitkä eivät aiheuta ongelmia tuotantoon. Yleisesti apulaitteistot ja -välineet kuuluvat tähän luokkaan.

Pohdittiin, olisiko kriittisyysluokittelun tekeminen pelkästään taulukon 4 pohjalta ollut riittävää. Mutta koska luokitteluun haluttiin ottaa mukaan laajempi tarkastelu varsinkin tuotannonmenetyksen ja kustannusten osalta, todettiin, että laajempi tarkastelu, jossa pohditaan myös turvallisuutta ja ympäristöä, sopisi paremmin hiililuolalle ja rikinpoistolaitokselle. Kriittisyysluokittelu hiililuolalle ja rikinpoistolaitokselle päätettiin toteuttaa Suomen standardisointiyhdistyksen PSK 6800 -standardia apuna käyttäen.

Laatukustannusten arviointi jätettiin pois tarkkailusta, koska hiililuola tai rikinpoistolaitos eivät valmista lopputuotetta, jossa laadulla olisi merkitystä. Yksi näkökulma olisi voinut

olla tarkastella rikinpoistolaitoksen päästöarvoja laadullisena lopputuotteena. Vertailu katsottiin kuitenkin tarpeettomaksi kriittisyysluokittelun kannalta.

Tuotannonmenetyksen painoarvoksi päätettiin määrittää 100. Turvallisuuden painoarvo-kertoimeksi hioutui 20, ympäristön painoarvokertoimeksi asetettiin 10, ja korjauskustan-nusten painoarvokertoimeksi laitettiin 40. Riskien arvot määriteltiin liitteen 1 taulukon mu-kaan. Luvussa 3.5.1 esitettiin kaavat 1,2,3,4 ja 6. Niiden avulla laskettiin kriittisyysindeksi ja osaindeksit.

Insinööriyössä tehdyn kriittisyysluokittelun ulkopuolelle jätettiin lvi-, sähkö- ja automaa-tioon kuuluvat komponentit. Rikinpoistolaitoksen ja hiililuolan tarkasteltavat komponentit valittiin edellisvuosien vuosihuoltosuunnitelmien ja prosessikaavioiden avulla.

Tulokset jaettiin neljään luokkaan A:sta D:hen. Lisäksi rajausta noudattelee Helen Oy:ssä käyttöön otettavaa jakoa A–D-luokkiin, niin että A-luokassa ovat kaikkein kriittisimmät laitteet ja luokassa D laitteet, jotka eivät ole kriittisiä.

4.2.1 Hiililuolan kriittisyysluokittelu

Hiililuolan toimintavarmuutta voidaan tarkastella yksinkertaistettuna, niin että laitteet, jotka sijaitsevat ennen hiilisiiloja satamassa ja C1-luolassa, ovat vähemmän kriittisiä kuin C2-luolan ja nostinjärjestelmän laitteet sekä kuljettimet voimalaitoksille.

Jaon voidaan katsoa perustuvan siihen, että hiilisiiloihin voidaan varastoida usean päi-vän polttoainetarve, ja niitä on neljä kappaletta. Tietenkään rajausta ei ole näin yksinker-tainen ja tarkemmassa tarkastelussa täytyisi ottaa huomioon esimerkiksi kustannukset, joita koituu, jos sovittua hiilikuormaan ei voitaisi purkaa Tammasaaren satamassa. Täl-laisessa tapauksessa laivat purkavat hiilikuormansa esimerkiksi Hanasaaren voimalai-tosalueelle, mutta järjestely nostaa Helen Oy:n kustannuksia.

Hiilenkulku voimalaitokselle C2-luolassa ja hiilenkuljettimilla tapahtuu yhtä linjaa pitkin. Jos hiiltä ei saada hihnalle siilojen alta tai kuljettimessa on vika, pysähtyy hiilenkulku satamasta voimalaitokselle. Tällöin Salmisaaressa poltettaisiin päiväsiilojen varastoja ja pidemmässä hiilenkulun seisauksessa hiiltä tuotaisiin laitokselle rekoilla Hanasaaresta.

Koska hiililuola on oma suljettu ympäristönsä, eikä siellä ole normaalisti ihmisiä tai liikennettä, voitiin turvallisuus- ja ympäristöriskit asettaa siellä vähäisiksi. Maanpinnalla sijaitseville kuljettimille asetettiin hieman suurempi ympäristöriski kuin luolaston kuljettimille.

Lisäksi A-laitoksen kuljettimet ja siilot eivät ole yhtä kriittisiä kuin B-laitoksen, koska A-laitoksella tuotetaan vain lämpöä ja sen tuotannon korvaaminen toisella lämpölaitoksella onnistuu helposti. Talvella 2016–2017 A-laitoksen käyttö on ollutkin hyvin vähäistä. Sen seurauksena kuljettimen käyttö on ollut sitäkin vähäisempää, koska niiden tarvitsee toimia vain kun hiiltä kuljetetaan A-laitokselle käyttösiiloihin.

Luokittelua varten tutustuttiin hiililuolan toimintaan paikan päällä ja teoriassa ja luokittelu tehtiin polttoainemestarin opastuksella. Tarkasteltavia laitteita hiililuolassa oli yhteensä 54. Kriittisyyden rajat päätettiin asettaa niin, että kriittisyysindeksien keskiarvon ylittyessä laite kuului B-luokkaan. Kahdenkertaisen keskiarvon ylittyessä laite kuului A-luokkaan. Keskiarvoa pienemmät kriittisyysindeksin tulokset kuuluivat luokkaan C ja D. Hiililuolan kriittisyysluokittelun taulukot ovat esitetty liitteessä 2.

4.2.2 Rikinpoistolaitoksen kriittisyysluokittelu

Luokittelu tehtiin yhdessä rikinpoistolaitoksen hyvin tunnevan Helen Oy:n työnjohtajan kanssa. Ennen työn aloitusta tutustuttiin rikinpoistolaitoksen toimintaan teoriassa ja käytännössä.

Salmisaaren rikinpoistolaitoksella tehtiin myös tiukempaa rajausta kriittisyystarkasteluun valittavista laitteista kuin hiililuolassa. Laitteet valittiin edellisvuosien vuosihuoltosuunnitelmista sekä laitteiden osien tuntemuksen perusteella. Osa venttiileistä tiedettiin valmiiksi jo hieman kriittisiksi, ja ne otettiin tarkasteluun. Kaikkien venttiilien mukaan ottamista luokitteluun ei kuitenkaan pidetty tarpeellisina, koska tiedettiin, että useilla venttiileillä on vähäisemmät merkitykset prosessille. Joidenkin koneiden osia avattiin omiksi tarkastelukohteikseen. Esimerkiksi kalkinsammuttimien lokeroannostelijat ja ruuvikuljetin jaettiin omiksi kohteikseen, eikä kalkinsammuttimille tehty omaa kriittisyystarkastelua.

Laitteet, joita on useampi kuin kaksi, niputettiin tarkastelussa yhdeksi kohteeksi, mutta esimerkiksi molemmat reaktorit ja letkusuodattimet tarkastettiin itsenäisesti, vaikka niiden toiminnassa ei ole ollut vaihtelua. Samanlaista jakoa tehtiin esimerkiksi siilojen sekoittimien kanssa.

Rajat asetettiin, niin että A-luokkaan kuuluvat kaikki komponentit, joiden arvo ylitti 1130. B-luokkiin kuuluvat kaikki komponentit, joiden kriittisyysindeksein arvo oli 500 tai sitä suurempi. Arvoa 500 pienemmät laitteet kuuluivat C-luokkaan, ja jos arvo oli 0, laite kuului D-luokkaan. Kriittisyystaulukot rikinpoistolaitokselle ovat esitelty liitteessä 3. Rajojen arvot asetettiin niin, että kriittisydentulokset voitiin rinnastaa Helen Oy:ssä käyttöön otettavaan jakoon A–D-luokkiin.

4.3 SaHi:n ja SaRi:n kunnostushistoriat

Vuosihuoltosuunnitelmista ja Arttu-kunnossapitojärjestelmästä kerätty tieto laitteille tehdystä kunnostuksista kirjattiin Excel-taulukkoon. Taulukkoon lisättiin myös kriittisyysluokittelun tulokset sekä kunnostuväli, jos se oli tiedossa. Taulukkoon lisättiin myös työmääräimen numero. Esimerkkiote taulukosta ovat esitetty liitteessä 4 (hiililuola). Lisäksi taulukoihin lisättiin myös kriittisyysluokittelujen tuloksena saatu A–D-luokka. Insinööri työssä keskityttiin kunnostushistorian keräämiseen taulukkoon ja ajankäytön kannalta siihen kuluikin suurin osa ajasta.

Kriittisyysluokittelun perusteella keskityttiin erityisesti A- ja B-luokkiin, ja niiden laitteille olikin tehty eniten kunnostuksia. Historian perusteella taulukkoon lisättiin myös tulevia kunnostuskohteita. Excel-taulukosta voidaan saada selville, mitkä kunnossapidon puhdistukset ja huollot on tehty vuosittain, ja sen avulla voidaan suunnitella historiatietoon nojaten kunnostussuunnitelmia. Luokkien C ja D laitteilla voitaisiin tulevaisuudessa todennäköisesti keskittää myös vähemmän kunnossapitoa.

5 Tulokset

Tuloksissa on käsitelty kriittisyysluokittelun onnistumista ja sen tulosten merkitystä. Lisäksi tässä luvussa on sanallisesti esitetty liitteessä 3 esimerkkinä olleen taulukon tietoja ja pohdittu tulevaisuuden kunnossapitotoimenpiteitä. Suunnitellut kunnossapidon toimet keskittyvät lähinnä seuraavien vuosien vuosihuoltoihin ja pohjautuvat edellisvuosina tehtyihin töihin tai havaittuihin säännönmukaisuuksiin. Vuoden 2017 vuosihuolto on suunniteltu talvella 2016–2017, ja se toteutetaan edellisvuosien tapaan.

Muutoksia vuosihuoltotaajuuksiin on suunniteltu vuosille 2018–2025. Toisaalta vuoden 2018 vuosihuollon aikana tapahtuu tulistimien uusimisen Salmisaaren B-laitoksen kattilassa. Tulistimien uusimisprojektin aikataulun takia vuoden 2018 seikoksi tulee olemaan tavallista pidempi koko laitoksella. Myös hiililuolalle ja rikinpoistolaitokselle voitaisiin kohdistaa ajallisesti laajat kunnossapitotoimet 2018 vuosihuollossa. Tällöin kunnossapitotaajuuksia harvennettaisiin vasta vuoden 2019 vuosihuoltoon.

5.1 Hiililuola

SaHi:n kunnossapidon suunnittelun voidaan katsoa olevan jopa hyvin suoraviivaista. Keskeisimmät komponentit ovat hihnakuljettimia, joiden vikaantuminen johtuu yleensä mekaanisesta kulumisesta tai vauriosta. Koska hiilisiiloissa on usean päivän polttoainetarve varastoituna, voidaan myös SaHi:n osiin satamassa ja C1-luolassa kohdistaa vähemmän kunnossapitoresursseja kuin C2-luolan laitteille. Esimerkiksi kalliosiilojen ja niiden sisällä olevien laitteiden kunnostus ei välttämättä ole kiireellistä. (Peltonen 2017.)

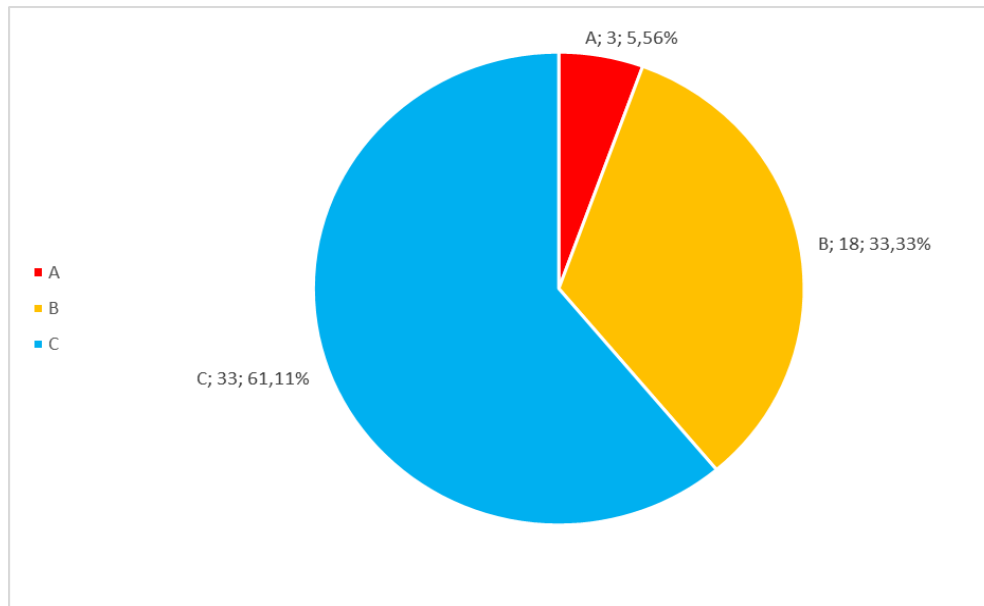
Hihnakuljettimien kuntoa pitäisi seurata säännöllisesti, ja rullia vaihtaa tarvittaessa. Rullien kuntoa valvotaan esimerkiksi lämpökameroilla, jotka ilmaisevat kitkan aiheuttaman lämmön, sekä ihmisaistein. Kuljettimen kuminen hihna voi myös katketa yllättäen, jos hiilen mukana linjastolle kulkeutuu vieras esine. Odottamattomaan vikaantumiseen ei voida aina varautua. Parhaassa tapauksessa hihna voi kestää kuitenkin jopa kymmeniä vuosia. Lopulta aika kuitenkin heikentää kumisen hihnan elastisia ominaisuuksia ja vaihto täytyy tehdä. Odottamaton hihnan vikaantuminen voi aiheuttaa noin viikon mittaisen hiilen syötön pysähdyksen. Lisäksi hihnakuljettimien veto- ja taittorumpuja joudutaan vaihtamaan muutaman vuoden välein. (Peltonen 2017.)

On tärkeää, että sovituista viikoittaisista tarkastuksista hiililuolassa huolehditaan. Niitä tulisi tehdä kaikille kuljettimille, pystynostimelle ja ripekuljettimelle. Tarkastuskohteiden omat tarkastusohjeet löytyvät Arttu-kunnossapitojärjestelmästä. Sovituista mekaanisista tarkastuksista olisi huolehdittava riittävästi, eikä joustoa tarkkuudessa saisi tapahtua. Esimerkiksi vuosihuollossa kaikki kuljettimien pyörät tulisi huolto-ohjeen mukaan pyörittää ja tarkastaa. Kuitenkin on havaittu, ettei kaikkia pyöriä ole tarkastettu tällä tavoin vuosihuollossa. Kunnossapidon merkitystä täytyisi pohtia uudelleen, jos havaitaan, etteivät resurssit ole riittävät tai tarve ole suuri. (Peltonen 2017.)

Lisäksi kaikille laitteita mekaanisesti tarkastaville käyttäjille tulisi antaa yhteinen koulutus, jossa käytäisiin läpi laitteiden kulumisen aiheuttamia oireita ja asetettaisiin yhteiset rajat sallitulle mekaaniselle kulutukselle. On huomattu, että esimerkiksi kuluneita kuljettimien kaaveraita ei ole vaihdettu aina riittävän usein, koska huollontekijät ovat saattaneet määrittellä kuluneen osan vielä hyväksi perustuen omaan kokemukseensa. Olisi tärkeää saada käyttäjille ohjeet, joiden perusteella he voisivat havaita sallitut Helen Oy:n asettamat kulumisen rajat.

5.1.1 Kriittisyysjakauma

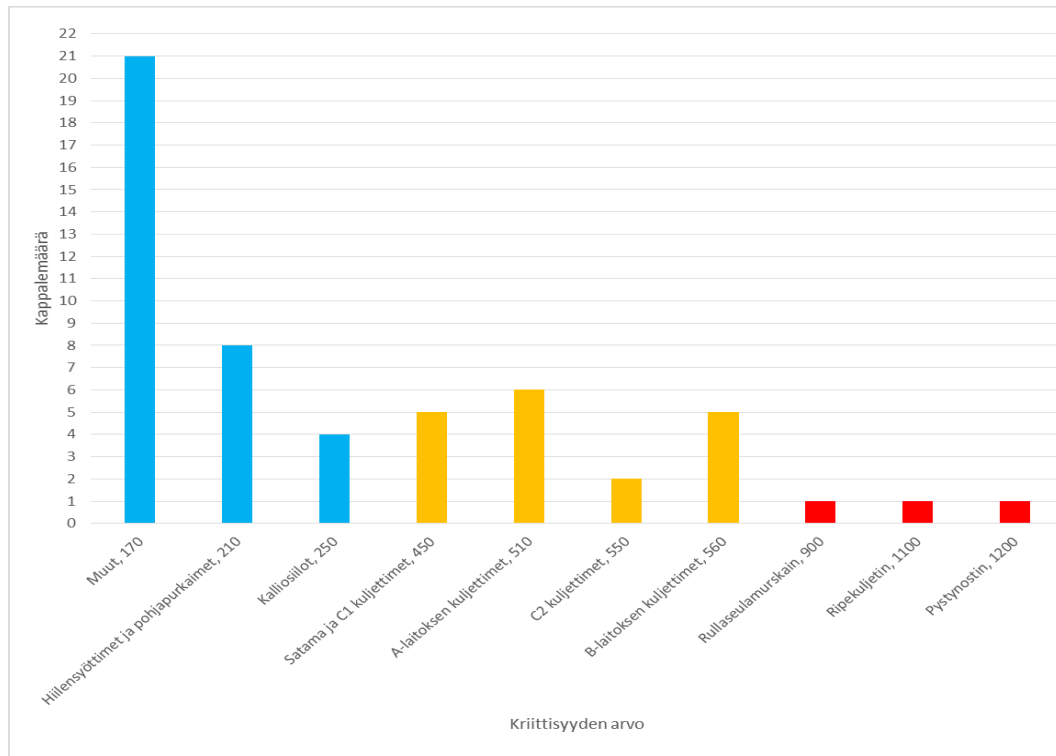
Kuvassa 8 on esitetty, miten hiililuolan laitteiden kriittisyysindeksi jakautui ympyrädiagrammin avulla. Kuvasta ilmenee luokkien laitteiden määrä luokassa sekä luokan prosentuaalinen määrä.



Kuva 8. Hiililuolan kriittiset laitteet.

Kuvasta 8 huomataan, että hiililuolassa C-luokkaan kuuluu suurin osa laitteista. A ja B -luokat muodostavat yhdessä noin 40 prosentin osuuden laitteista ja kaikkein kriittisempään A-luokkaan kuuluu vain 3 laitetta 54:stä. Tulokset vahvistavat kuitenkin yleistä RCM:n käsitystä siitä, että suurin osa laitteista ei saavuta tuotannonyksikössä kriittisyyden rajaa.

Kuvassa 9 on esitetty hiililuolan kriittisyyslukittelun tuloksia. Yhteensä tuloksena saatiin 10 eri kriittisyydenarvoa, joista suurin arvo oli 1200 ja pienin oli 170. Kuvassa on myös esitetty luokissa olevien laitteiden määrä.



Kuva 9. Hiililuolan kriittisyyden arvot ja kappalemäärät.

Kriittisyysluokittelun alin mahdollinen pistemäärä oli 170 ja sen sai luokittelussa 21 laitetta. Yleisesti myös luokkajako A–B ja B–C oli selkeästi erotettavissa. Kriittisyysluokittelu kriittisyysindeksin mukaan suurimmasta pienimpään on esitetty liitteessä 4.

Kuvasta 9 havaitaan myös, että hiililuolan kriittisimmät laitteet olivat pystynostin, ripekuljetin, rullaseulamurskain ja kuljettimet voimalaitoksille sekä kuljettimet C2-luolassa. Pystynostin, ripekuljetin ja rullaseulamurskain saivat huomattavasti suuremman kriittisyysindeksin verrattuna muihin laitteisiin, koska ne ovat hiililuolan ainoita laitteita, jotka ovat osoittaneet säännöllistä vikaoireilua viimeisen vuoden aikana. Lisäksi pystynostimen tai ripekuljettimen vikaantuminen voi aiheuttaa useiden kuukausien seisauksen hiilen kuljeksessa hiililuolassa.

Kuvasta huomataan myös, että kuljettimen sijainnilla on merkitystä niiden kriittisyydelle. B-laitokselle ja C2-luolassa olevat kuljettimet saivat suuremman kriittisyysindeksin arvon kuin A-laitoksen, sataman ja C1-luolan kuljettimet. Kuljettimen vikaantuminen voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa noin viikon pituisen hiilen syötön pysäytyksen.

Huomattavaa on, että polttoainesyötön toimivuuden kannalta D-luokkaan ei luokittelussa sijoittunut yhtäkään laitetta. Tämä johtui kriittisyysluokitteluun tarkasteluun otettavien laitteiden rajauksesta sekä myös asetetuista kriittisyysrajoista. Havaittiin, etteivät hiililuolan laitteet kohdanneet Helen Oy:ssä käyttöönotettavan kriittisyysluokittelun D-luokan määrittäjiä, jotka oli esitetty taulukossa 4. Täten kriittisyysraajat asetettiin vain luokkien A–C välillä.

5.1.2 Satama

Pudotusputken ja näytteenottolaitteiston toiminta on tarkastettu vuosittain. Näiden laitteiden odotetaan toimivan hyvin tulevaisuudessa. Sataman hiilisuppiloita on parannettu tekemällä niihin pinnoite vuonna 2011. Hihnat syöttimille 1 ja 3 on vaihdettu vuonna 2008 sekä syöttimille 2 ja 4 vuonna 2005 (Peltonen 2017). Viime vuosihuolloissa on tehty vuosittain seuraavat kunnossapidon toimenpiteet:

- hiilensyöttimen 1, 2, 3 ja 4 huolto
- hihnakuuljettimen SA0PA10 ja SA0PA20 huolto
- metallinerotuskuljettimen huolto
- lankunerottimen huolto
- sataman metallirakenteiden korjaus
- pölynpoiston imuputkiston tarkastus.

Hiilensyöttimet saivat luokittelussa määritelmän C eli korvattavissa. Niiden osalta voitaisiin pohtia, onko hiilensyöttimien jokavuotinen kunnostus tarpeellista. Edellisvuosina niiden osat eivät ole huollon aikana tehdyissä tarkastuksissa osoittaneet suurta kunnostustarvetta. Tällä hetkellä niiden suppilot kuitenkin ovat lommolla ja tarvitsevat perusteellisempaa huoltoa lähivuosina. Vuodelle 2017 oli suunniteltu kaikkien suppiloiden pinnoitus, joka kuitenkin siirtyi seuraavalle kaudelle. Kunnostuksen jälkeen voitaisiin harkita, että hiilensyöttimet huollettaisiin vain joka toinen vuosi ja vuorovuosin. Taulukossa 5 on esitetty ote suunnitellusta kunnossapidosta vuosille 2017–2025.

Taulukko 5. Kunnossapidon kohteet satamassa vuosina 2016–2025.

Nimi	Laite	Kriittisyys	Suositteltu huolto- ja kunnostusväli	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
SATAMA													
HIILENSYÖTIN 1 (suppilovaunu)	Vaunu	C	1-2	x	x	x+		x		x		x	
HIILENSYÖTIN 2 (suppilovaunu)	Vaunu	C	1-2	x	x	x+	x		x		x		x
HIILENSYÖTIN 3 (suppilovaunu)	Vaunu	C	1-2	x	x	x+		x		x		x	
HIILENSYÖTIN 4 (suppilovaunu)	Vaunu	C	1-2	x	x	x+	x		x		x		x
HIHNAKULJETIN SA0PA10 Iaituri	Kuljetin	B	1	x v k	v x	x	x	x	x	x	x	x	x
HIHNAKULJETIN SA0PA20 Iaituri pystykuilu	Kuljetin	B	1	x v	x	x	x	x	x	x	x	x	x
METALLINEROTUSKULJETIN	Kuljetin	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
LANKUNEROTIN	Erotin	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SATAMAN METALLIRAKENTEIDEN KORJAUS			1	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
PÖLYNPOISTON IMUPUTKISTO	Putkisto	C	1	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t

Muiden sataman laitteiden osalta tulevaisuudessa jatkettaisiin edellisvuosien mukaisesti huoltoja ja tarkastuksia. Taulukosta on rajattu pois kunnostushistoria vuosilta 2000–2015.

5.1.3 C1-luola

Rullamurskan viimeaikainen vikaoireilu on ollut hihnan löystymistä. Sitä korjataan hihnan kiristyksellä. Vikaoireilun takia rullaseulamurska sai korkean kriittisyysindeksin luokittelussa. Rullaseula olikin C1-luolan ainoa C-luokkaa suuremman luokituksen saanut laite.

Keväällä 2017 on havaittu ongelmia siilotykkien kanssa. Sovittuja käytönaikaisia tarkastuksia ei ole pystytty tekemään riittävän usein. Tykkien toimimattomuus on aiheuttanut lievää holvaantumista hiilisiiloissa. Lisäksi toimimaton siilotykki saattaa päästää paineilmaa purkautumaan hiilen sekaan, mikä lisää kytövaaran riskiä siilossa. (Lappalainen 2017). Siilotykkit on tarkastettu vuosittain vuosihuollossa. Viime vuosihuolloissa C1-luolassa on tehty vuosittain seuraavat kunnossapidon toimenpiteet:

- kuljetin SA0PC01D100 huolto
- näytteenottolaitteiston huolto
- rullaseulamurskainen huolto
- ohisyöttökuilun huolto
- kalliosiilo 1, 2, 3, 4 huolto
- siilotykkit 1, 2,3 4 tarkastus.

Kalliosiihotkin saivat luokittelussa C-luokan kriittisyyden. Niiden vuosihoolto on ollut edellisvuosina myös hyvin maltillista ja tarkastuksissa on todettu niiden mekaanisten laitteiden olleen kunnossa. Kuitenkin satunnaisina vuosina on havaittu laakeririkkoja, jotka ovat aiheuttaneet suuremman kunnossapidontyön. Kuitenkin, koska laakereiden vikaantumisen tiedetään olevan satunnaista ja vikaantumista on vaikea arvioida aika-akselilla, voitaisiin tulevaisuudessa myös jaksoittaan siilojen vuosihoollot (Järviö & Lehtiö 2012: 77). Kunnostukset tehtäisiin joka toinen vuosi ja havaittujen tarpeiden perusteella. Taulukossa 6 on esitetty suunnitelma kunnossapidolle C1-luolassa vuoteen 2025 asti.

Taulukko 6. Kunnossapidon kohteet C1-luolassa vuosina 2016–2025.

Nimi	Laite	Kriittisyys	Suosittelun huolto- ja kunnostusväli	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
C1-LUOLA													
OPC01 KULJETIN	Kuljetin	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
NÄYTTEENOTTOLAITTEISTO	Näytteenotto	C	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PUDOTUSPUTKEN MAHDOLLISET KORJAUSTYÖT		C											
RULLASEULAMURSKAIN	Murskain	A	1	xv	x	x	x	x	x	x	x	x	x
C-1 LUOLAN OHISYÖTTÖKUILU	Kuilu	C	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
KALLIOSIILO 1	Siilo	C	1-2	x	x	x		x		x		x	
KALLIOSIILO 2	Siilo	C	1-2	x	x		x		x		x		x
KALLIOSIILO 3	Siilo	C	1-2	x	x	x		x		x		x	
KALLIOSIILO 4	Siilo	C	1-2	x	x		x		x		x		x
HIILISIILO 1 SIILOTYKKI	Siilotykki	C	1-2	t	t	t	t		t		t		t
HIILISIILO 2 SIILOTYKKI	Siilotykki	C	1-2	t	t			t		t		t	
HIILISIILO 3 SIILOTYKKI	Siilotykki	C	1-2	t	t	t	t		t		t		t
HIILISIILO 4 SIILOTYKKI	Siilotykki	C	1-2	t	t			t		t		t	

Siilotykkien huollot ajoitettaisiin samaan sykliin siilojen kanssa. Niiden keväällä 2017 havaittujen ongelmien aiheuttaja on todennäköisesti saatu ensi vuoteen mennessä korjattua. Muiden C1-luolan laitteiden osalta tulevaisuudessa jatkettaisiin edellisvuosien mukaisesti huoltoja ja tarkastuksia. Taulukosta on rajattu pois kunnostushistoria vuosilta 2000–2015.

5.1.4 C2-luola

Pohjapurkaimet siiloissa 1 ja 3 saivat laajan perushuollon vuonna 2011 ja siilojen 2 sekä 4 pohjapurkaimet vuonna 2012. Viime vuosihoulloissa on tehty vuosittain seuraavat kunnossapidon toimenpiteet:

- kalliosiihon pohjapurkaimen 1, 2, 3 ja 4 huolto
- kuljetin SA0PC02D100 ja SA0PC50D100 huolto.

Taulukossa 7 on esitetty suunnitelma kunnossapidolle C2-luolassa vuoteen 2025 asti. Taulukosta on rajattu pois kunnostushistoria vuosilta 2000–2015.

Taulukko 7. Kunnossapidon kohteet C2-luolassa vuosina 2016–2025.

Nimi	Laite	Kriittisyys	Suosittelun huolto- ja kunnostusväli	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
C2-LUOLA													
Kalliosiiilo 1 POHJAPURKAIN	Pohjapurkain	C	1-2	x	x	x		x		x		x	
Kalliosiiilo 2 POHJAPURKAIN	Pohjapurkain	C	1-2	x	x		x		x		x		x
Kalliosiiilo 3 POHJAPURKAIN	Pohjapurkain	C	1-2	x	x	x		x		x		x	
Kalliosiiilo 4 POHJAPURKAIN	Pohjapurkain	C	1-2	x	x		x		x		x		x
OPC02 HIHNAKULJETIN kalliosiiiloilta	Kuljetin	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
OPC50 HIHNAKULJETIN pystykuljettimelle	Kuljetin	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Kalliosiiilojen pohjapurkaimia huollettaisiin samalla kierrolla kuin silloja eli kahden vuoden välein ja vuorovuosin, ja niin että vuonna 2018 kierto aloitettaisiin silloista 1 ja 3. Hihnakuljettimia huollettaisiin joka vuosihuollossa.

5.1.5 Pystynostin järjestelmä

Vuosihuollossa 2016 tehtiin ripekuljettimelle suuri useiden viikkojen huolto. Tämä ripekuljettimen peruskunnostus tulisi tapahtua noin kuuden vuoden välein. Pystynostimelle tehdään vuosihuollossa 2017 laaja kunnossapito. Edellistä laajasta korjauksesta on kulunut seitsemän vuotta tuotteen valmistajan suositellessa viiden vuoden välein tapahtuvaa korjausta. Nostimen tämänhetkisestä kunnosta ja vikaoireilusta voidaan päätellä, että seitsemän vuotta on ehdoton maksimi kunnostusväli, jos hiilenkäyttö Salmisaareissa pysyy samalla vuositasolla kuin kuluneina vuosina. (Peltonen 2017.)

Pystynostin on oireillutkin edellisen vuoden aikana paljon, ja sen tyypillinen vika on hihnan kulumista. Viime vuosina vaihdelaatikko on uusittu vuosittain ja sivuohjausrullia on täytynyt myös vaihtaa vuosittain. Viime vuosihuolloissa on tehty vuosittain seuraavat kunnossapidon toimenpiteet:

- pystynostin eli Pocketlift-kuljetin SA0PC60D101 huolto (6-7 vuoden välein peruskorjaus)
- ripekuljettimen huolto (6 vuoden välein peruskorjaus)
- pystykuljettimen pölynpuhallin ala- ja yläosa huolto.

Taulukossa 8 on esitetty suunnitelma pystynostinjärjestelmän kunnossapidolle vuoteen 2025 asti. Taulukosta on rajattu pois kunnostushistoria vuosilta 2000–2015.

Taulukko 8. Kunnossapidon kohteet pystynostinjärjestelmässä vuosina 2016–2025.

Nimi	Laite	Kriittisyys	Suosittelun huolto- ja kunnostusväli	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
PYSTYNOSTINJÄRJESTELMÄ													
OPC60 KULJETIN Pystynostin	Kuljetin	A	1, 6-7	x v	x+	x	x	x	x	x	x+	x	x
RIPEKULJETIN	Kuljetin	A	1, 6	x+	x	x	x	x	x	x+	x	x	x
PYSTYNOSTIMEN PÖLYNPOISTO/ Pölynpuhalli	Pölynpoisto	C	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PYSTYNOSTIMEN PÖLYNPOISTO/ Pölynpuhalli	Pölynpoisto	C	1	x v	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Pystynostimelle, ripekuljettimelle ja pystynostimen pölynpoistolle tehtäisiin vuosihuolto edelleen joka vuosi. Vuonna 2022 kunnostettaisiin ripekuljetin perusteellisesti ja pystynostin peruskunnostettaisiin seuraavan kerran vuonna 2023.

5.1.6 SaB:n hiilenkuljettimet

Salmisaaren B-laitokselle johtaville kuljettimille on viime vuosihuolloissa tehty seuraavat kunnossapidon toimenpiteet:

- kuljettimen SA0PC70D100 huolto
- kuljettimen SA1PB10D100 huolto
- kuljettimen SA1PB20D100 huolto
- kuljettimen SA1PB30D00 huolto
- kuljettimen SA1PB40D001 huolto.

Taulukossa 9 on esitetty suunnitelma SaB-laitoksen hiilenkuljettimien kunnossapidolle vuoteen 2025 asti. Taulukosta on rajattu pois historia vuosilta 2000–2015.

Taulukko 9. Kunnossapidon kohteet SaB-kuljetinjärjestelmälle vuosina 2016–2025.

Nimi	Laitte	Kriittisyys	Suosittelun huolto- ja kunnostusväli	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
SaB-HIENKULJETTIMET													
OPC70 HIHNAKULJETIN pystykuilu-murska	Kuljetin	B	1	x v	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1PB10 HIHNAKULJETIN hiilivintissä	Kuljetin	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
OPB20 HIHNAKULJETIN Jakokuljetin hiilenmu	Kuljetin	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
OPB30 HIHNAKULJETIN murskaamolta tuhka	Kuljetin	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
OPB40 HIHNAKULJETIN tuhkasiiolita hiilivin	Kuljetin	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
HIHNAKULJETTIMEN HUOLTO OPB10 (VARASYÖTIN)	Kuljetin	C											
Hiilenkuljetin kentäitä murskaamoon vl.	Kuljetin	C											
Hiilenvarasyötin	Varasyötin	C											

SaB-kuljettimien kunnossapitoa jatkeisiin vuosittain. Rullia ja hihnoja vaihdettaisiin tarvittaessa.

5.1.7 SaA:n hielenkuljettimet

A-laitoksen hielenkuljettimia on viime vuosina huollettu muutaman vuoden välein ja hihnoja vaihdettu tarvittaessa. Hiilen syöttimille 1–8 on tehty vuorovuosin 2011–2013 kunnostukset, joissa hihna, veto- ja taittorummut, tiivistelaatat sekä kannatinrullat ovat vaihdettu. Taulukossa 10 on esitetty kunnossapitosuunnitelma SaA-laitoksen hielenkuljetinjärjestelmälle vuosille 2016–2025. Taulukosta on rajattu pois kunnostushistoria vuosilta 2000–2015.

Taulukko 10. Kunnossapidon kohteet SaA-kuljetinjärjestelmälle vuosina 2016–2025.

Nimi	Laitte	Kriittisyys	Suosittelun huolto- ja kunnostusväli	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
SaA-HIENKULJETTIMET													
HIENKULJETIN	Kuljetin	B	1-2	x		x		x		x		x	
APUKULJETIN	Kuljetin	B	1-2	x		x		x		x		x	
HIENKULJETIN 7PB20D100	Kuljetin	B	1-2	x		x		x		x		x	
HIEN SIIRTO VARASTOSIILOIHIN	Kuljetin	B	1-2	x		x		x		x		x	
HIILENSYÖTIN 1	Hiilensyötin	C											
HIILENSYÖTIN 2	Hiilensyötin	C											
HIILENSYÖTIN 3	Hiilensyötin	C											
HIILENSYÖTIN 4	Hiilensyötin	C											
HIILENSYÖTIN 5	Hiilensyötin	C											
HIILENSYÖTIN 6	Hiilensyötin	C											
HIILENSYÖTIN 7	Hiilensyötin	C											
HIILENSYÖTIN 8	Hiilensyötin	C											
7PB50 HIENKULJETIN	Kuljetin	B	2	x		x		x		x		x	
ELEVAATTORI	Elevaattori	B	2	x		x		x		x		x	

B-kriittisiä laitteita huollettaisiin joka toinen vuosi. Vähemmän kriittisille kohteille ei suoritettaisi kunnossapitoa näin säännöllisesti. SaA-laitos on ollut hyvin vähäisellä käytöllä ja hiilensyöttimien huoltoajankohtaa täytyy harkita SaA-laitoksen ajotuntien mukaan. Hiilensyöttimistä on mitattu pinnan oheneamaan viimeksi 2010, jolloin sitä ei ollut. Uudelleenmittaus voitaisiin suorittaa kuitenkin 2020-luvun alussa.

5.2 Rikinpoistolaitos

Vuosihuollon aikaan kesällä rikinpoistolaitoksella tehdään useita kunnostustehtäviä, mutta myös muina vuodenaikoina saatetaan joutua tekemään kunnostuksia. Rikinpoistolaitoksella on myös päivittäisiä ja viikoittaisia kunnostus- sekä puhdistustarpeita.

5.2.1 Kriittisyysjakauma

Rikinpoistolaitoksen kriittisyysluokittelun tulokset eivät onnistuneet sijoittamaan kaikkia laitteita vastaamaan Helen Oy:ssä käytteenotettavaan sanallista luokittelua. Yhteensä rikinpoistolaitoksella kuusi laitetta 87:stä sai väärän tuloksen eli 6,9 prosenttia. Toisaalta, jos virhe lasketaan ottaen mukaan myös hiililuolan laitteet, joita oli 54 ja jossa tarkastelu onnistui sijoittamaan 100-prosenttisesti laitteet A–D-luokkiin, saadaan virheprosentiksi vain 4,2 prosenttia.

Osa laitteista sai liian suuren arvon sen takia, että ne ovat osoittaneet säännöllistä vikaantumista viime aikoina. Käytetyssä kaavassa kriittisyysindeksin laskemiseksi vikaantumisväli vaikuttaa merkittävästi tulokseen. Laitteille tehdyt kunnostukset ovat kuitenkin olleet maltillisia, eikä kriittisyysluokittelun jakaumaa tutkiessa niiden sijoittamista suuremman kriittisyyden ryhmään pidetty tähdellisenä. Tällaisia laitteita oli kolme, ja ne olivat molempien reaktoreiden pölynlähettimet sekä avovesisäiliö. Pölynlähettimet korjattiin ja kaumassa kuulumaan A-luokan sijaan B-luokkaan ja avovesisäiliö B-luokan sijaan C-luokkaan.

Koska havaittiin, ettei luokittelu onnistunut aivan täydellisesti, ja jos samanlainen luokittelu kriittisyysindeksin perusteella päätettäisiin tehdä muillekin voimalaitoksen laitteille, olisi syytä harkita, voisiko kaavoja tai laskutapaa kehittää. Luokittelua tehdessä laskettiin vertailun vuoksi kriittisyysindeksi ilman vikaantumisväliä kertoimena eli jaettiin saatu indeksi vikaantumisvälillä. Kokeellisesta laskentatavasta huomattiin, että suurimman indeksin saaneiden joukossa olisi paljon eroja. Esimerkiksi vaaka- ja raappakuljettimet eivät nousisi yhtä korkealle luokittelussa, jos vikaantumisväliä ei huomioitaisi. Suurin osa laitteista sai hyvin erilaisia kriittisyysarvoja, eivätkä tulokset asettuneet järkevästi luokkien A–D määrittäisiin. Taulukossa 11 on esitetty erot luokittelun tuloksista kriittisimmille laitteille, jos vikaantumisväliä ei oteta huomioon laskennassa. Taulukossa vasemmalla on esitetty lopulliset tulokset ja oikealla kokeellisen laskentatavan tulokset.

Taulukko 11. Ote kriittisyysjakaumista.

Tunnus	Nimi	K	Luokka	Tunnus	Nimi	K
SAOTT01D100	Vaakaraappakuljetin	2880	A	SAOTR01N100	Letkusuodatin 1	800
SAOTT05D100	Pystyraappakuljetin	2880	A	SAOTR02N100	Letkusuodatin 2	800
SAOTT02D100	Vaakaraappakuljetin	2880	A	SAOTT10B100	Kiertopölysiilo	640
SAOTT06D100	Pystyraappakuljetin	2880	A	SAOTS01B100	Hämähäkit	620
SAOTP01D001	Suutinpumppu	2480	A	SAOTS02B100	Hämähäkit	620
SAOTT11...16B100	Pöylähetin 11-16	2040	A	SAOTP01D001	Suutinpumppu	620
SAOTT21...26B100	Pöylähetin 21-26	2040	A	SAOTP02D001	Suutinpumppu	620
SAOTR01N100	Letkusuodatin 1	1600	A	SAOTR10D100	Savukaasupuhallin	600
SAOTR02N100	Letkusuodatin 2	1600	A	SAOTP00B100	Annostelusäiliö	580
SAOTP02D001	Suutinpumppu	1240	A	SAOTN01S001	Kalkkisiilon sulkupelti 1	560
SAOTR10D100	Savukaasupuhallin	1200	A	SAOTN02S001	Kalkkisiilon sulkupelti 2	560
SAOTP00B100	Annostelusäiliö	1160	A	SAOTS01B100	Reaktori 1	560
SAOTN01S001	Kalkkisiilon sulkupelti 1	1120	B	SAOTS02B100	Reaktori 2	560
SAOTN02S001	Kalkkisiilon sulkupelti 2	1120	B	SAOTR02	Savukaasukanava pellit 5 kpl	500
SAOTS01B100	Reaktori 1	1120	B	SAOTT01D100	Vaakaraappakuljetin	480
SAOTS02B100	Reaktori 2	1120	B	SAOTT05D100	Pystyraappakuljetin	480
SAOTN21D100	Täryseula 1	1080	B	SAOTT02D100	Vaakaraappakuljetin	480
SAOTN22D100	Täryseula 2	1080	B	SAOTT06D100	Pystyraappakuljetin	480

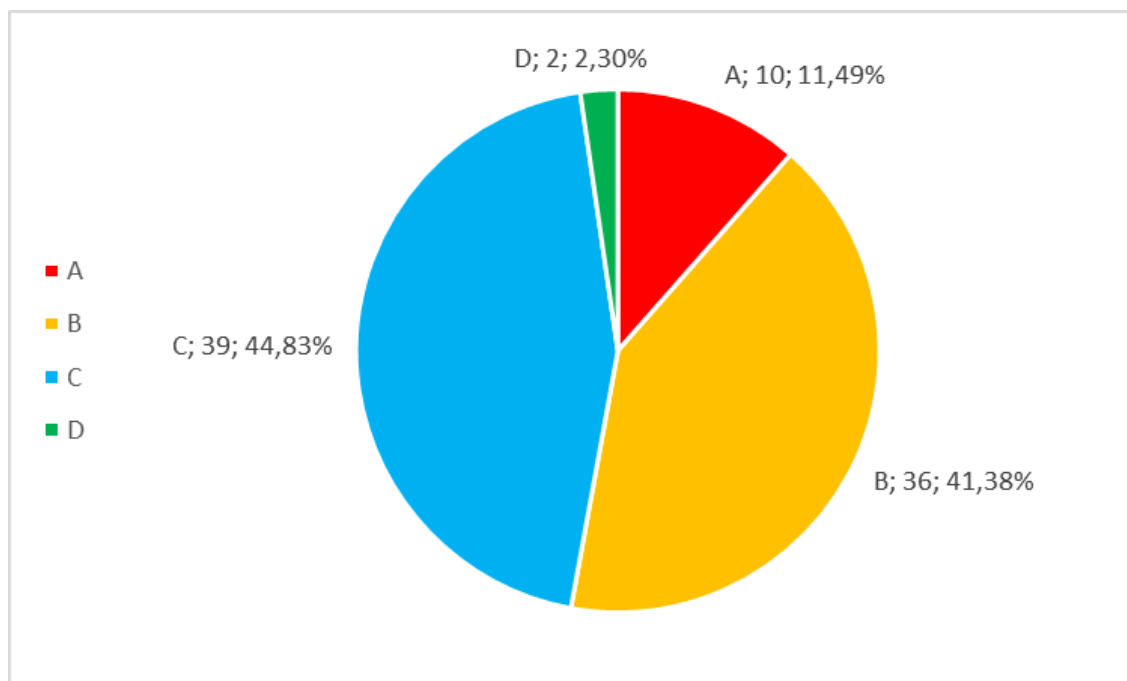
Havaittiinkin, ettei vikaantumisvälin huomiotta jättäminen paranna tuloksia. Voitiin todeta, että luokitteluissa käytetyt kriittisyyskaavat, jotka pohjautuivat standardiin, olivat ainakin osittain riittäviä ja onnistuneita kriittisyysluokittelun tekemiseen.

Toisen puolen osoittavat laitteet, jotka saivat liian pienen luokituksen. Näitä laitteita oli myös kolme ja ne olivat sekoitussäiliön lapasekoitin, poistoilmahuollin 2 lopputuotesiilosta ja annostelusäiliön kiertopumppu. Sekoitussäiliön lapasekoitin, poistoilmahuollin lopputuotesiilosta ja annostelusäiliön kiertopumppu nostettiin C-luokasta B-luokkaan välittämättä kriittisyysindeksin arvosta.

Liitteessä 6 on esitetty rikinpoistolaitoksen kriittisyysluokittelu kriittisyysindeksin mukaan suurimmasta pienimpään. Virheellisen luokituksen saaneet laitteet on korostettu keltaisella liitteissä 3 ja 6.

Kriittisimmät laitteet rikinpoistolaitoksella olivat vaaka- ja pystynostimet, suutinpumput, letkusuodattimet, savukaasupuhallin sekä annostelusäiliö. Suutinpumpun häiriö aiheuttaa välittömästi reaktorin alasajon ja koko tuotannon pysähtymisen. Molempien pumpujen, letkusuodattimien sekä myös reaktoreiden on oltava toiminnassa, jotta rikinpoistolaitos pääsee tavoiteltuun ja vaadittuun erottelukykyyn.

Kuvassa 10 on esitetty, miten rikinpoistolaitoksen laitteiden kriittisyysluokat jakautuivat prosentuaalista. Jakauma on tehty lopullisten korjattujen tulosten perusteella.



Kuva 10. Rikinpoistolaitoksen kriittiset laitteet.

Kuvasta 10 huomataan, että C-luokkaan sijoittuu suurin osa tarkastelussa olleista laitteista eli noin 45 prosenttia. Toiseksi suurin luokka oli B, johon sijoittui vain kolme laitetta vähemmän. A-luokkaan kuului noin 10 prosenttia laitteista. Tulosten voidaan katsoa myötäilevän RCM:n käsitystä siitä, että vain pieni osa laitteista on kaikkein kriittisimpiä.

Huoltosuunnitelmia kootessa huomattiin, että rikinpoistolaitoksen osalta Tako-kortit ovat uusien laitteiden kohdalla puutteelliset, vanhoja ei ole poistuttu ja osa korteista sisältää virheellistä tietoa. Tako-kortit tulisi saada päivitettyä mahdollisimman pian, jotta oikeita varaosia voidaan tilata ja varaosia hallita sujuvasti.

5.2.2 Kalkinvalmistus

Rikinpoistolaitoksen kalkinsammuttimet uusittiin vuonna 2010. Lokeroannostelijat on uusittu vuonna 2012. Kalkkisiilon sulkupellit uusittiin vuonna 2014 ja samana vuonna uusittiin kalkkisiilon alakartio. Viime vuosihuolloissa on tehty vuosittain seuraavat toimenpiteet:

- kalkinsammuttiminen 1 ja 2 pesu ja huolto
- täryseulan 3 ja 4 pesu ja huolto

- varastosäiliön pesu ja huolto
- lokeroannostelijan 1 ja 2 huolto
- kalkinkuljetusruuvin 1 ja 2 huolto
- varastosäiliön sekoittimen 1 ja 2 huolto
- kalkkimaitolinjan pesu.

Taulukossa 12 on esitetty kunnossapitosuunnitelma rikinpoistolaitoksen kalkinsammutusprosessin laitteille vuosille 2016–2025. Taulukosta on rajattu pois kunnostushistoria vuosilta 2000–2015.

Taulukko 12. Kunnossapidon kohteet kalkinsammutuksen laitteille vuosina 2016–2025.

Nimi	Kriittisyys	Suositteluhuolto- ja kunnostusväli	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
KALKINVALMISTUS												
Kalkkisiilo	C											
Kalkkisiilonsulkupelti 1	B											
Kalkkisiilonsulkupelti 2	B											
Lokeroannostelija/sulkusyötin 1	B	2	x v	x	x		x		x		x	
Lokeroannostelija/sulkusyötin 2	B	2	x v	x		x		x		x		x
Sammuttimen ruuvikuljetin 1	B	2	x	x	x		x		x		x	
Sammuttimen ruuvikuljetin 2	B	2	x	x		x		x		x		x
Kalkkimaitolinja 13		1	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p
Kalkinsammutin 1		2	p x	p x	x p	p	x p	p	x p	p	x p	p
Kalkinsammutin 2		2	p x	p x	p	x p	p	x p	p	x p	p	x p
Täryseula 3	C	2	p x	p x	p x	p	p x	p	p x	p	p x	p
Täryseula 4	C	2	p x	p x	p	p x	p	p x	p	p x	p	p x
Kalkin täyttöpötkun tarkastus												
Varastosäiliö	C	1	c x p	p x	p	p x	p	p x	p	p x	p	p x
Sekoittimet (varastosäiliö)	C	2	x	x		x		x		x		x
SARIN RAEPUHALLUKSET JA PINNOITUSTYÖT		1	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c

Koska kalkinsammutuslaitteistossa on kaksi linjaa, voitaisiin linjoja huoltaa vuorovuosin ja kahden vuoden välein. Tulevaisuudessa jatkettaisiin kuitenkin kalkinsammutuksen laitteiden pesua vuosittain. Varastosäiliötä pestäisiin niin ikään vuosittain, mutta sitä ja sen sekoittimia huollettaisiin vain joka toinen vuosi. Raepuhalluksia ja pinnoituksia tehtäisiin vuosittain tarpeen vaatiessa.

5.2.3 Lietteenvalmistus

Täryseulat 1 uusittiin vuosihuollossa 2015. Täryseulojen verkot menevät usein rikki ja niitä vaihdetaan säännöllisesti käytönaikana. Viime vuosihuolloissa on tehty vuosittain seuraavat toimenpiteet:

- kiertöpölysiilon imurointi ja huolto

- täryseulan 1 ja 2 pesu ja huolto
- täryseulan venttiilin 1 ja 3 huolto
- kalkkimaitolinjan venttiilien tarkistus
- sekoitussäiliön pesu ja huolto
- sekoitussäiliön sekoittimen huolto
- annostelusäiliön pesu ja huolto
- annostelusäiliön sekoittimen tarkastus ja huolto
- annosteluruuvi 1 ja 2 huolto
- kuljetusruuvin 3 ja 4 huolto
- höngänpoistopuhaltimen ja hönkälinjan huolto.

Taulukossa 13 on esitetty kunnossapitosuunnitelma rikinpoistolaitoksen lietteenvalmistusprosessin laitteille vuosille 2016–2025. Taulukosta on rajattu pois kunnostushistoria vuosilta 2000–2015.

Taulukko 13. Kunnossapidon kohteet lietteenvalmistuksen laitteille vuosina 2016–2025.

Nimi	Kriittisyys	Suositeltu huolto- ja kunnostusväli	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
LIETTEENVALMISTUS												
Kalkkimaitolinja 12 ja venttiili		1, 2	t	t	p	pt	p	pt	p	pt	p	pt
Kiertopölysiilon annosteluruuvi 3	B	2	xv	vx	x	x	x	x	x	x	x	x
Kiertopölysiilon annosteluruuvi 4	B	2	xv	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Kiertopölysiilon kuljetusruuvi 3	B	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Kiertopölysiilon kuljetusruuvi 4	B	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Kiertopölysiilo	B	2	ix	ix	ix	ix	ix	ix	ix	ix	ix	ix
Täryseula, kiertopölyseula	B	2	px	px	px	px	px	px	px	px	px	px
Täryseula, kiertopölyseula	B	2	px	px	px	px	px	px	px	px	px	px
TÄRYSEULAN SULKUVENTTIILI	C	2	x	x		x		x		x		x
TÄRYSEULAN SULKUVENTTIILI	C	2	x	x		x		x		x		x
Sekoitussäiliö	B	1	px	px	px	px	px	px	px	px	px	px
Sekoitussäiliön sekoitin	B	2	px	px	px	px	px	px	px	px	px	px
HÖNGÄNPOISTOPUHALLIN JA HÖNKÄLINJAN	C	2	x	x		x		x		x		x
Annostelusäiliö	A	1	xtp	px	px	px	px	px	px	px	px	px
Annostelusäiliön sekoitin	C	2	xt	xt		t		t				t
KUMIOINTIEN KORJAUS SARISSA			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Kumiointien korjausta SaRi:ssa tehtäisiin vuosittain. Täryseulojen sulkuventtiileitä huollettaisiin enää joka toinen vuosi vuosittain huollon sijaan. Lisäksi kalkkimaitolinjaa ja sen venttiiliä tarkastettaisiin enää joka toinen vuosi, mutta sille tehtäisiin pesu vuosittain. Annostelusäiliön sekoitinta huollettaisiin enää joka toinen vuosi samoin höngänpoistopuhallinta ja sen hönkälinjaa.

5.2.4 Reaktorit

Reaktorien katot pinnoitetaan noin viiden vuoden välein. Lisäksi niiden kattoja joudutaan kunnostamaan tarpeen mukaan muutaman vuoden välein. Reaktorin 1 katto uusittiin vuonna 2007 ja 2014. Vuonna 2014 reaktori myös pinnoitettiin. Hämähäkeille eli reaktorin päällä oleville putkiosille, jotka jakavat lietteen suuttimille, tehdään vuosittain huoltoa. Huuhteluilmapuhaltimien hihnat, joita on kaksi kappaletta, vaihdetaan vuosittain huollon yhteydessä. Lisäksi tarvittaessa vaihdetaan laakereita ja laakeripesiä. Viime vuosihuolloissa on tehty vuosittain seuraavat toimenpiteet:

- reaktori 1 ja 2 painepesu
- reaktori 1 ja 2 luukut
- huuhteluilmapuhaltimen 1 ja 2 huolto
- hätäjähdytysjärjestelmän 1 ja 2 huolto
- reaktoreiden 1 ja 2 hämähäkkien huolto
- vaakaraappakuljettimen 1 ja 2 huolto
- pystyraappakuljettimen 5 ja 6 huolto.

Taulukossa 14 on esitetty suunnitelma reaktorikokonaisuuden kunnossapidolle vuoteen 2025 asti. Taulukosta on rajattu pois kunnostushistoria vuosilta 2000–2015.

Taulukko 14. Kunnossapidon kohteet reaktoreille vuosina 2016–2025.

Nimi	Kriittisyys	Suositteluväli	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
REAKTORIEN HUOLTO												
SO ₂ Reaktori 1	B	1, 4-6	p	p	p	c	p	p	p	p	p	p
SO ₂ Reaktori 2	B	1, 4-6	p	p	p	c	p	p	p	p	p	p
SO ₂ Reaktorin 1 luukut		1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SO ₂ Reaktorin 2 luukut		1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Reaktori 1 ylempi ja alempi ääninuohoin	C											
Reaktori 2 ylempi ja alempi ääninuohoin	C											
Reaktorin hämähäkit	B	1	x v	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Reaktorin hämähäkit	B	1	x v	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Reaktorin huuhteluilmapuhallin	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Reaktorin huuhteluilmapuhallin	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Suutintanko 9 kpl	C	1	x	x	x		x		x		x	
Suutintanko 9 kpl	C	1	x	x			x				x	
Hätäjähdytys reaktori 1	C	1	x	x	x			x			x	
Hätäjähdytys reaktori 2	C	1	x	x			x		x		x	

Reaktorin hämähäkkien huoltoa jatketaan vuosittain. Niihin on vaihdettu vuosihuolloissa lieteletkuja, O-renkaita ja venttiilejä. Suutintangoille ja hätäjähdytysjärjestelmälle tehtäisiin vuosihuolloissa enää huolto joka toinen vuosi. Nämä kohteet eivät ole osoittaneet viime vuosihuoltojen aikana vuosittaista kunnostustarvetta. Reaktorit pinnoitettaisiin seuraavan kerran esimerkiksi vuosina 2018 ja 2019. Silloin edellisistä pinnoituksista olisi kulunut viisi vuotta.

5.2.5 Letkusuodattimet

Letkusuodattimet vaihdettiin vuonna 2016. Lisäksi Salmisaarella letkusuodattimet on vaihdettu vuosittain muutamaa poikkeusvuotta lukuun ottamatta. Vuonna 2011 letkusuodattimien pohjakartiot vaihdettiin ja pölynlähettimet uusittiin. Viime vuosihuolloissa on tehty vuosittain seuraavat kunnossapidon toimenpiteet:

- letkusuodattimen vaihto, vain joka toinen vuosi
- pölynlähettimien huolto
- pölynlähetytysputkiston huolto
- letkuventtiilien huolto
- letkusuodattimien ääninuohoimien huolto
- letkuventtiilien jakokappaleet
- elvytysilmaventtiilien huolto
- letkusuodattimen poistopeltien huolto
- letkusuodattimen tulopeltien huolto
- reaktori-kolmikerroskanavan virtaussiiven tarkistus.

Taulukossa 15 on esitetty suunnitelma letkusuodattimien kunnossapidolle vuoteen 2025 asti. Taulukosta on rajattu pois kunnostushistoria vuosilta 2000–2015.

Taulukko 15. Kunnossapidon kohteet letkusuodattimien laitteille vuosina 2016–2025.

Nimi	Kriitti syys	Suositeltu huolto- ja kunnostus väli	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
LETKUSUODATTIMET												
Letkusuodatin 1	A	1-2	L		L		L		L		L	
Letkusuodatin 2	A	1-2	v		L		L		L		L	
Letkusuodattimien tulokanavat kolmikerr	C	1	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i
REAKTORI-KOLMIKERROSKANAVAN VIRTAUSS		2	t	t		t		t		t		t
Savukaasukanavien poistokanavat	C	1	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i
Letkusuodattimein pohjakartiot	C	1	i	i	i	i	i	i	i	i	i	i
Pöylähdettimet 6 kpl	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pöylähdettimet 6 kpl	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Paineilma järjestelmä			u									
Pölynlähetytysputkisto 4 kpl	B	1	x v	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pölynlähetytysputkisto 4 kpl	B	1	x v	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Letkuventtiilit 12 kpl	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Letkuventtiilien jakokappaleet/Pölyputki s		1,4-5	x v	x	p	p	p	p	p	p	p	p
Letkuventtiilien jakokappaleet/Pölyputki s		1,4-5	x	x	p	p	p	p	p	p	p	p
Elvytysilmaventtiilien huolto 1 ja 2	C	2		x	x		x		x		x	
Letkusuodattimien ääninuohoimet	C	2	x	x	x		x		x		x	
Poistopellit 24 kpl (letkusuodattimien 1 ja	C	2	x	x	x		x		x		x	
Tulopellit 12 kpl	C	2	x	x	x		x		x		x	

Jakokappaleiden huolto-ohjeen mukaan jakokappaleet tulisi puhdistaa vuosittain. Jakokappaleiden tiivisteiden vaihtoa on tarvinnut kuitenkin suorittaa harvemmin. Niiden vaihtoväli on ollut kahdesta neljään vuoteen ja niiden vaihdontarvetta seurattaisiin tulevissa vuosihuolloissa. Vaihtoväliksi ehdotetaan 4–5 vuotta. Letkusuodattimien letkuja vaihdettaisiin joka toinen vuosi tai tarvittaessa vuosittain. Elvytysventtiileitä, ääninuohoimia sekä poisto- ja tulopeltejä huollettaisiin kahden vuoden välein. Reaktorin kolmikerroksiivelle tehtäisiin tarkastus kahden vuoden välein.

5.2.6 Savukaasukanavat

Viime vuosihuolloissa on tehty vuosittain seuraavat kunnossapidon toimenpiteet:

- savukaasukanavien tarkistus
- savukaasukanavien peltien tarkistus ja huolto
- savukaasukanavien palkeiden tarkistus ja huolto

Taulukossa 16 on savukaasukanavien kunnossapitosuunnitelmat vuoteen 2025 saakka. Taulukosta on rajattu pois kunnostushistoria vuosilta 2000–2015.

Taulukko 16. Kunnossapidon kohteet savukaasukanaville vuosina 2016–2025.

Nimi	Kriittisyys	Suositeltu huolto- ja kunnostusväli	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
SAVUKAASUKANAVAT												
Savukaasukanava	B	1	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
Savukaasukanava pellit 5 kpl	B	1	t x	t	t	t	t	t	t	t	t	t
Savukaasukanava palkeet	C	2	t x	t		t		t		t		t

Savukaasukanavien ja peltien tarkastusta jatkettaisiin vuosittain. Palkeiden tarkastusväliä harvennettaisiin kahteen vuoteen.

5.2.7 Pumput, puhaltimet ja vesijärjestelmä

Savukaasupuhaltimen siipiä joudutaan vaihtamaan 3–4 vuoden välein. Siipiä on vaihdettu 2002, 2007(vain osa), 2008, 2011 ja 2014. Puhaltimelle tehdään perushuolto noin 5–6 vuoden välein. Ne on suoritettu edellisen kerran 2002, 2007, 2013 ja 2016. Viime vuosihuolloissa pumpuille, puhaltimille ja vesijärjestelmälle on tehty vuosittain seuraavat kunnossapidon toimenpiteet:

- paineenkorotuspumppu huolto
- suutinpumppu 1 ja 2 huolto
- sekoitusvesipumppu huolto
- varastosäiliön lietteen kiertopumppu huolto
- annostelusäiliön lietteenkiertopumpun huolto
- pumppukaivon sekoittimen tarkastus
- suolaliuossäiliön huolto
- avovesisäiliön huolto
- savukaasupuhaltimen tarkastus.

Taulukossa 17 on esitetty suunnitelma pumppujen kunnossapidolle, ja taulukossa 18 on vesijärjestelmän ja puhaltimien kunnossapitosuunnitelmat vuoteen 2025 saakka. Taulukoista on rajattu pois kunnostushistoria vuosilta 2000–2015.

Taulukko 17. Kunnossapidon kohteet pumpuille vuosina 2016–2025.

Nimi	Kriittisyys	Suositteluhuolto- ja kunnostusväli	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
PUMPUT												
Sekoitusvesipumppu	C	2	x	x		x		x		x		x
Paineenkorotuspumppu	C	2	x	x		x		x		x		x
Annostelusäiliön kiertopumppu	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Varastosäiliön lietteen / kalkkimaidon kierrätyspumppu	B	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Suutinpumppu	A	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Suutinpumppu	A	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
MERIVESIPUMPPU	C	3		t			t			t		

Sekoitusvesi- ja paineenkorotuspumppua huollettaisiin enää kahden vuoden välein. Merivesipumpulle riittäisi tarkastusväliksi kolme vuotta.

Taulukko 18. Kunnossapidon kohteet vesijärjestelmälle ja puhaltimille vuosina 2016–2025.

Nimi	Kriittisyys	Suositteluhuolto- ja kunnostusväli	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Vesijärjestelmä, puhaltimet ja muut												
Suolaliuossäiliö	C	2	x		x		x		x		x	
Aovesäiliö	C	2	x		x		x		x		x	
Poistoilmapuhallin lopputuotesäiliöstä	B											
Pumppukaivo	D	3	t			t			t			t
PUMPPUKAIVON SEKOITIN	D	3	t			t			t			t
Rikinpoiston savukaasupuhallin	A	1, 4-6	t x+	t	t	t	t	x+	t	t	x	t

Pumppukaivon sekoittimen vuosittainen huolto ei ole välttämättä tarvittavaa. Se on ollut kunnossa viimeisten tarkastusten aikana aina. Uusi tarkastusväli olisi kaksi vuotta. Savukaasupuhaltimelle tehtäisiin 2020-luvun alussa peruskunnostus.

6 Yhteenveto

Kriittisyysluokittelu ja kunnossapitosuunnitelma pohjautuivat tämän hetkisiin mielipiteisiin ja asiantuntemukseen Helen Oy:ssä. On mahdollista, että jo 10 vuoden kuluttua esimerkiksi hiilen käyttö energianlähteenä on Helsingissä päätetty lopettaa nopealla aikavälillä tai Salmisaaren rikinpoistolaitoksen erottelukyky ei pysty enää vastaamaan vielä säätämättömiin ja tuntemattomiin päästörajoituksiin. Tulevaisuudessa onkin mahdollista, että Salmisaaren voimalaitos tulee kohtaamaan haasteita esimerkiksi kivihiilen käytössä ja laitoksen päästöarvoissa.

Kriittisyysluokittelun ja huoltohistorian avulla kunnossapitosuunnittelijat voivat pohtia kohteiden kunnossapidon kiireellisyyttä ja vikaantumisen vaikutuksia esimerkiksi tuotannolle ja ympäristölle. Helenillä on käynnissä voimalaitosten komponenttien kokonaisvaltainen kriittisyysluokitteluprojekti osana kunnossapitojärjestelmän vaihtoa. Tarkoituksena on syksyyn 2017 mennessä saada kaikkien laitteiden tiedot kirjattua Helenin uuteen IFS-järjestelmään. Hiililuolan ja rikinpoistolaitoksen osalta luokittelu on nyt tehty.

Insinööriyössä pääpaino oli kunnostushistorioiden kokoaminen Excel-tilukkuun, ja siihen kului myös suurin osa ajasta. Tärkeää olisi saada tehdyt tilukot nyt myös kunnolla kunnossapitosuunnittelijoiden käyttöön. Toive tehdystä kunnostushistoriatilukosta tuli heidän puoleltaan, ja olisi tärkeää, että he tulevaisuudessa myös täydentäisivät tilukkoa. Ehdotetut toimet kunnossapidon tehostamiseksi tulisi ottaa käyttöön vaiheittain ja seurata ensimmäisten vuosien aikana tarkasti, aiheuttavatko harvennetut kunnossapitotoimet lisäkustannuksia. Tulisi pohtia myös, aloitettaisiinko harvennus kunnossapitoaajuuksissa vuosihuollossa 2018 vai 2019. Uusien havaintojen ja kunnostusten perusteella tilukon vuosihuoltosuunnitelmia seuraaville vuosille tulisi täydentää ja/tai muokata. Insinööriyön päätteeksi sovittiin, ketkä tulevaisuudessa tulevat ylläpitämään tilukkoa.

Lähteet

2010/75/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 24.11.2010 teollisuuden päästöistä. 2010. Luettavissa osoitteessa. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=celex%3A32010L0075>. Luettu 12.1.2017.

Christensen, Thomas. 2010. Solid Waste Technology and Management (1). John Wiley & Sons, Incorporated.

Energian ominaispäästöt. 2017. Verkkodokumentti. Helen Oy. <https://www.helen.fi/helen-oy/tietoa-yrityksesta/energiantuotanto/sahkon-ja-lammon-ominaispaastot/>. Luettu 15.3.2017.

Energiantuotanto Helsingissä. 2016. Verkkodokumentti. Helen Oy. <https://www.helen.fi/helen-oy/tietoa-yrityksesta/energiantuotanto/>. Luettelu 12.1.2017.

European Commission. 2016. FD: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants. Saatavissa: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/LCP_FinalDraft_06_2016.pdf. Luettu 27.1.2017.

Galkin-Aalto Marina. 2015. Helen investoi 20 miljoonaa typenoksidipäästöjen pienentämiseksi. Verkkojulkaisu. <https://www.helen.fi/uutiset/2015/helen-investoi-20-miljoonaa-typenoksidipaastojen-pienentamiseksi/>. Luettu 23.3.2017.

Happamoittavia oksideja ympäristöön. 2017. Verkkodokumentti. Hiilitieto. <http://hiilitieto.fi/hiilitieto/hiilen-haitat/rikin-ja-typen-oksidit/>. Luettu 13.1.2017.

Huhtinen Marko, Kettunen Arto, Nurminen Pasi, Pakkanen Heikki. 2000. Höyrykattilatekniikka. 5. uudistettu painos. Helsinki: Oy Edida Ab.

Järviö Jorma. 2000. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Kunnossapitoyhdistys ry. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab.

Järviö, Jorma, Piispa, Taina. 2012. Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Käyttöturvallisuustiedote. 2010. Verkkodokumentti. IS-VET Oy. http://www.isvet.fi/tiedotteet/sammutettu_kalkki.pdf. Luettu 27.1.2017.

Lappalainen Reino. 2017. Työnjohtaja, Helen Oy, Helsinki. Keskustelu 8.3.2017.

Luukko Kaj. 2017. Hana- ja Salmisaaren kunnossapitostrategia. Sisäinen tietokanta. Helen Oy. X:\1630_Ha\41Tuki\HaB_kunnossapito\Hana_ja_Salmisaaren_kunnossapitostrategia.pdf. Luettu 14.3.2017.

Mäki Johanna. 2017. Kehitysinsinööri, Helen Oy, Helsinki. Sähköpostikeskustelu 6.2.2017.

Peltonen Janne. 2017. Polttoainemestari, Helen Oy, Helsinki. Haastattelu 3.3.2017.

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

Rayaprilu, Kunar. 2013. Boilers: A Practical Reference. CRC PressTaylor & Francis Group.

Rikinpoistolaitoksen symbolikaavio. 2002. Sisäinen tietokanta. Helen Oy.
X:\1610_Sa\Laitoksen käyttöohjeet\7_SaA ja SaB käyttöohjeita\Ohjeet\sari\SARIN
KÄYTTÖOHJEET\DOKUMENTIT\1.4 Rikinpoistolaitoksen symbolikaavio.gif.

Saikkonen Antti. 2016. Suomen suurin pellettikattila rakennetaan Salmisaareen. Verkkajulkaisu. Helen Oy. <http://blogi.helen.fi/suomen-suurin-pellettikattila-rakennetaan-salmisaareen/>. Luettu 20.2.2017.

Salmisaaren alue. 2016. Sisäinen tietokanta. Helen Oy. http://intranet/TuotantoJaOmaisuuksu/Sa_alue/Sivut/Home.aspx. Luettu 27.1.2017.

Salmisaaren voimalaitos. 2016. Verkkodokumentti. Helen Oy. <<https://www.helen.fi/helen-oy/tietoa-yrityksesta/energiantuotanto/voimalaitokset/salmisaari/>>. Luettu 12.1.2017.

SaRi koulutusaineisto. 1987. Käyttäjän kansio. Fläkt.

SaRi koulutusaineisto II. 1987. Käyttäjän kansio. Fläkt.

SFS-EN 13306. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. 2010. Helsinki: Suomen standardisointiliitto.

ShX Vika ja vaikutusanalyysi Kone. 2016. Sisäinen tietokanta. Helen Oy. http://intranet/tyotilat/TO/_layouts/15/xlviewer.aspx?id=/tyotilat/TO/KunnonhallinnanYhteiset/ShX_Vika%20ja%20vaikutusanalyysi_Kone.xlsx&DefaultItemOpen=1. Luettu 2.2.2017.

Toimintakertomus. 2017. Verkkodokumentti. Helen Oy. <https://www.helen.fi/vuosikertomus/vuosikertomus-2016/tilinpaatos/toimintakertomus/>. Luettu 17.3.2017.

Tuotanto ja jakelu, kulujen kohdistaminen 2016. 2016. Sisäinen tietokanta. Helen Oy. <<http://intranet/tyotilat/talous/tuja/Talousohjeet/Tuotanto%20ja%20Jakelu%20Kulujen%20kohdistaminen%202016.docx>> .Luettu 28.2.2017.

Tweeddale Mark. 2003. Managing Risk and Reliability of Process Plants. USA: Elsevier Science.

Vastuullisuusraportti Energian alkuperä ja kestävyys.2017. Verkkodokumentti. Helen Oy. <https://www.helen.fi/helen-oy/vastuullisuus/hiilineutraali-tulevaisuus/energian-alkuperä-ja-kestavyys/>. Luettu 17.3.2017.

Vesanto Petri. 2006. Jätteenpolton parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) vertailuasiakirjan käyttö suomalaisessa toimintaympäristössä, Jätteenpolton BREF 2006. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Luettavissa osoitteessa https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38712/SY_27_2006.pdf?sequence=3. Luettu 13.1.2017.

Voimalaitosesitys 2015. 2016. Sisäinen tietokanta. Helen Oy. X:\1610_Sa\Laitosesitys. Luettu 27.1.2017

Ympäristövaikutukset. 2017. Verkkodokumentti. Helen Oy. <https://www.helen.fi/helen-oy/vastuullisuus/hiilineutraali-tulevaisuus/ymparistovaikutukset/>. Luettu 15.3.2017.

Örn Jukka. Kunnonhallintapäällikkö, Helen Oy, Helsinki. Sähköpostikeskustelu 1.2.2017.

Riskien arviointi kriittisyysluokittelussa

Vikaantumisväli 1-6		Turvallisuus 0-16		Ympäristö 0-16		Tuotannonmenetys 0-4		Korjauskustannukset 0-4	
1	yli 2v pitkä vikaantumisväli, vikaantuminen harvinaista	0	Ei turvallisuusriskiä, ei loukkaantumis- tai terveysvaaraa	0	Ei ympäristöriskiä	0	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessilla tai osastolle	0	Korjauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin
2	0,5 - 2v, pitkähkö vikaantumisväli, kunnostus vuosittain???	2	Vähäinen turvallisuusriski, voi aiheuttaa lievän loukkaantumisen tai sairastumisen	2	Vähäinen ympäristöriski, ympäristön liikaantuminen laitosalueella esim. pieni öljyvuoto	1	Vikaantuminen heikentää hetkeksi tuotantoa/osaprosessia, pysäyttää alle 3 h	1	Vähäiset esim. 100 - 10 000 € vastaavat hetkellistä tuotannonmentystä
4	3 - 6 kk lyhyehkö vikaantumisväli	4	Kohtalainen turvallisuusriski, voi aiheuttaa vakavan sairastuminen/loukkaa ntumisen, josta jää pysyvä haitta	4	Kohtalainen ympäristöriski, paikallista laitosalueen saastumista	2	Vikaantuminen heikentää tuotantoa/osaprosessia lyhyeksi ajaksi, pysäyttää 3-10 h	2	Keskinkertaiset esim. 10 000 - 20 000 vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä
6	0 - 3 kk vikaantuu useasti ja häiritsee tuotantoa	8	Huomattattava turvallisuusriski, voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin	8	Huomattattava ympäristöriski, laitosalueen ja ympäristön saastumista	3	Vikaantuminen heinkentää huomattavasti tuotantoa/osaprosessia, pysäyttää yli 10 h	3	Korkeat esim. 20 00 - 50 000 €, vastaavat huomattavaa tuotannonmentystä
		16	Vakava turvallisuusriski, yhden tai useamman kuolonuhrin vai vakavan vaaratilanteen ympäristöön	16	Vakava ympäristöriski	4	Vikaantuminen heinkentää pitkäksi ajaksi tuotantoa/osaprosessia, pysäyttää yli 24 h	4	Erittäin korkeat esim. yli 50 000 €, vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä

1 (7)

Kriittisyysluokittelu SaRi

Lietteenvalmistus

Kriittisyyden raja-arvot:	A	1130
	B	500
	C	1

Tuotannonmenetyksen painoarvokerroin: 100

Toimipaikantunniste	Toimipaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus 0-16	Ympäristö 0-16	Tuotannonmenetykset 0-4	Korjausustannukset 0-4	Luokka A-D	Kriittisyysindeksi	Kriittisyyden osaindeksit			
		W->	20	10	100	40	Luokka	K	Ks	Ke	Kp	Kr
SAOTT10B100	Kiertopölysiilo	1	2	4	4	4	B	640	40	40	400	160
SAOTT10S001	Kiertopölysiilon sulkupehki 1	2	0	0	2	1	C	480	0	0	400	80
SAOTT10S002	Kiertopölysiilon sulkupehki 2	2	0	0	2	1	C	480	0	0	400	80
SAOTT10D100	Kiertopölysiilo annosteluruuvi-1	2	1	2	2	1	B	560	40	40	400	80
SAOTT10D200	Kiertopölysiilo annosteluruuvi-2	2	1	2	2	1	B	560	40	40	400	80
SAOTT10D300	Kiertopölysiilon kuljetusruuvi	2	0	2	2	2	B	600	0	40	400	160
SAOTT10D400	Kiertopölysiilon kuljetusruuvi	2	0	2	2	2	B	600	0	40	400	160
SAOTN20B100	Sekoitussäiliö	2	0	2	2	2	B	600	0	40	400	160
SAOTN20D101	Sekoitussäiliön lapasekoitin	1	0	0	2	2	C	280	0	0	200	80
SAOTN21D100	Täryseula 1	3	2	4	2	2	B	1080	120	120	600	240
SAOTN22D100	Täryseula 2	3	2	4	2	2	B	1080	120	120	600	240
SAOTN21S001	Täryseula 1 sulkuventtiili	2	0	1	2	1	B	500	0	20	400	80
SAOTN22S001	Täryseula 2 sulkuventtiili	2	0	1	2	1	B	500	0	20	400	80
SAOTPO0B100	Annostelusäiliö	2	2	2	4	3	A	1160	80	40	800	240
SAOTPO0D101	Annostelusäiliön lapasekoitin	1	0	0	2	1	C	240	0	0	200	40
SAOTPO1S001-S01	Annostelusäiliön imuventtiili 1	2	0	2	2	2	B	600	0	40	400	160
SAOTPO2S001-S01	Annostelusäiliön imuventtiili 2	2	0	2	2	2	B	600	0	40	400	160
SAOTN25D100	Höngänpoistopuhallin ja hönkälinja	4	2	2	0	1	C	400	160	80	0	160

2 (7)

Kalkinvalmistus

Kriittisyyden raja-arvot:

A	1130
B	500
C	1

Tuotannonmenetyksen painoarvokerroin: 100

Toimipaikantunniste	Toimipaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus 0-16	Ympäristö 0-16	Tuotannonmenetykset 0-4	Korjauskustannukset 0-4	Luokka A-D	Kriittisyyssindeksi	Kriittisyyden osaindeksit				
		W->	20	10	100	40	Luokka	K	Ks	Ke	Kp	Kr	
SAOTN01S001	Kalkkisiilon sulkupelti 1	2	4	6	3	3	B	1120	160	120	600	240	
SAOTN02S001	Kalkkisiilon sulkupelti 2	2	4	6	3	3	B	1120	160	120	600	240	
SAOTN01D100	Sulkusyötin 1 (Lokeroannostelija)	2	4	2	2	1	B	680	160	40	400	80	
SAOTN02D100	Sulkusyötin 2 (Lokeroannostelija)	2	4	2	2	1	B	680	160	40	400	80	
SAOTN01D200	Sammuttimen 1 ruuvikuljetin	2	4	4	2	1	B	720	160	80	400	80	
SAOTN02D200	Sammuttimen 2 ruuvikuljetin	2	4	4	2	1	B	720	160	80	400	80	
SAOTN03D100	Täryseula 3	1	0	2	0	0	C	20	0	20	0	0	
SAOTN04D100	Täryseula 4	1	0	2	0	0	C	20	0	20	0	0	
SAOTN00B100	Kalkkisiilo (,siilosuodatin ja täyttölinja)	1	4	8	2	1	C	400	80	80	200	40	
SAOTN50B100	Seulajätесиilo (Kuonasiilo)	1	2	4	0	1	C	120	40	40	0	40	
SAOTN10B100	Varastosäiliö	1	0	2	2	2	C	300	0	20	200	80	
SAOTN10D100	Varastosäiliösekoitin 1	2	0	0	0	1	C	80	0	0	0	80	
SAOTN10D101	Varastosäiliösekoitin 2	2	0	0	0	1	C	80	0	0	0	80	
SAOTC30B100	Pumppukaivo	1	0	0	0	0	D	0	0	0	0	0	
SAOTC30D100	Pumppukaivon lapasekoitin	1	0	0	0	0	D	0	0	0	0	0	

3 (7)

Reaktori 1

Kriittisyyden raja-arvot:

A	1130
B	500
C	1

Tuotannonmenetyksen painoarvokerroin: 100

Toimipaikantunniste	Toimipaikan nimitys	Vikaantu misväli (1...8)	Turvallis uus 0-16	Ympärist ö 0-16	Tuotan nonmen e tys 0-4	Korjausk ustannu kset 0-4	Luokka A- D	Kriittisyy sindeksi	Kriittisyyden osaindeksit				
		W->	20	10	100	40	Luokka	K	Ks	Ke	Kp	Kr	
SAOTS01B100	Reaktori 1	2	4	6	3	3	B	1120	160	120	600	240	
SAOTS01N100	Reaktori 1 ylempi ääninuohoin	2	0	0	0	2	C	160	0	0	0	160	
SAOTS01N200	Reaktorin 2 alempi ääninuohoin	2	0	0	0	2	C	160	0	0	0	160	
SAOTS10D001	Reaktori 1 huuhteluilmapuhallin	4	0	0	1	1	B	560	0	0	400	160	
SAOTP11.16Z001	Suutintangot ja suuttimet	4	2	2	0	1	C	400	160	80	0	160	
SAOTT01D100	Vaakaraappakuljetin	6	2	2	3	3	A	2880	240	120	1800	720	
SAOTT05D100	Pystyraappakuljetin	6	2	2	3	3	A	2880	240	120	1800	720	
SAOTS01B100	Hämähäkit	1	4	2	4	3	B	620	80	20	400	120	
SAOTF11	Hätäjäähdytys	1	0	0	0	1	C	40	0	0	0	40	

4 (7)

Reaktori 2

Kriittisyyden raja-arvot:

A	1130
B	500
C	1

Tuotannonmenetyksen painoarvokerroin: 100

Toimipaikantunniste	Toimipaikan nimitys	Vikaantu	se	Ympäristö 0-16	Tuotannonmenetykset 0-4	Korjauskustannukset 0-4	Luokka A-D	Kriittisyyssindeksi	Kriittisyyden osaindeksit			
		misväli (1...8)					Luokka		K	Ks	Ke	Kp
		W->	20	10	100	40						
SA0TS02B100	Reaktori 2	2	4	6	3	3	B	1120	160	120	600	240
SA0TS01N100	Reaktori 2 ylempi ääninuohoin	2	0	0	0	2	C	160	0	0	0	160
SA0TS01N200	Reaktori 2 alempi ääninuohoin	2	0	0	0	2	C	160	0	0	0	160
SA0TS20D001	Reaktorin huuhteluilmahuone	4	0	0	1	1	B	560	0	0	400	160
SA0TP21..26Z001	Suutintangot ja suuttimet	4	2	2	0	1	C	400	160	80	0	160
SA0TT02D100	Vaakaraappakuljetin	6	2	2	3	3	A	2880	240	120	1800	720
SA0TT06D100	Pystyraappakuljetin	6	2	2	3	3	A	2880	240	120	1800	720
SA0TS02B100	Hämähäkit	1	4	2	4	3	B	620	80	20	400	120
SA0TF10	Hätäjäähdytys	1	0	0	0	1	C	40	0	0	0	40

6 (7)

Letkusuodatin 2

Kriittisyyden raja-arvot:	A	1130
	B	500
	C	1

Tuotannonmenetyksen painoarvokerroin: 100

Toimipaikantunniste	Toimipaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus 0-16	Ympäristö 0-16	Tuotannonmenetykset 0-4	Korjausustannukset 0-4	Luokka A-D	Kriittisyyssindeksi	Kriittisyyden osaindeksit			
		W->	20	10	100	40	Luokka	K	Ks	Ke	Kp	Kr
SAOTR02N100	Letkusuodatin 2	2	8	8	4	4	A	1600	320	160	800	320
SAOTT21...26B100	Pöylähetin 21-26	6	2	2	2	2	A	2040	240	120	1200	480
SAOTK11S101	Elvytysilmaventtiili 2	4	0	0	0	1	C	160	0	0	0	160
SAOTR02N100	Letkusuodattimien ääninuohoimet	2	0	2	1	3	C	480	0	40	200	240
SAOTT41...44	Pölynlähetyksputkisto 41..46	4	2	2	1	1	B	800	160	80	400	160
SAOTT42S001	Letkuventtiilit	4	2	2	1	1	B	800	160	80	400	160
SAOTR21..26S002	Poistopellit 6 kpl	2	0	0	1	1	C	280	0	0	200	80
SAOTR21..26S001	Tulopellit 6 kpl	2	0	0	1	1	C	280	0	0	200	80
SAOTT21B100	Letkusuodattimien pohjakartiot	1	0	0	0	3	C	120	0	0	0	120
SAOTR01N100	Tulokanavat kolmikierroskanavat	1	2	0	0	3	C	160	40	0	0	120

7 (7)

Pumput, puhaltimet, savukaasukanavat ja muut

Kriittisyyden raja-arvot:

A	1130
B	500
C	1

Tuotannonmenetyksen painoarvokerroin: 100

Toimipaikantunniste	Toimipaikan nimitys	Vikaantu misväli (1...8)	Turvallis uus 0-16	Ympärist ö 0-16	Tuotan nonmen e tys 0-4	Korjauk ustannu kset 0-4	Luokka A- D	Kriittisyy sindeksi	Kriittisyyden osaindeksit				
		W->	20	10	100	40	Luokka	K	Ks	Ke	Kp	Kr	
SA0TP01D001	Suutinpumppu	4	2	2	4	4	A	2480	160	80	1600	640	
SA0TP02D001	Suutinpumppu	2	2	2	4	4	A	1240	80	40	800	320	
SA0TN11D001	Varastosäiliön lietteenkiertopumppu	2	2	2	2	1	B	600	80	40	400	80	
SA0TN23D001	Annostelusäiliön kiertopumppu	1	2	2	1	2	C	240	40	20	100	80	
SA0TE30D001	Paineenkorotuspumppu	2	0	0	1	1	C	280	0	0	200	80	
SA0TC31D001	Sekoitusvesipumppu	2	0	0	2	1	C	480	0	0	400	80	
SA0TC00D001	SaRi:n merivesipumppu	6	0	0	0	2	C	480	0	0	0	480	
SA0TR10D100	Savukaasupuhallin	2	2	0	4	4	A	1200	80	0	800	320	
SA0TR02	Savukaasukanava	2	2	2	2	3	B	760	80	40	400	240	
SA0TR02	Savukaasukanava pellit 5 kpl	2	4	0	3	3	B	1000	160	0	600	240	
SA0TR02	Savukaasukanava palkeet	1	0	0	0	3	C	120	0	0	0	120	
SA0TR0	Puhaltimen poistokanavat	1	0	2	2	4	C	380	0	20	200	160	
SA0TP05B100	Suolaliuosäiliö ja lapasekoitin	1	0	0	0	1	C	40	0	0	0	40	
SA0TE00B100	Avovesisäiliö	6	2	0	0	2	B	720	240	0	0	480	

Esimerkkikuva kunnostushistoriataulukosta

Tunnus	Nimi	Laite	Kriittisyys	Suosittel	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
SATAMA																							
SAOPA01D100	HIILENSYÖTIN 1 (suppilovaunu)	Vaunu	C		x	x	x			k			xv	x	x	xv	xk	x	xv	x	x		
SAOPA02D100	HIILENSYÖTIN 2 (suppilovaunu)	Vaunu	C		x	x				kv			xkv	x	x	xv	xvk	x	xv	x	x		
SAOPA03D100	HIILENSYÖTIN 3 (suppilovaunu)	Vaunu	C		x	x	x			k			xkv	xv	x	xv	xk	xv	x	x	x		
SAOPA04D100	HIILENSYÖTIN 4 (suppilovaunu)	Vaunu	C		x	x	x			kv			xkv	xv	x	x	xk	x	x	x	x		
SAOPA10D100	HIHNAKULJETIN SAOPA10 laitur	Kuljetin	B		v	x	x	v	v	tv	vk	x	x	xv	x	x	x	x	x	x	xvk	v	
SAOPA20D100	HIHNAKULJETIN SAOPA20 laitur	Kuljetin	B		x	x	x			k			k		x	xk	x	x	xv	x	x	xv	x
SAOPA11D100	METALLINEROTUSKULJETIN	Kuljetin	B							v						tx	t	x	x	x	x	x	
SAOPA12D001	LANKUNEROTIN	Erotin	B														t	x	x	x	x	x	
SAOPA	SATAMAN METALLIRAKENTEIDEN KORJAUS																k	k	k	k	k	k	
SAOPA90	PÖLYNPOISTON IMUPUTKISTO	Putkisto	C																t	t	t	t	
C1-LUOLA																							
SAOPC01D100	OPC01 KULJETIN	Kuljetin	B							x	xv					xvk	xvk	x	xv	xv	x	x	
SAOPA80	NÄYTTEENOTTOLAITTEISTO	Näytteenotto	C													tx				t	t	x	
SAOPA21B100	PUDOTUSPUTKEN MAHDOLLISET KORJAUSTYÖT		C														px	x	x				
SAOPC00D100	RULLASEULAMURSKAIN	Murskain	A										x	x	xv	xv	xv	xu	x	x	x	xv	
SAOPC03	C-1 LUOLAN OHISYÖTTÖKUILU	Kuilo	C													t	x	x	x	x	x	x	
SAOPC10	KALLIOSIILO 1	Siilo	C										k				x	x	x	x	x	x	
SAOPC20	KALLIOSIILO 2	Siilo	C										k				x	x	x	x	x	x	
SAOPC30	KALLIOSIILO 3	Siilo	C										k				x	x	x	x	x	x	
SAOPC40	KALLIOSIILO 4	Siilo	C										k				x	x	x	x	x	x	
SA1NY51H001	HIILISILO 1 SIILOTYKKI	Siilotykki	C																			t	
SA1NY52H001	HIILISILO 2 SIILOTYKKI	Siilotykki	C																			t	
SA1NY53H001	HIILISILO 3 SIILOTYKKI	Siilotykki	C																			t	
SA1NY54H001	HIILISILO 4 SIILOTYKKI	Siilotykki	C																			t	

Merkkien selitykset:

x+	perushuolto	t*	katon paksuusmittaus
		m	valmistus
x	huolto	u	uusiminen/ uusinta
t	tarkastus	k	korjaus
v	vaihto	L	letkujen vaihto
p	pesu/ puhdistus		
i	imurointi		
u*	katon uusiminen		
c	pinnoite		

Kriittisyysjakauma SaHi

Tunnus	Nimi	Luokka	K
SA0PC60D101	0PC60 KULJETIN Pystynostin	A	1200
SA0PC61D100	RIPEKULJETIN	A	1100
SA0PC00D100	RULLASEULAMURSKAIN	A	900
SA0PC70D100	0PC70 HIIHNAKULJETIN pystykuilu-murska	B	560
SA1PB10D100	1PB10 HIIHNAKULJETIN hiilivintissä	B	560
SA0PB20D100	0PB20 HIIHNAKULJETIN Jakokuljetin hiilenmurskaamossa	B	560
SA0PB30D001	0PB30 HIIHNAKULJETIN murskaamolta tuhkasiilolle	B	560
SA0PB40D001	0PB40 HIIHNAKULJETIN tuhkasiilolta hiilivintille	B	560
SA0PC02D100	0PC02 HIIHNAKULJETIN	B	550
SA0PC50D100	0PC50 HIIHNAKULJETIN	B	550
SA7PB10	HIILENKULJETIN	B	510
SA7PB11	APUKULJETIN	B	510
SA7PB20	HIILENKULJETIN 7PB20D100	B	510
SA7PB30	HIILEN SIIRTO VARASTOSIILOIHIN	B	510
SA7PB50	7PB50 HIILENKULJETIN	B	510
SA7PB60	ELEVAATTORI	B	510
SA0PA10D100	HIIHNAKULJETIN SA0PA10 laituri	B	450
SA0PA20D100	HIIHNAKULJETIN SA0PA20 laituri pystykuilu	B	450
SA0PA11D100	METALLINEROTUSKULJETIN	B	450
SA0PA12D001	LANKUNEROTIN	B	450
SA0PC01D100	0PC01 KULJETIN	B	450
SA0PC10	KALLIOSIILO 1	C	250
SA0PC20	KALLIOSIILO 2	C	250
SA0PC30	KALLIOSIILO 3	C	250
SA0PC40	KALLIOSIILO 4	C	250
SA0PA01D100	HIILENSYÖTIN 1	C	210
SA0PA02D100	HIILENSYÖTIN 2	C	210
SA0PA03D100	HIILENSYÖTIN 3	C	210
SA0PA04D100	HIILENSYÖTIN 4	C	210
SA0PC16	Kalliosiiilo 1 POHJAPURKAIN	C	210
SA0PC26	Kalliosiiilo 2 POHJAPURKAIN	C	210
SA0PC36	Kalliosiiilo 3 POHJAPURKAIN	C	210
SA0PC46	Kalliosiiilo 4 POHJAPURKAIN	C	210
SA0PA90	PÖLYNPOISTON IMUPUTKISTO	C	170
SA0PA80	NÄYTTEENOTTOLAITTEISTO	C	170
SA0PA21B100	PUDOTUSPUTKI	C	170
SA0PC03	C-1 LUOLAN OHISYÖTTÖKUILU	C	170
SA1NY51H001...008	HIILISIILO 1 SIILOTYKKI	C	170
SA1NY52H001...004	HIILISIILO 2 SIILOTYKKI	C	170
SA1NY53H001...004	HIILISIILO 3 SIILOTYKKI	C	170
SA1NY54H001.004	HIILISIILO 4 SIILOTYKKI	C	170
SA0PC50D101	PYSTYNOSTIMEN PÖLYNPOISTO/ Pölynpuhallin pystykulj. Alaosa	C	170
SA0PC60D103	PYSTYNOSTIMEN PÖLYNPOISTO/ Pölynpuhallin pystykulj. ylaosa	C	170
SA0PB10D001	HIIHNAKULJETTIMEN HUOLTO 0PB10 (VARASYÖTTÖ)	C	170
SA0PB10D001	Hiilenkuljetin kentältä murskaamoon vl.	C	170
SA0PB50D100	Hiilenvarasyötin	C	170
SA7PB41	HIILENSYÖTIN 1	C	170
SA7PB42	HIILENSYÖTIN 2	C	170
SA7PB43	HIILENSYÖTIN 3	C	170
SA7PB44	HIILENSYÖTIN 4	C	170
SA7PB45	HIILENSYÖTIN 5	C	170
SA7PB46	HIILENSYÖTIN 6	C	170
SA7PB47	HIILENSYÖTIN 7	C	170
SA7PB48	HIILENSYÖTIN 8	C	170

Kriittisyysjakauma SaRi

SA0TT01D100	Vaakaraappakuljetin		A	2880
SA0TT05D100	Pystyraappakuljetin		A	2880
SA0TT02D100	Vaakaraappakuljetin		A	2880
SA0TT06D100	Pystyraappakuljetin		A	2880
SA0TP01D001	Suutinpumppu		A	2480
SA0TT11...16B100	Pölylähetin 11-16	B	A	2040
SA0TT21...26B100	Pölylähetin 21-26	B	A	2040
SA0TR01N100	Letkusuodatin 1		A	1600
SA0TR02N100	Letkusuodatin 2		A	1600
SA0TP02D001	Suutinpumppu		A	1240
SA0TR10D100	Savukaasupuhallin		A	1200
SA0TP00B100	ANNOSTELUSÄILIÖ		A	1160
SA0TN01S001	KALKKISIILON SULKUPELTI 1		B	1120
SA0TN02S001	KALKKISIILON SULKUPELTI 2		B	1120
SA0TN21D100	TÄRYSEULA 1		B	1080
SA0TN22D100	TÄRYSEULA 2		B	1080
SA0TR02	Savukaasukanava pellit 5 kpl		B	1000
SA0TS01B100	SO2 Reaktori		B	1120
SA0TS02B100	SO2 Reaktori		B	1120
SA0TT51...54	Pölynlähetysputkisto 51-54		B	800
SA0TT42S001	Letkuventtiilit		B	800
SA0TT41...44	Pölynlähetysputkisto 41..46		B	800
SA0TT42S001	Letkuventtiilit		B	800
SA0TR02	Savukaasukanava		B	760
SA0TN01D200	SAMMUTTIMEN 1 RUUVIKULJETIN		B	720
SA0TN02D200	SAMMUTTIMEN 2 RUUVIKULJETIN		B	720
SA0TE00B100	Avovesisäiliö	C	B	720
SA0TN01D100	SULKUSYÖTIN 1 (Lokeroannostelija)		B	680
SA0TN02D100	SULKUSYÖTIN 2 (Lokeroannostelija)		B	680
SA0TT10B100	KIERTOPÖLYSIILO		B	640
SA0TS01B100	Hämähäkit		B	620
SA0TS02B100	Hämähäkit		B	620
SA0TT10D300	KIERTOPÖLYSIILON KULJETUSRUUVI		B	600
SA0TT10D400	KIERTOPÖLYSIILON KULJETUSRUUVI		B	600
SA0TN20B100	SEKOITUSSÄILIÖ		B	600
SA0TP01S001-S01	Annostelusäiliön imuventtiili 1		B	600
SA0TP02S001-S01	Annostelusäiliön imuventtiili 2		B	600
SA0TN11D001	Varastosäiliön lietteenkiertopumppu		B	600
SA0TT10D100	KIERTOPÖLYSIILO ANNOSTELURUUVI-1		B	560
SA0TT10D200	KIERTOPÖLYSIILO ANNOSTELURUUVI-2		B	560
SA0TS10D001	Reaktori 1 huuhteluilmapuhallin		B	560
SA0TS20D001	Reaktorin huuhteluilmapuhallin		B	560

SA0TT10S001	Kiertöpölysiilon sulkupelti 1		C	480
SA0TT10S002	Kiertöpölysiilon sulkupelti 2		C	480
SA0TN21S001	TÄRYSEULA 1 SULKUVENTTIILI	B	C	480
SA0TN22S001	TÄRYSEULA 2 SULKUVENTTIILI	B	C	480
SA0TR02N100...200	Letkusuodattimien ääninuohoimet		C	480
SA0TR02N100	Letkusuodattimien ääninuohoimet		C	480
SA0TC31D001	Sekoitusvesipumppu		C	480
SA0TC00D001	SaRi:n merivesipumppu		C	480
SA0TN25D100	HÖNGÄNPOISTOPUHALLIN JA HÖNKÄLINIA		C	400
SA0TN00B100	KALKKISIILO, siilosuodatin ja täyttölinja		C	400
SA0TP11..16Z001	Suutintangot ja suuttimet		C	400
SA0TP21..26Z001	Suutintangot ja suuttimet		C	400
SA0TR0	Puhaltimen poistokanavat		C	380
SA1US42D001	Poistoilmapuhallin 2 lopputuotesilo	B	C	360
SA0TN10B100	Varastosäiliö		C	300
SA0TN20D101	SEKOITUSSÄILIÖN LAPASEKOITIN	B	C	280
SA0TR11..16S002	Poistopellit 6 kpl		C	280
SA0TR11..16S001	Tulopellit 6 kpl		C	280
SA0TR21..26S002	Poistopellit 6 kpl		C	280
SA0TR21..26S001	Tulopellit 6 kpl		C	280
SA0TE30D001	Paineenkorotuspumppu		C	280
SA0TP00D101	ANNOSTELUSÄILIÖN LAPASEKOITIN		C	240
SA0TN23D001	Annostelusäiliön kiertopumppu	B	C	240
SA0TS01N100	Reaktori 1 ylempi ääninuohoin		C	160
SA0TS01N200	Reaktorin 2 alempi ääninuohoin		C	160
SA0TS01N100	Reaktori 2 ylempi ääninuohoin		C	160
SA0TS01N200	Reaktori 2 alempi ääninuohoin		C	160
SA0TK11S101	Elvytysilmaventtiili 1		C	160
SA0TR01N100	Tulokanavat kolmikierroskanavat		C	160
SA0TK11S101	Elvytysilmaventtiili 2		C	160
SA0TR01N100	tulokanavat kolmikierroskanavat		C	160
SA0TN50B100	Seulajättesilo		C	120
SA0TT21B100	Letkusuodattimein pohjakartiot		C	120
SA0TT21B100	Letkusuodattimein pohjakartiot		C	120
SA0TR02	Savukaasukanava palkeet		C	120
SA0TN10D100	Varastosäiliösekoitin 1		C	80
SA0TN10D101	Varastosäiliösekoitin 2		C	80
SA0TC30D100	PUMPPUKAIMON LAPASEKOITIN		C	80
SA0TF11	Hätäjäähdytys SA0TF11		C	40
SA0TF10	Hätäjäähdytys		C	40
SA0TP05B100	Suolaliuosäiliö ja lapasekoitin		C	40
SA0TN03D100	TÄRYSEULA 3		C	20
SA0TN04D100	TÄRYSEULA 4		C	20
SA0TC30B100	PUMPPUKAIMO		D	0
SA0TC30B100	Pumppukaivon sekoitin		D	0