



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Markus Lönnqvist

# Hiilimyllyn hydraulijärjestelmän vian selvittäminen ja kehitysehdotusten luo- minen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

12.12.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Markus Lönnqvist Hiilimyllyn hydraulijärjestelmän vian selvittäminen ja kehitysehdotusten luominen 30 sivua + 5 liitettä 12.12.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine	Valmistus- ja tuotantotekniikka
Ohjaajat	Kunnossapitomestari Tuomo Manninen Lehtori Tero Karttiala
<p>Tämän insinöörityön tarkoituksena oli selvittää Vantaan Energian Martinlaakson voimalaitoksen hiilimyllyn hydraulijärjestelmässä ilmennyttä vikaa sekä luoda järjestelmään kehitysehdotuksia. Vikaa selvitetäessä ja kehitysehdotuksia suunniteltaessa työssä perehdyttiin hiilimyllyn käyttö- ja hoito-ohjeisiin sekä hydraulijärjestelmän toimintakaavioon ja osaluetteloon.</p> <p>Työssä tarkasteltiin hiilimyllyssä ilmenneitä vikoja kahden edellisen ajokauden ajalta. Tämän lisäksi työssä tutustuttiin hiilimyllyn ja hydraulijärjestelmän toimintaan, minkä pohjalta vian selvitys aloitettiin.</p> <p>Vian selvityksen lisäksi työssä suunniteltiin kehitysehdotuksia hydraulijärjestelmään. Kehitysehdotusten lähtökohtana oli ennaltaehkäistä järjestelmän vikoja sekä luoda järjestelmästä informatiivisempi käyttäjälle.</p> <p>Työn tuloksena suunniteltiin hiilimyllyn hydraulijärjestelmään painelähetin korvaamaan painekytkimet, sekä paine-erokytkin tarkkailemaan öljynsuodattimen puhtautta. Lisäksi hydraulikoneikolle suunniteltiin suojakotelo. Järjestelmään tehdyillä huolloilla ja mittauksilla onnistuttiin rajaamaan pois mahdollisia vian aiheuttajia.</p> <p>Syytä jauhatuksessa ilmenneelle hydraulisyntereiden joustamattomuudelle ei pystytty selvittämään siihen tehtyjen huoltojen ja mittausten pohjalta. Näin ollen vian selvittäminen siirtyi mahdollisesti vuoden 2019 vuosihuoltoon.</p>	
Avainsanat	Hiilimylly, hydraulijärjestelmä

Author Title Number of Pages Date	Markus Lönnqvist Investigation of Hydraulic System Failures at a Coal Mill 30 pages + 5 appendices 12 December 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Professional Major	Production Engineering
Instructors	Tuomo Manninen, Supervisor of mechanical maintenance Tero Karttiala, Lecturer
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to examine the fault in the hydraulic system of the coal mill at Vantaan Energia's Martinlaakso power plant and to develop suggestions for the improvement of the system. When defining the problem and planning the development suggestions, the work and care instructions in addition to the hydraulic system diagram and the parts list were studied.</p> <p>The thesis examined the defects in the coal mill during the past two periods. In addition to this, the thesis studied the operation of the mill and hydraulic system, and on that basis, the analysis of the location of the fault was started.</p> <p>In addition to the fault analysis, the thesis focused on the development of hydraulic systems. The basis for the development proposals was to prevent system failures and to make the system more informative for the user.</p> <p>As a result, a pressure transmitter for the coal mills hydraulic system was designed to replace the pressure switches and a pressure differential switch was designed to monitor the cleanliness of the oil filter. In addition, a protective casing was designed for the hydraulic unit. System maintenance and measurements succeeded in eliminating potential causes of failure.</p> <p>The reason for the inflexibility of hydraulic cylinders in grinding could not, however, be solved on the basis of maintenance and measurements that had been made. Hence, troubleshooting will possibly be carried out during the annual maintenance in 2019.</p>	
Keywords	Coal mill, hydraulic system

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vantaan Energia Oy	1
2.1	Konsernin rakenne ja toiminta	1
2.2	Historia	3
2.3	Tunnuslukuja	4
2.4	Martinlaakson voimalaitos	4
3	Hiilimyly	6
3.1	Kuularengasmylly	6
3.2	Jauhatus	7
4	Hydrauliikka	9
4.1	Hydrauliikan toimintaperiaate	9
4.2	Komponentit	10
4.2.1	Hydraulipumput	10
4.2.2	Hydraulisen energian varastointi	11
4.2.3	Toimilaitteet	11
4.2.4	Paineventtiilit	12
4.2.5	Virtaventtiilit	13
4.2.6	Suuntaventtiilit	14
4.2.7	Painekeytkin	15
5	Hiilimylyn jauhatuksen hydrauliikka	15
6	Jauhatuksen automaatio	16
7	Jauhatuksessa ilmenneet ongelmat ja niiden selvittäminen	18
7.1	Todetut ongelmat	18
7.2	Vian kartoitus	20
7.3	Vian selvittäminen	20

8	Järjestelmän kehitysehdotukset	22
8.1	Hydraulijärjestelmän paineen seurannan päivittäminen ja kustannukset	22
8.2	Paine-eron mittaus ja kustannukset	24
8.3	Koneikon suojaus ja kustannukset	25
8.4	Uuden hydraulijärjestelmän hinta	27
9	Yhteenveto	27
	Lähteet	29
	Liitteet (vain työn tilaajan käyttöön)	
	Liite 1. Hiilimyllyn hydraulisylinterit	
	Liite 2. Hydrauliiikan toimintakaavio	
	Liite 3. Hydrauliiikan osaluettelo	
	Liite 4. Automaation toimintakaavio	
	Liite 5. Hydraulijärjestelmän mittausraportti	

## Lyhenteet

CHP-laitos *Combined Heat and Power*. Lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos.

GT Kaasuturbiini.

GWh Gigawattitunti. Energian yksikkö.

KL-akku Kaukolämpöakku.

LTOK Lämmöntalteenottokattila.

Mar1 Martinlaakson voimalaitoksen öljy- ja kaasukattilayksikkö.

Mar2 Martinlaakson voimalaitoksen hiilikattilayksikkö.

Mar4 Martinlaakson voimalaitoksen kaasuturbiiniyksikkö.

MarBio Martinlaakson voimalaitoksen uusi biokattilayksikkö.

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli selvittää Martinlaakson voimalaitoksen hiilimylly 3:n hydraulijärjestelmässä ilmenneitä ongelmia sekä luoda kehitysehdotuksia hydraulijärjestelmään. Työssä tarkastellaan myös kahden viime ajokauden aikana ilmenneitä vikoja hiilimyllyssä ja niiden yhteyttä järjestelmän toimimattomuuteen. Lisäksi työssä käydään läpi kuularengasmyllyn toimintaa ja paneudutaan kuularengasmyllyn hydraulijärjestelmän keskeisiin komponentteihin ja sen toimintaan. Työn tilaajana toimi Vantaan Energia Oy.

Kuularengasmyllyn hydraulijärjestelmän avulla luodaan haluttu jauhatuspaine jauhinmaljoille. Paine jakaantuu tasaisesti painerenkaalle, jauhinrenkaalle ja jauhinkuulille. Hydraulijärjestelmä on määritetty niin, että painekytkimet käynnistävät hammaspyöräpumpun öljynpaineen ollessa noin 5 bar alle nimellisen jauhatuspaineen. Nimellispaineen savutettuaan kytkeytyy pumppu pois päältä. Näin saadaan ylläpidettyä tasainen jauhatuspaine jauhatuksen aikana.

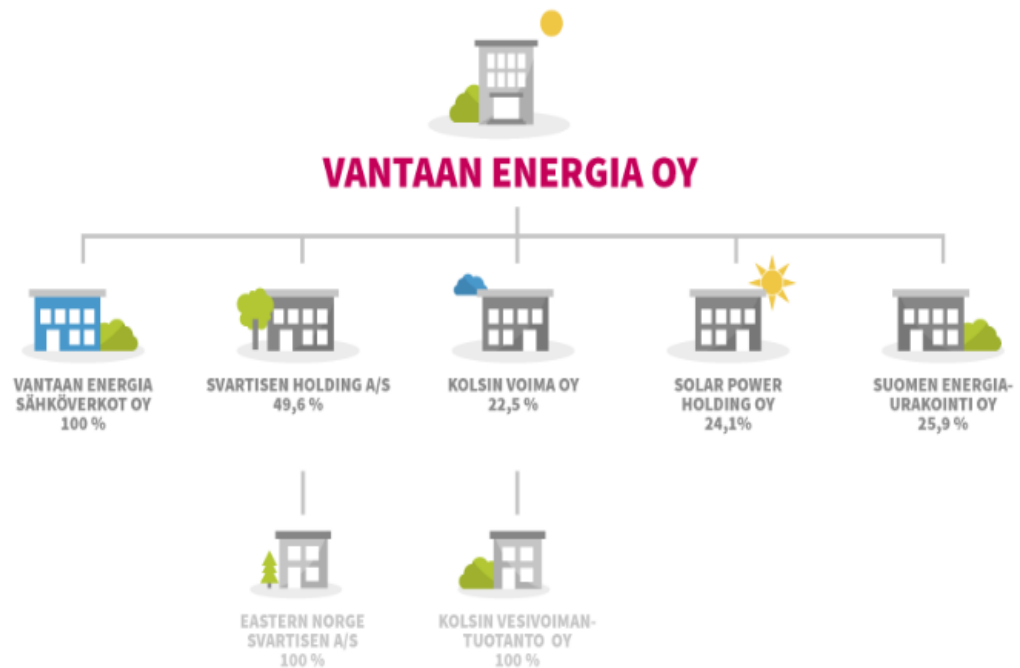
Hiilimyllyn hydraulijärjestelmään esitetyillä kehitysehdotuksilla pyritään ennaltaehkäisemään järjestelmän vikoja sekä luomaan järjestelmästä informatiivisempi käyttäjälle.

## 2 Vantaan Energia Oy

### 2.1 Konsernin rakenne ja toiminta

Vantaan Energia kuuluu Suomen suurimpiin kaupunkienergiayhtiöihin. Yhtiöstä Vantaan kaupunki omistaa 60 % ja Helsingin kaupunki 40 %. Vantaan Energian konserni muodostuu emoyhtiö Vantaan Energia Oy:stä sekä tytäryhtiö Vantaan Energia Sähköverkot Oy:stä sekä osakkuusyhtiöistä. Vantaan Sähköverkot Oy vastaa Vantaan sähköverkkojen rakentamisesta, kunnossapidosta ja käytöstä. Vuonna 2017 Vantaan Energian osakkuusyhtiöitä olivat Svartisen Holding A/S (49,6 %), Kolsin Voima Oy (22,5 %), Solar Power Holding Oy (24,1 %) ja Suomen Energiaurakointi Oy (25,9 %). Vantaan Energialla

on osuuksia myös muista energiantuotantoyhtiöistä. Konsernin rakenne vuonna 2017 on esitetty kuvassa 1. [1.]



OSUUKSIA MUISSA ENERGIAN TUOTANTOYHTIÖISSÄ:  
EPV Energia Oy, Pohjolan Voima Oy, Suomen Hyötytuuli Oy, Innopower Oy, Voimaosakeyhtiö SF

Kuva 1. Vantaan Energia Oy -konserni [1].

Vantaan Energia Oy myy ja tuottaa sähköä ja tämän lisäksi tarjoaa teollisuudelle kaukolämpöä. Energiatuotannon takana toimii Martinlaakson voimalaitos sekä Långmossebergenin jätevoimala, jossa energiaa tuotetaan lämmön ja sähkön yhteistuotannolla. Pääpolttoaineena toimii sekajäte, jota poltetaan vuositasolla noin 360 000 tonnia. Energiatehokkuuden maksimoimiseksi jätevoimala käyttää polttoaineena myös maakaasua. Martinlaakson voimalaitoksen polttoaineina käytetään kivihiiltä ja maakaasua. Vuodesta 2019 lähtien Martinlaakson toisessa kattilassa tuotetaan sähköä ja kaukolämpöä muun muassa ylijäämähakkeella, sahanpurulla ja turpeella. [2; 3.]



## 2.2 Historia

Energiayhtiö Vantaan Energia Oy on perustettu vuonna 1910 se toimi aluksi nimellä Malmin Sähkölaitos Oy. Nykyisen nimensä se otti käyttöön vasta vuonna 1996. Näin ollen vuosi 2018 on Vantaan Energian 108. toimintavuosi. Malmin Sähkölaitos Oy:n ensimmäinen voimalaitos valmistui niin ikään vuoden 1910 aikana. [4, s. 17.]

Vuosien 1960–1972 välisenä aikana yhtiö vaihtoi nimeään kahdesti. Vuonna 1965 yhtiön nimeksi tuli Helsingin Ympäristön Sähkölaitos Oy, jonka nähtiin myös kuvaavan yhtiön toimialuetta varsin hyvin. Seuraavan kerran nimen muutos nostettiin esiin vuonna 1972, jolloin Helsingin maalaiskunnasta oli tulossa Vantaan kaupunki. Nimeksi päätettiin Vantaan Sähkölaitos Oy. [4, s. 81.]

Vuonna 1973 Martinlaakson voimalaitoksen rakennuslupa hyväksyttiin. Rakennustyöt alkoivat vuoden 1973 loppupuolella. Voimalaitoksen käyttöönotto tuotantoon tapahtui 27.11.1975. Vastapainevoimalaitos tuotti sähkötehoa 60 MW ja kaukolämpötehoa 117 MW. [4, s. 116.]

Raskaan polttoöljyn korkea hintataso sai yhtiön harkitsemaan voimalaitoksen muuttamista kivihiilikäyttöiseksi vuonna 1980. Marraskuussa vuonna 1980 Vantaan Sähkölaitos Oy:n hallintoneuvosto päätti, että voimalaitokseen hankitaan Oy A. Ahlström Ab:ltä kivihiilikattilaitos. Tämä myös pienensi rikkipäästöjä noin puoleen. [4, s. 147.]

Kaasuturbiinilaitoksen rakentaminen aloitettiin vuonna 1993. Sveitsiläinen ABB Power Generation Ltd. valikoitui laitoksen toimittajaksi. Kaupalliseen käyttöön kaasuturbiinilaitos valmistui vuoden 1995 puolivälissä. Laitoksen valmistuttua Martinlaakson voimalaitoksen sähköteho oli 205 MW ja kaukolämpöteho 330 MW. [4, s.183.]

Vuonna 2014 valmistui jätevoimala Itä-Vantaan Ojangolle. Voimalalla korvattiin osittain kivihiilen ja maakaasun polttoa Martinlaakson voimalaitokselta. Jätevoimala tuottaa vuosittain noin 920 GWh kaukolämpöä ja 600 GWh sähköä. [2.]

### 2.3 Tunnuslukuja

Vuonna 2017 Martinlaakson voimalaitos sekä Långmossebergenin jätevoimala kattoi koko yhtiön sähköntuotannosta 48 %. Erilaisten osakkuussähköjen osuus oli 56 %. Vantaan Energian kokonaistuotannon määrät laskivat edellisestä vuodesta 134 GWh:lla. [5.]

Vuosituotanto Martinlaakson voimalaitoksella kasvoi edellisestä vuodesta. Sähköä tuotettiin 395 GWh ja kaukolämpöä 897 GWh. Tuotantomäärät jätevoimalalla taas laskivat edellisestä vuodesta sähköntuotannon ollen 164 GWh ja kaukolämmön 933 GWh. Vuoden 2017 matala markkinahintataso vaikutti tuotettuun sähkönmäärään. [5.]

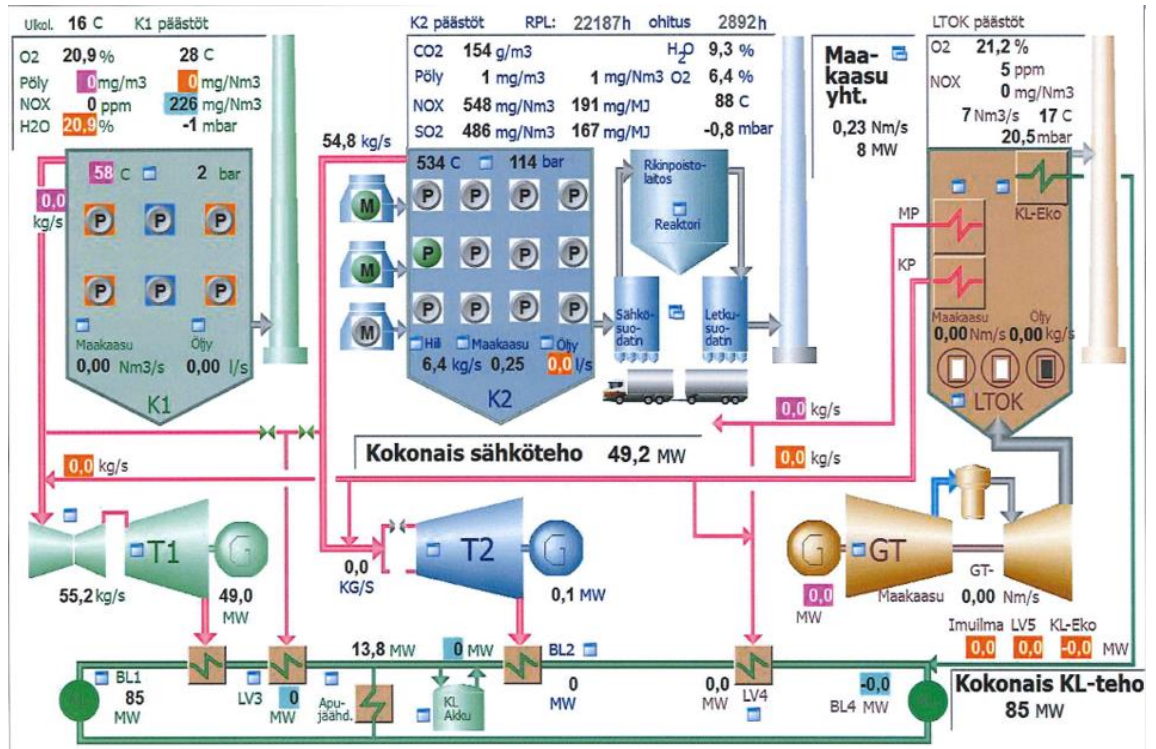
Vuonna 2017 Vantaan Energian konsernin liikevaihto oli 285,3 milj. €, josta liikevoittoa kertyi 54,8 milj. €. Vantaan Energia Oy:n liikevaihto oli 245,1 milj. €, josta liikevoittoa 36,8 milj. €. Tytäryhtiö Vantaan Energia Sähköverkot Oy:n liikevaihto oli 42,6 milj. € ja liikevoitto 12,7 milj. €. Jätevoimalan tehokas toiminta sekä kannattava sähkön myynti kasvattivat emoyhtiön liikevoittoa vuonna 2017. Vuoden 2017 aikana Vantaan Energian palveluksessa oli henkilöstöä keskimäärin 339. [5.]

### 2.4 Martinlaakson voimalaitos

Martinlaakson voimalaitosta voidaan kutsua CHP-laitokseksi (*Combined Heat and Power*), koska sähkö ja lämpö tuotetaan niiden yhteistuotantona. Tällöin laitoksen tuottama energia pystytään hyödyntämään kokonaisuudessaan tehokkaasti mukaan lukien hukkalämpö. Kivihiili ja maakaasu toimivat voimalaitoksella pääpolttoaineina. Kevyttä polttoöljyä käytetään varapolttoaineena. Tämän hetkinen polttoaineteho Martinlaakson voimalaitokselle on 485 MW. [6; 7.]

Martinlaakson prosessin yleisnäyttö on esitetty kuvassa 2. Kuvan oikeassa laidassa on kaasuturbiini GT ja lämmöntalteenottokattila LTOK. Sinisellä värillä kuvan keskellä on Mar2-hiilikattila ja rikinpoistolaitos. Vasemmassa reunassa on vihreällä merkitty tuotannosta poistettu Mar1-maakaasukattila. Yksiköiden välillä kulkevat linjat kuvaavat tuore-

höyryä (punainen), savukaasua (harmaa) ja kaukolämpövedenkiertoa (vihreä). Martinlaakson voimalaitoksella on kaksi höyryturbiinia T1 ja T2. Yksiköstä riippumatta tuorehöyry voidaan ohjata kyseisille turbiineille. Prosessikuvan alalaidassa vihreällä on merkitty kaukolämpöakku KL-akku, johon tuotannosta syntyvä ylimääräinen lämpö voidaan ohjata silloin, kun kaukolämmölle ei ole tarvetta. [8.]



Kuva 2. Martinlaakson voimalaitoksen yleisnäyttö [8].

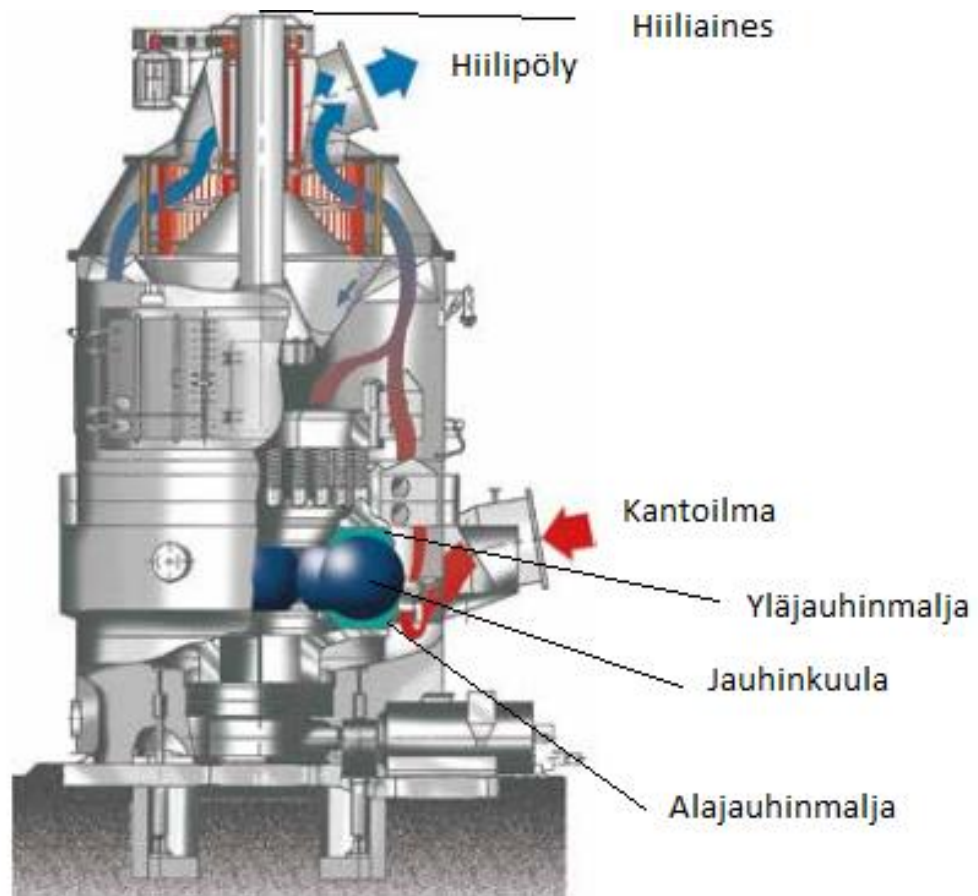
Voimalaitoksen perustuotanto koostuu tällä hetkellä pääasiassa hiilikattilalaitoksesta (Mar2) ja kaasuturbiinilaitoksesta (Mar4). Vuonna 2015 osittain käytöstä poistettiin maa-kaasukattilalaitos (Mar1), jonka tilalle on valmistumassa tuotantoon vuoden 2019 alussa biopolttoainetta käyttävä kattila (MarBio), jossa poltetaan pääosin puuhaketta ja noin 10 % turvetta. Uuden kattilan suunniteltu käyttöaika vuodessa on noin 5 000 h ja polttoaine-energia 500 GWh. Mar2 kattilan käyttötunnit ovat noin 6 000 h vuodessa tällä hetkellä, mutta ne tulevat laskemaan noin 3 000 tuntiin vuodessa biokattilan valmistuttua. Uuden kattilamuutoksen jälkeen vuosituotanto tulee olemaan kaukolämmön osalta noin 900 GWh ja sähkön 500 GWh. Biokattila muutoksen ensisijaisena tarkoituksena on päästä tiukentuviin päästörajoihin. [6; 7.]

### 3 Hiilimylly

Martinlaakson voimalaitoksella on käytössä kolme Claudius Peters EM 59-585-kuularen-  
gasmyllyä hiilen jauhatukseen, näiden jauhatusteho on 14,93 t/h. Myllyt sijaitsevat en-  
simmäisessä kerroksessa hiilenjakajien alla. Hiilimylly jauhaa hiilenjakajalta syötetyn hii-  
len pölyksi. Myllyyn päätyy jauhattavan hiilen lisäksi myllynilma eli kantoilma. Kantoilma  
kuljettaa hiilipölyn kattilan polttimiin. [9.]

#### 3.1 Kuularen- gasmylly

Kuularen-  
gasmyllyjä käytetään monissa erilaisissa käyttökohteissa niiden laajan toimin-  
takapasiteettinsa ansiosta, joka on aina 1–130 t/h väliltä. Jauhatusteknologiassa kuula-  
ren-  
gasmyllyjä käytetään valmistamaan hienonnettua materiaalia esimerkiksi hiilestä,  
rautamalmista ja muista hauraista mineraaleista. Kuularen-  
gasmyllyt ovat kompaktin ko-  
koisia, ja ne mahdollistavat materiaalien jauhannan korkeissa lämpötiloissa, joiden kos-  
teus nousee maksimissaan 25 %. Kuularen-  
gasmyllyn rakenne on esitetty kuvassa 3.  
[10.]



Kuva 3. Leikkauskuva kuularengasmyllystä [10].

### 3.2 Jauhatus

Kuularengasmyllyn jauhatus perustuu pohjimmaisena jauhinrenkaan ja kuulien väliseen murskausvoimaan, jonka voimasta hiili jauhaantuu pölyksi. Hiilenjakajalta jauhattava hiili putoaa raaka-aineputkea pitkin jauhatusradan keskiosaan, josta se päätyy jauhinrenkaan ja jauhinkuulien alle keskipakoisvoimasta johtuen. Myllyn alimmaista jauhinrenkasta pyöritetään sähkömoottorin avulla. Teho välittyy vaihteen kautta renkaalle. Ylempi jauhinrenkas liikkuu vain pystysuunnassa sen ollessa kiinni painerenkaassa. Näin ollen jauhinkuulien pyörimisliike aikaansaadaan alimmaisena jauhinrenkaan toimesta. [9, s. 1; 11, s. 4; 12, s. 3.]



Riittävä jauhatuspaine jauhinrenkaiden väliin saadaan aikaan hydraulisynterien ja puristusjousien avulla. Sylinterit on kiinnitetty vaijereiden avulla jousien kiristyskehukseen. Kehykselle sijoitetut hydrauliset sylinterit vetävät männäntankojensa avulla kiristysköysiä, joista voima välittyy pingotuskehukseen (liite 1). Näin jauhatuspaine jaetaan tasaisesti painerenkaaseen, jauhinkuuliin ja ylempään jauhinrenkaaseen. Materiaalin jauhatavuuteen voidaan vaikuttaa kuormituspainetta säätämällä. Kuormituspaineella on suoranainen vaikutus vaihteistoon ja sen käyttöikään. Paine välittyy alemman jauhinrenkaan kautta jauhinmaljaan, johon vaihteiston akseli kiinnittyy. [10, s. 4; 11, s. 3; 12, s. 4.]

Jauhinkuulat ovat erikoisteräksestä valettuja, paksuseinäisiä, onttoja kuulia. Martinlaakson voimalaitoksessa käytettävissä kuularengasmyllyissä kuulia on 5 kappaletta kutakin myllyä kohden. Teräslaadun on hyvä vastata jauhettavan materiaalin kulutusominaisuuksia, näin saavutetaan pitkä kestoikä. Myllyn jauhinosaan kuntoa seurataan mittamalla niiden kulumista vuosittain vuosihuollon yhteydessä. Jauhinkuulat- ja maljat on esitetty kuvassa 4. [10.]



Kuva 4. Hiilimyllyn ylä- ja alajauhinmalja sekä jauhinkuulat.

Hiilimyly ei kykene jauhamaan kaikkea syötettyä hiiltä kerralla oikeaan partikkelikokoon. Pölyn seulonta tapahtuu painovoiman ja keskipakovoiman avulla myllyyn sijoitetussa erottimessa. Jauhettu aines tempautuu ilmavirran mukaan ja päätyy seulaan. Riittävän hienoksi jauhautunut aines kulkeutuu ilmavirran mukana pois seulasta ja päätyy polttiiniin. Karkea aines virtaa takaisin jauhatustilaan. Jauhatuksen karkeutta pystytään säätämään johtosiivekkeiden asentoa muuttamalla. [8, s. 1; 10, s. 5.]

## 4 Hydraulikka

### 4.1 Hydraulikan toimintaperiaate

Hydraulikka on yksi fluiditekniiikan osa-alueista, jossa tehonsiirto perustuu nesteen paineeseen ja virtaukseen. Järjestelmän tuottama työ perustuu paine-energiaan. Hydraulisilla tehonsiirtojärjestelmillä mekaanisesti tuotettu energia muutetaan hydrauliseksi tehoksi. Hydraulinen paine ja tilavuusvirta on mekaanisen tehon aikaansaannos. Tavallisimmin mekaaninen energia tuotetaan sähkö- tai polttomoottoreilla. Toimilaitteet muuttavat hydraulisen energian mekaaniseksi energiaksi. [13.]

Hydraulisten järjestelmien etuina ovat komponenttien asennuksen joustavuus sekä niiden hyvä tehopainosuhde. Teho siirtyy putkia pitkin haluttuun paikkaan sekä komponentit ovat pieniä, mutta tehokkaita, jolloin niiden sijoittelu on helppoa. Järjestelmillä saadaan aikaan suuria voimia ja momentteja. Lisäksi niiden muuttaminen ja säätäminen on helppoa. Haittoja ja haasteita ovat esimerkiksi tehohäviöt pitkillä siirtomatkoilla. Lisäksi pitkä kestoikä ja varmuus edellyttävät puhdasta järjestelmää. [14, s. 170.]

Hydraulijärjestelmät jaetaan toimintaperiaatteensa mukaan kahteen pääryhmään avoimiin ja suljettuihin järjestelmiin. Teollisuudessa käytetyt järjestelmät ovat yleensä avoimia sekä niitä käytetään yleisesti sylintereiden ohjausjärjestelmissä. Avoin järjestelmä poikkeaa suljetusta pääosin niin, että siinä pumppu imee öljyn järjestelmään öljysäiliöstä, jonne se päätyy myös toimilaitteilta. Pumppu pumppaa nestettä vain yhteen suuntaan. Toimilaitteiden toimintaa ohjataan venttiileillä. Suljetussa järjestelmässä neste palaa

suoraan pumpun imupuolelle ja pumpun pyörimissuuntaa voidaan vaihtaa halutulla tavalla. [15, s. 5.]

## 4.2 Komponentit

Hydrostaattisessa tehonsiirrossa komponentteja, jotka muuntavat energian tehoksi ovat pumput, sylinterit ja moottorit. Niiden toiminta perustuu syrjäytysperiaatteeseen, jossa syrjäytyselimien voimavaikutusten avulla energia muutetaan muodosta toiseen. [14, s. 189.]

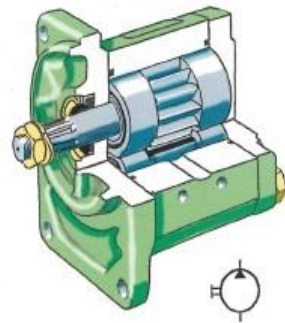
Hydraulijärjestelmien toimintoja ohjataan ja säädetään erilaisilla venttiileillä. Näitä ohjattavia toimintoja ovat muun muassa paineen ja tilavuusvirran suuruus sekä tilavuusvirran suunta. Painetta nostamalla tai laskemalla pystytään vaikuttamaan voimiin ja momentteihin. Tilavuusvirtaa muuttamalla taas toimilaitteiden liikenopeuksiin. Tilavuusvirran suuntaa ohjaamalla voidaan vaikuttaa toimilaitteiden liikesuuntiin. Edellä mainittujen ominaisuuksien mukaan venttiilit on jaettu paine-, virta- ja suuntaventtiileihin. Venttiileillä on myös järjestelmää suojaavia käyttötarkoituksia. [14, s. 222; 15, s. 224.]

### 4.2.1 Hydraulipumput

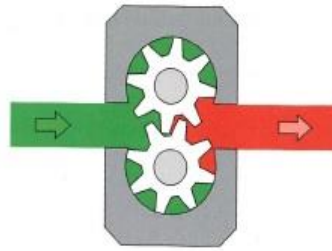
Hydrauliikassa käytettävien pumppujen toiminta perustuu yleensä syrjäytysperiaatteeseen, ja ne tuottavat tilavuusvirtaa. Pumpun akselille tuotu mekaaninen energia muuttuu hydrauliseksi energiaksi. Paine syntyy järjestelmään vasta sitten kun pumpun tuottamaa tilavuusvirtaa vastustetaan. Pumput voidaan jakaa vakiotilavuuksisiin ja säätötilavuuksisiin sekä yksi- ja kaksisuuntaisiin pumppuihin. [14, s.189; 15, s. 137.]

Hammaspyöräpumput ovat vakiotilavuuspumppuja, jotka jaetaan ulko- ja sisäryntöisiin pumppuihin. Sisäryntöisellä hammaspyöräpumppulla on hyvä imukyky ja alhaisempi melutaso sekä se tuottaa tasaisempaa tilavuusvirtaa kuin ulkoryntöinen pumppu. Sisäryntöisiä pumppuja on paljon käytössä teollisuudessa. Kuvassa 5 havainnollistettu hammaspyöräpumppujen toimintaa. [14, s. 191; 15, s. 155.]

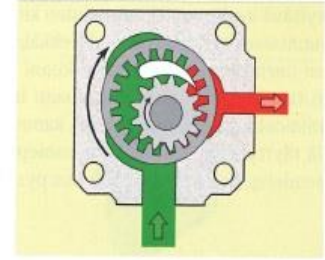




Halkileikattu  
hammasyöröpumppu.



Ulkoryntöisen  
hammasyöröpumpun  
toimintaperiaate.



Sisäryntöisen  
hammasyöröpumpun  
toimintaperiaate.

Kuva 5. Ulko- ja sisäryntöinen hammasyöröpumppu [14, s. 191].

#### 4.2.2 Hydraulisen energian varastointi

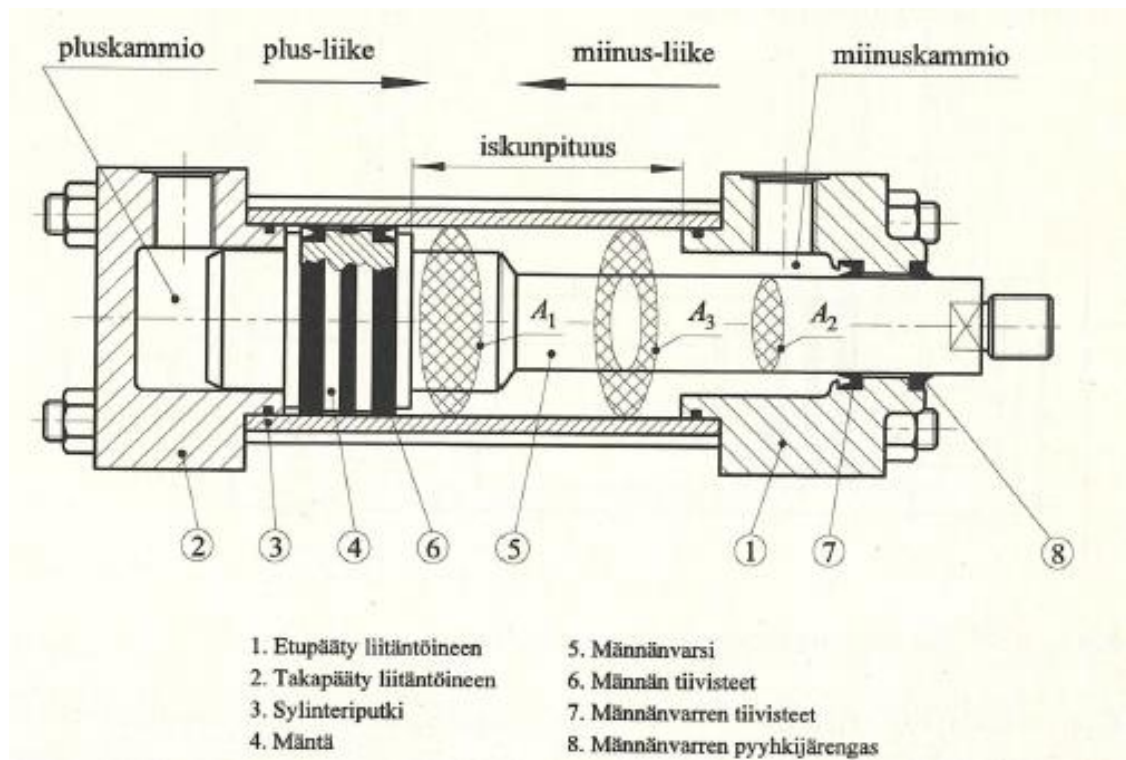
Energian varastoinnilla hydraulijärjestelmässä pyritään järjestelmän ominaisuuksien parantamiseen sekä järjestelmän toiminnan ylläpitämiseen poikkeustilanteissa. Energian varastoiminen nesteeseen itseensä ei käytännön sovelluksissa ole mahdollista. Tämän takia energia varastoidaan järjestelmän ulkopuolelle. Yleensä se varastoidaan kokoon puristettavaan kaasuun. [15, s. 212.]

Hydraulijärjestelmän energiaa saadaan varastoitua paineakun avulla, minkä jälkeen sitä voidaan hyödyntää energialähteenä pumpun kanssa tai ilman. Paineakkuja käytetään tilavuusvirtalähteenä, järjestelmän paineen ylläpitäjänä sekä värähtelyjen ja paineiskujen tasaajana. Paineakut ovat paineastialainsäädännön alaisia. [15, s. 216.]

#### 4.2.3 Toimilaitteet

Hydraulimoottoreita ja -sylintereitä kutsutaan toimilaitteiksi. Ne muuttavat hydraulisen energian mekaaniseksi energiaksi. Sylinterien tuottama teho on mekaanista, edestakaista suoraviivaista liikettä eli lineaarista. Sylinterit voidaan jakaa toimintansa mukaan kahteen ryhmään: yksitoimisiin ja kaksitoimisiin. Sylinterin toimintaperiaate perustuu siihen, että sylinteriputkeen männänpuolelle johdetaan öljyä, joka työntää mäntää eteenpäin, jolloin siihen kiinnitetty männänvarsi tekee suoraviivaista liikettä. [15, s. 173.]

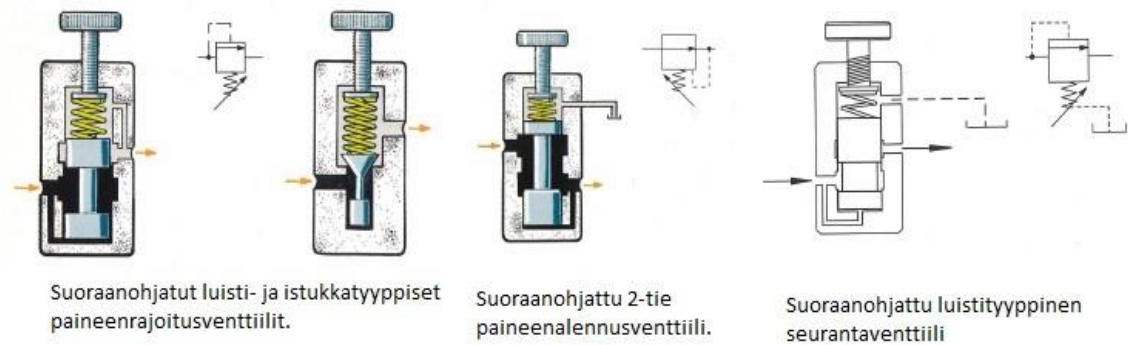
Hydraulimoottorit muuntavat hydraulisen energian pyörimisliikkeeksi. Moottorit jaetaan niiden pyörimisnopeuden perusteella kolmeen ryhmään, joita ovat hidaskäyntiset, keskinopeuksiset ja nopeakäyntiset. Sylinterit jaetaan yleensä kahteen pääryhmään yksitoimisiin ja kaksitoimisiin. Kuvassa 6 on hydraulisynterin leikkauskuva. [14; s. 195, 255, 261.]



Kuva 6. Hydraulisynteri [15, s. 195].

#### 4.2.4 Paineventtiilit

Paineventtiilejä käytetään hydraulijärjestelmän toiminnan ohjaamiseen ja paineen säätöön. Paineventtiilejä ovat paineenohjausventtiilit, paineenalennusventtiilit ja paineenrajoitusventtiilit. Säättämällä painetta voidaan vaikuttaa toimilaitteista välittyviin voimiin ja momentteihin. Toiminnan ohjaamisesta puhuttaessa tarkoitetaan esimerkiksi sylintereiden liikejärjestyksen säätämisestä. Toimintojensa perusteella paineenttiilit voidaan luokitella säätäväksi tai ohjaavaksi sekä istukka- tai luistityyppisiin venttiileihin. Kuvassa 7 on esitetty paineenttiileitä ja niiden piirrosmerkkejä. [14, s. 223; 15, s. 254.]



Kuva 7. Paineventtiileitä ja niiden piirrosmerkkejä [14, s. 224].

Jokainen hydraulijärjestelmä sisältää paineenrajoitusventtiilin. Sen tehtävänä on rajoittaa järjestelmän maksimipainetta säädettyyn arvoon. Venttiili suojaa näin järjestelmän komponentteja vaurioilta, joita liika paine aiheuttaisi. Jos osa järjestelmää vaatii alhaisempaa painetta kuin muu järjestelmä, voidaan alennettu paine luoda paineenalennusventtiilillä. Paineohjausventtiilillä voidaan ohjata järjestelmän toimilaitteiden toimintaa tietyssä järjestyksessä. Yksi paineohjausventtiilin käyttökohteista on toimia paineakun latausventtiilinä. [14, s. 225.]

#### 4.2.5 Virtaventtiilit

Hydrauliikkajärjestelmissä toimilaitteiden kuten sylintereiden liikenopeutta säädetään virtaventtiileillä. Liikenopeuden säätö tapahtuu tilavuusvirtaa muuttamalla, joka voi tapahtua kolmella eri tavalla. Hydraulipumpun tuottamaa tilavuusvirtaa säädetään muuttamalla sen kierrosnopeutta, järjestelmä käyttää vakio-tilavuuspumppua, jolloin säätö suoritetaan virtaventtiilillä kuristamalla tilavuusvirtaa tai muuttamalla sen moottorin pyörimisnopeutta, joka pyörittää hydraulipumppua. Virtaventtiilit voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään: virtavastusventtiilit, virransäätöventtiilit ja virranjakoventtiilit. [14, s. 228.]

Virtavastusventtiilissä säätö perustuu virtauspoikkipinta-alaan, jolla pystytään vaikuttamaan tilavuusvirtaan. Venttiilin kuristuksen yli vaikuttava paine-ero määrittää tilavuusvirran suuruuden. Virransäätöventtiileissä virtauksen muutos onnistuu poikkipinta-alaa säätämällä. Liikenopeus pystytään säilyttämään ennallaan kuormituksen ja paineen vaihteluista huolimatta. Virranjakoventtiilit jakavat nimensä mukaisesti venttiilille tulevan

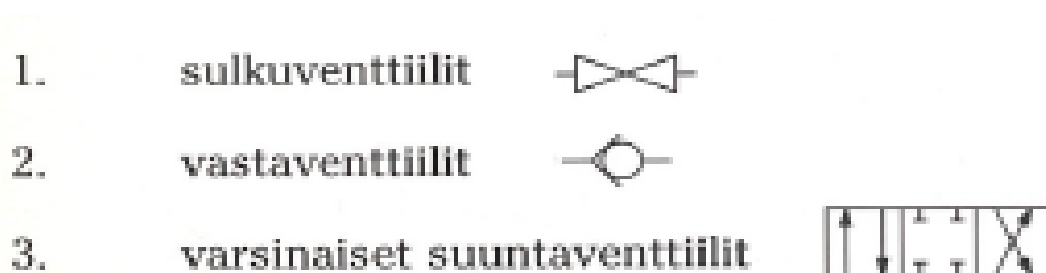
virtauksen. Tavallisesti virtaus jaetaan tasan kahden virtauskanavan kesken, mutta muunlaisetkin jakosuhteet ovat mahdollisia. Kuvassa 8 on virtaventtiileiden piirrosmerkkejä. [14, s. 230.]



Kuva 8. Virtaventtiileiden piirrosmerkkejä [14, s. 231].

#### 4.2.6 Suuntaventtiilit

Suuntaventtiileillä ohjataan tilavuusvirran suuntaa. Niiden avulla on mahdollista muun muassa vaikuttaa toimilaitteiden liikesuuntiin tai vaihtoehtoisesti sulkea virtaus kokonaan. Suuntaventtiilit on jaettu kolmeen tyyppiin. Sulkuventtiilien avulla voidaan sallia tai estää virtaus järjestelmässä. Vastaventtiileitä käytetään silloin, kun virtaus sallitaan ainoastaan toiseen suuntaan, mutta estetään vastakkaiseen. Varsinaisia suuntaventtiileitä käytetään järjestelmässä silloin, kun toimilaitteen tulee toimia eri suuntiin, tällöin tarvitaan venttiili, jonka avulla voidaan vaihtaa tilavuusvirran suuntaa. Kuvassa 9 suuntaventtiileiden piirrosmerkkejä. [14, s. 232.]



Kuva 9. Suuntaventtiileiden piirrosmerkkejä [14, s. 233].

#### 4.2.7 Painekeytkin

Painekeytkintä käytetään sähköisissä ohjauksissa. Yleisiä käyttökohteita ovat sylintereiden käyttöpaineen sekä säiliöpaineen valvonta. Kytkimessä on metallinen palje tai kuminen kalvo. Paineen vaikutusala on joko kalvon takana tai palkeen sisällä. Säättämällä jousivoimaa voidaan säätää haluttu paineraja, jolla kytkimen asento vaihtuu. [14, s. 72.]

## 5 Hiilimyllyn jauhatuksen hydrauliiikka

Myllyn jauhatuspaine tuotetaan hydraulisella painelaitteella. Myllyn ympärille on sijoitettu neljä hydraulisylinteriä, jotka tiukentavat männänvarsiensa avulla kiristysvaijereita. Kiristysvaijereiden kautta vetovoima siirtyy pingoituskehukseen. Kehys jakaa jauhatuspaineen tasaisesti jauhinosisille. Jauhatuspaine välittyy jauhatusmaljan kautta vaihteelle, josta se johdetaan alustaan.

Staattinen esijännitysvoima säädetään hydraulisilla sylintereillä. Painejouset mahdollistavat silti pienempiä iskuliikkeitä jauhatuksen aikana. Sylintereiden hydraulista painetta säättämällä määritetään jousien esijännitysvoima. Jauhinosisien kuluessa hydraulisten sylintereiden männät seuraavat automaattisesti niiden kulumista. Tämä mahdollistaa järjestelmässä esiasetetun hydraulipaineen ja kokonaisjauhatuspaineen ylläpitämisen. [12, s. 3; 16, s. 137.]

Hiilimyllyn hydraulijärjestelmän toiminta perustuu hammaspyöräpumpulla tuotettuun hydraulipaineeseen, joka ohjataan venttiileiden kautta sylintereihin.

Seuraavassa osanumeroilla viitataan hydrauliiikka-toimintakaavioon ja osaluetteloon (liitteet 2 & 3). Sähkötoimisella hammaspyöräpumpulla (2) tuotetaan haluttu hydraulinen paine. Tuotettua painetta voidaan säätää paineenrajoitusventtiilillä (9). Hammaspyöräpumpun käynnistyttyä hydrauliiikkaöljy kulkee 3/2-tie vasteventtiiliin (13), 4/2-tie venttiiliin (14) ja paluusuodatinelementin (10) kautta takaisin hydrauliiikkasäiliöön. Myllyn käynnistyttyä vasteventtiiliin (13) magneetti vetää ja venttiili sulkeutuu. Hydrauliiikkaöljy pääsee kulkemaan kuristinistukkaventtiiliin (20) ja putken (A) kautta sylintereihin (24). Paine

alkaa kohoamaan, kunnes painekytkin (22) kytkee hammaspyöräpumpun pois päältä. Tällöin nimellispaine on saavutettu. [11, s. 4.]

Jauhatusprosessin aikana 3/2-tieventtiili on koko ajan sähköisesti vedettynä auki-asentoon. Järjestelmän saavutettua nimellispaineen poistuu jauhattua ainesta kantoilman virtauksen vaikutuksesta kattilaan polttoon. Jauhinkuulien alle syntyy jauhepatja. Hydraulikka tasaa automaattisesti jauhepatjan, jolloin hydraulikkaöljyä kulkeutuu hydraulista sylintereistä painevaraajaan (16). Näin säädetty nimellispaine ja jousiesijännitykset säilyvät lähes vakiona. [11, s. 4.]

Jauhatusprosessin aikana jouset toimivat ylimääräisinä iskunvaimentimina ja jakavat jauhatuspaineen tasaisesti jauhinkuulille. Kun jauhinkuulien alle päätyy suurempia partikkeleita, siirtyy ensin suurin mahdollinen öljytilavuus painevaraajaan. Koneiston paine nousee, kun hydraulisten sylintereiden syrjäyttämä öljytilavuus ylittää painevaraajan tilavuuden. Tällöin säädetty paineenrajoitusventtiili avautuu ja päästää öljyn virtaamaan takaisin säiliöön. [11, s. 4.]

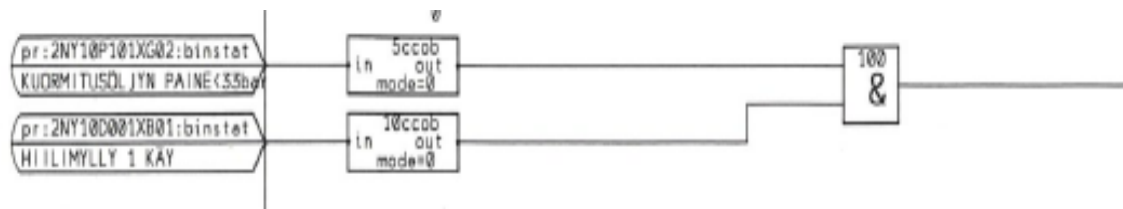
Öljynpaineen pudotessa noin 5 bar alle nimellisen jauhatuspaineen kytkee painekytkin hammaspyöräpumpun päälle. Paineen putoamisen syitä voi olla esimerkiksi jauhinosten kuluminen tai öljykato hydraulisylintereissä. Kun säädetty nimellispaine on saavutettu kytkin kytkee hammaspyöräpumpun pois päältä. Merkittävien öljynpaineen pudotusten sattuessa, kytkee painekytkin (18) käyttölaitteen ja jauhatuskoneiston pois päältä. [11, s. 4.] Liitteessä 2 on esitetty hiilimylyn jauhatuksen hydraulikaavio.

## 6 Jauhatuksen automaatio

Automaation toimiessa ohjauslaitteena se vastaanottaa kenttälaitteelta tiedon, johon se vastaa ohjelman määrittämällä tavalla. Toimilaitteet toimivat vastaanotetun tiedon pohjalta. Toiminta riippuu ohjelmoijan luomasta ohjelmasta.

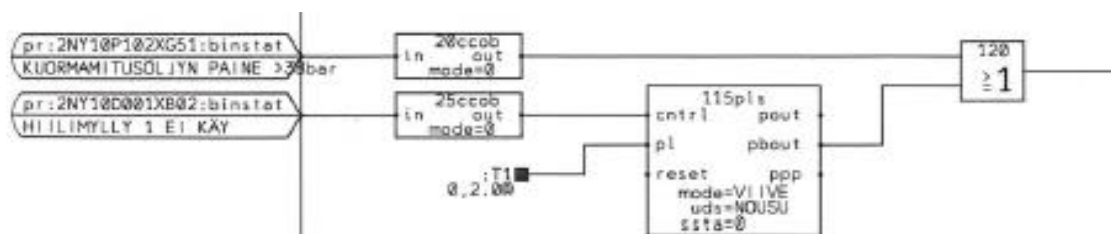
Hiilimyllyn logiikassa on toteutettu kriteeriohjausta. Kriteeriohjauksessa työvaiheet eivät seuraa jatkuvasti toisiaan. Siinä toimilaitteita ohjataan kenttälaitteilta saadun tiedon perusteella eivätkä ne ole välttämättä kytköksissä muihin ohjelman sisältämiin toimintoihin. Esimerkiksi painekeytkin kytkeytyy ja pumppu sammuu. Liitteessä 4 on esitetty hiilimyllyn automaation toimintakaavio. Kaavio sisältää toimintalohkoja, jotka suorittavat tietyn funktion. Toimintalohkoja on myös mahdollista kytkeä rinnan sekä sarjaan. [17.]

Toimintakaavioon on ohjelmoitu erilaisia käskyjä esimerkiksi pumpun toiminnalle. Kuvasta 10 selviää, että hiilimyllyn käydessä ja kuormitusöljynpaineen ollessa alle 33 bar pumppu käynnistyy. Molempien signaalien täytyy olla 1, jotta ne täyttävät & -piirin vaatimukset. [17.]



Kuva 10. Hydraulikkapumpun käynnistymisen logiikka [18].

Automaatio-ohjelma sisältää tai -piirin. Pumppu pysähtyy, jos hiilimylly ei käy tai kuormitusöljynpaine on yli 38 bar. Pumpun pysäytykseen on ohjelmoitu 2 s:n viive. Suuremman partikkelin tullessa hiilimyllyn jauhatukseen on mahdollista, että paine nousee järjestelmässä hetkellisesti yli 38 bar. Hetkellinen paineen nousu järjestelmässä on sallittu. Viive toimii suojana järjestelmän toiminnalle, jolloin varmistetaan, että hetkellinen painerajan ylitys ei aiheuta myllyn alasajoa tai pahimmassa tapauksessa tuotantokatkoa voimalaitokselle. Hydraulikkapumpun pysähtyminen on esitetty kuvassa 11. [17.]



Kuva 11. Hydraulikkapumpun pysähtymisen logiikka [18].

## 7 Jauhatuksessa ilmenneet ongelmat ja niiden selvittäminen

Tässä kappaleessa keskitytään ajokauden 2017–2018 hiilimyllyn jauhatuksessa ilmeneisiin ongelmiin ja seurauksiin sekä niiden selvittämiseen.

### 7.1 Todetut ongelmat

Vuoden 2017 syyskuussa havaittiin, että hiilimyllyn hydraulikka ei toimi niin kuin sen kuuluisi. Ensimmäinen havainto toimimattomuudesta tehtiin hydraulisylintereistä, jotka eivät jauhatuksen aikana joustaneet niin kuin niiden kuuluisi. Normaalitylanteessa sylinterien liike on silmin nähtävissä. Havainnon jälkeen ei pystytty tarkkaan toteamaan, antavatko sylinterit liikaa joustoa vai liian vähän. Tiedettiin ainoastaan, että sylinterit eivät liiku. [19.]

Helmikuussa vuonna 2018 hiilimyllyssä halkesi alajauhinmalja. Mahdollisia syitä halkeamiselle on kartoitettu. Ajokaudella ajettu hiilen laatu on ollut huono. Hiili on sisältänyt normaalia enemmän kiviainesta sekä se on ollut tavallista kosteampaa, tämä on aiheuttanut muun muassa tukoksia sekä lämpötilan vaihteluita myllyssä. Vaurioita kartoittaessa huomattiin, että kiveä oli päässyt myös alajauhinmaljan alle, jolloin malja oli kohonnut. Halkeamisen syynä ovat voineet olla myös kivet, jotka eivät ole jauhuneet jauhinpuulan ja alajauhinmaljan välissä. Tästä johtuen kiviaines on nostanut kuulaa ja kuula niin ikään yläjauhinmaljaa ja tämä taas pingottanut puristusjousia. Jännityksen rauettua alajauhinmalja on ottanut voiman vastaan. Tätä on mahdollisesti edesauttanut toimimaton jauhatuksen hydraulijärjestelmä, joka toimiessaan ottaisi vastaan iskuista johtuvat paineheilahtelut. Toimimaton hydraulijärjestelmä voi lisäksi kuormittaa vaihteistoa. Kuvassa 12 näkyy haljennut alajauhinmalja. [19; 20.]





Kuva 12. Haljennut alajauhinmalja.

Vikaantuneella hydraulijärjestelmällä voi olla muitakin mahdollisia seurauksia kuin ainoastaan mekaanisten osien rikkoontuminen ja vikaantuminen. Heikosti toimiva jauhatus lisää palamattomien partikkeleiden määrää, millä voi olla yhteys kasvaviin typenoksidipäästöihin. Hiili pyritään jauhamaan hyvin hienoksi pölyksi. Mitä hienommaksi hiili pystytään jauhamaan kuulien välissä, sitä pienemmällä ilmamäärällä hiilipölyä on mahdollista polttaa. Näin ollen jauhatuksen hydrauliiikan toimimattomuudesta johtuen ilmamäärät voivat kasvaa. [20.]

## 7.2 Vian kartoitus

Hiilimylyn hydraulijärjestelmän vian tarkempi selvittäminen aloitettiin 2018 vuoden keväällä vuosihuollon yhteydessä. Martinlaakson voimalaitoksella hiilimylyjen hydrauliko-neikot on sijoitettu myllyjen välittömään läheisyyteen ilman minkäänlaista suojaa pölyltä ja liialta. Hiilimylyjen käydessä hiilipöly pääsee kosketuksiin hydraulijärjestelmän kanssa, mikä voi johtaa tukoksiin järjestelmässä.

Vuosihuollossa keväällä 2018 aloitettiin hydraulikkavian tutkiminen. Huolto aloitettiin hydrauliohjelmointijärjestelmän puhdistuksella, jonka yhteydessä myös suodatin tarkistettiin ja vaih-dettiin. Huollossa säiliöstä sekä suodattimesta löytyi merkittävä määrä sinne kuuluma-tonta ainesta. Havainnosta johtuen päätettiin, että järjestelmän putkistoihin olisi voinut päätyä säiliön kautta likaa, joka mahdollisesti olisi aiheuttanut tukoksen järjestelmään. Liialla ja järjestelmässä olevalla mahdollisella tukoksella saattaa olla yhteys joustamatto-miin hydraulisylintereihin.

Syksyllä 2018 tarkasteluiden kohteeksi otettiin myös hiilimylyn jauhatuksen automaatio johtuen vuonna 2014 toukokuussa käydyistä sähköpostikeskustelusta. Keskustelussa kävi ilmi, että jauhatuksen yhteydessä ilmennyt ongelma oli esillä jo tuolloin. Keskuste-lussa tuodaan esille kaksi mahdollista syytä vialle. Hydraulikan automaatio uudistuksen yhteydessä olisi tapahtunut virhe johtuen viallisista painemittauksista, putkistoista tai venttiileistä. Mahdollisena syynä pidettiin myös automaatio-ohjelmassa tapahtunutta muutosta. [21.]

## 7.3 Vian selvittäminen

Alajauhinmaljan haljettua helmikuussa 2018, hiilimyly ajettiin alas vaurioiden arviointia sekä huoltoa varten. Huolto suunniteltiin tehtäväksi niin, että ensimmäiseksi tarkistettiin mekaaniset osat vian selvittämiseksi. Huollossa tarkistettuja ja huollettuja kohteita olivat sylintereiden iskunpituudet, paineasetelmanjouset, vaijereiden pituudet sekä kiinnityk-

set. Huollossa havaittiin myös, että paineasetelman jouset olivat kuluttaneet lovet paineasetelmassa sijaitseviin jousien kiinnitystappeihin. Kuvassa 13 on yksi neljästä jousen kiinnitystapista, jossa on havaittavissa kulumaa. [19.]



Kuva 13. Paineasetelmassa olevan jousen kiinnitystappi.

Tapeissa olevien jälkien perusteella ei pystytty varmistamaan, että ne olisivat johtuneet ainoastaan joustamattomista hydraulisyntereistä. Tämän lisäksi huomattiin, että paineasetelmanvaijerit olivat jatkuvasti kireällä. Sylintereiden iskunpituuksiksi mitattiin ilman hiilipatjaa 420–460 mm. Näillä asetuksilla sylintereihin jäi joustovaraa noin 100 mm. Mekaanisten osien tarkistuksista ei löytynyt suoranaisesti mitään poikkeavaa. Osien huollon ja tarkastusten jälkeen aloitettiin hydraulikkavian selvittäminen. Selvitys siirtyi vuosihuoltoon, koska mylly oli saatava tuotantoon mahdollisimman nopeasti. [19.]

Vikojen poissulkemiseksi ja painekeytkinten toiminnan varmistamiseksi vuosihuollossa simuloitiin paineen romahtamista järjestelmässä päästämällä painetta ulos järjestelmästä paineakun kautta. Järjestelmä toimi moitteetta, painekeytkin kytki pumpun päälle paineen romahtaessa alle 33 bar ja kytki pumpun pois päältä paineen ylittäessä 38 bar. Lisäksi paineakun rakko vaihdettiin sekä akku työtettiin. Hydraulijärjestelmään asennettiin

meno- ja paluupuolelle mitta-anturit, joilla pystyttiin seuraamaan painetta järjestelmässä sekä paineakussa hiilimyllyn ollessa tuotannossa. [19.]

Meno- ja paluupuolen mittaustulokset saatiin painekäyränä ajan funktiona. Mittausten perusteella järjestelmän toiminnasta ei löytynyt mitään poikkeavaa, mikä selittäisi hydraulisylintereiden joustamattomuuden. Tuloksissa ei ole myöskään havaittavissa mitään suurempia painepiikkejä, joista johtuen hiilimyllyn alajauhinmalja olisi voinut särkyä. Hiilimyllyä ajettaessa pitopaine pysytteli säädetyssä arvossa, noin 38 barissa (liite 5).

Mahdollisen automaatiosta aiheutuvan vian selvittäminen aloitettiin vertaamalla hiilimyllyjen automaatio-ohjelmia keskenään. Martinlaakson voimalaitoksella on kolme hiilimyllyä, joiden jauhatus tuotetaan täysin samanlaisilla ohjelmilla. Kahdessa myllyssä jauhatuksen hydrauliiikka toimii moitteetta, joten myllyjen automaatio-ohjelmia verrattiin keskenään eroavaisuuksien löytämiseksi. Niitä ei kumminkaan löytynyt. Toinen mahdollinen vikaantumista aiheuttava tekijä olisi voinut olla rikkiäinen IO-kortti, mutta sekin varmistui ehjäksi mittausten jälkeen. Paine pysyy ohjelmoiduissa rajoissa, mikä viittaisi siihen, että ohjelmoinnin puolella kaikki toimisi oikein sekä painekeytkimien toimintarajat olivat pysyneet säädetyissä arvoissa. [17.]

## 8 Järjestelmän kehitysehdotukset

Tehtyjen haastattelujen ja tutkimusten pohjalta selvisi, että järjestelmässä olisi myllyn käytön sekä vikojen ennaltaehkäisemiseksi parannettavaa. Kehitysehdotusten avulla hiilimyllyn hydraulijärjestelmästä pyrittiin luomaan informatiivisempi, käyttäjäystävällisempi sekä varmatoimisempi.

### 8.1 Hydraulijärjestelmän paineen seurannan päivittäminen ja kustannukset

Hiilimyllyn hydraulijärjestelmän hammaspyöräpumppua ohjaavat tällä hetkellä painekeytkimet. Painekeytkimet kytkevät pumpun päälle, kun paine on järjestelmässä alle 33 bar ja sammuttaa pumpun paineen ollessa yli 38 bar.

Painekytkinten ohjatessa pumppua ainoa tieto käyttäjälle on se, onko paine yli tai alle asetettujen painerajojen. Painekytkinten ja lähettimen painerajat tarkistetaan kalibroimalla ne kalibroitipöydässä, millä varmistetaan laitteen tarkkuus ja oikea mitta-alue. Rajojen muuttuessa saattaa painekeytkin tai lähetin käynnistää tai pysäyttää pumpun liian suuren tai pienen paineen vallitessa järjestelmässä. Painelähetin on varmatoimisempi kuin kytkin, koska painekeytkimen rajojen muuttuminen saattaa johtua esimerkiksi jousen väsymisestä tai muusta mekaanisesta viasta. Elektroninen painelähetin on osoittautunut sähköinsinööri Ville Paasolaisen mukaan varmatoimisemmaksi kuin mekaaninen painekeytkin. [17; 22.]

Hydraulijärjestelmän informatiivisuutta voidaan parantaa korvaamalla painekeytkimet painelähetimellä. Painelähettimen avulla pystytään seuraamaan järjestelmän käyttöpainetta reaaliaikaisesti jauhatuksen aikana, jolloin vikojen ja vuotojen havaitseminen helpottuu. Lähettimen mittaustulokset paineesta saadaan esitettyä ajan funktiona. Käyrää tulkitsamalla voidaan seurata, laskeeko tai nouseeko paine järjestelmässä tasaisesti. Jos käyrästä havaitaan, että paine ei ole laskenut tasaisesti on syytä epäillä esimerkiksi vuotoa. Painelähettimen toiminta on myös varmempaa kuin kytkimen, koska tehty softa lukee painelähettimen mittaustietoa oikein ja tämä pienentää inhimillisten virheiden määrää. Lähettimeen pystytään myös tarvittaessa määrittämään kytkintä tiukemmat rajat. [18.]

Hydraulijärjestelmän informatiivisuuden ja hiilimyllyn toiminnan seuraamisen helpottamiseksi painekeytkimet olisi aiheellista vaihtaa painelähettimeen. Painelähetin antaa reaaliaikaista informaatiota käyttäjälle järjestelmässä vallitsevasta paineesta. Lähettimen avulla järjestelmän vikojen diagnosointi helpottuu.

Painelähettimen kustannusarviossa huomioon otettavat tekijät

- painelähetin
- automaatiojärjestelmän kytkennän muutokset
- vanhojen kytkentöjen purku ja uusien asentaminen
- softan luonti
- kaavionäyttöjen päivittäminen
- dokumenttien päivittäminen

- IFS-toiminnanohjausjärjestelmän päivittäminen
- testaus ja käyttöönotto.

Lähettimen asennuksessa voidaan mahdollisesti käyttää hyväksi painekeytkinten kaapelointia.

Painelähettimen kustannus käyttövalmiuteen noin 4 500 €. [17.]

## 8.2 Paine-eron mittaus ja kustannukset

Vuosihuollossa havaitun suodattimen tukkoisuuden perusteella, järjestelmään olisi tarpeellista asentaa paine-erokytkin suodattimen yli. Kytkin hälyttää paine-eron ylittäessä säädetyt rajat. Paine-erokytkintä käytetään yleisesti suodattimien puhtauden tarkkailussa. Kytkin helpottaa järjestelmässä ilmenevien vikojen diagnosointia.

Paine-erokytkimen kustannusarviossa huomioon otettavat tekijät

- paine-erokytkin
- automaatiojärjestelmän kytkennät
- impulssilinjojen asennus
- ensisulkujen asennus
- softan luonti
- kaavionäyttöjen päivittäminen
- dokumenttien päivittäminen
- IFS-toiminnanohjausjärjestelmän päivittäminen
- testaus ja käyttöönotto.

Paine-erokytkimen kustannus noin 4 500 €. [17.]

### 8.3 Koneikon suojaus ja kustannukset

Huoltojen ja havaintojen pohjalta selvisi, että hydraulikoneikko altistuu lialle ja pölylle johtuen sen sijainnista aivan hiilimyllyn välittömässä läheisyydessä. Koneikon siirtäminen erilliseen tilaan ei ole mahdollista johtuen rajoitetusta tilasta Martinlaakson voimalaitoksella. Ideaalitulanteessa koneikon suunniteltu sijoituspaikka olisi puhdas ja pölytön. Oikeanlaisella sijoittelulla ja suojaamisella olisi mahdollista välttää epäpuhtauksien päätyminen hydraulijärjestelmään. Näin pystyttäisiin edesauttamaan järjestelmän häiriötöntä toimintaa sekä laitteiston pitkäikäisyyttä. Epäpuhtauksien päätyminen järjestelmään voi tapahtua usealla eri tavalla. Huoltotoimenpiteiden yhteydessä on mahdollista, että huollettavaan kohteeseen päätyy likaa. On myös mahdollista, että hienojakoista epäpuhtautta voi päätyä järjestelmään huohottimen kautta sekä hydraulisyntereiden männänvarsista.

Hydraulikoneikon suojaamiseksi suunniteltiin suojakotelo, joka estäisi lian sekä pölyn pääsyn hydraulijärjestelmään. Suojakotelolla edistetään järjestelmän häiriötöntä toimintaa sekä pyritään pidentämään laitteen ja komponenttien käyttöikää. Kuvassa 14 näkyy hiilimyllyn hydraulikoneikko.





Kuva 14. Hiilimylyn hydraulikoneikko. Taustalla hiilimyly.

Suojakoteloä suunniteltaessa otettiin huomioon koneikon helppo huollettavuus sekä moottorin jäähdytys suljetussa tilassa. Kotelon ulkokuori kootaan seitsemästä osasta ja se kiinnitetään kotelolukoilla. Suojakotelon mitat ovat 1 300 x 1 100 x 750 mm. Kotelon kantta suunniteltaessa oli tärkeää, että koneikon huollettavuus pysyy vaivattomana. Suojakotelon kansi kootaan neljästä osasata ja se kiinnitetään kotelolukoilla ja pianosaranoilla. Huoltoa suoritettaessa voidaan purkaa vain osa koteloa. Suojakotelon ulkopintaan on merkitty sen alla sijaitsevat komponentit.

Hydrauliijärjestelmän öljynjäähdytys suoritetaan järjestelmään sijoitetulla lämmönvaihtimella. Hydrauliikkapumpun moottori on ilmajäähdytteinen, joten suojakoteloon asennetaan kanavapuhallin jäähdyttämään ja kierrättämään ilmaa suljetussa tilassa. Puhallin kiinnitetään suojakotelon kylkeen hydrauliikkapumpun moottorin kohdalle. Vastakkaiselle puolelle tehdään kaksi 300 x 50 mm ulostuloaukkoa sähkömoottorin jäähdytysilmaa



varten. Kanavapuhaltimeen asennetaan 350 x 250 mm jäähdytysilmasuodatin, suodattamaan pölyn jäähdytysilmasta.

Koneikon suojakotelon kustannusarviossa huomioon otettavat tekijät

- ulkokuori sinkitty pelti, paksuus 0,7 mm
- sisäkuori sinkitty pelti, paksuus 0,5 mm
- eristelevyillä, paksuus 20 mm
- kanavapuhallin LPK 125A
- jäähdytysilmasuodatin.

Suojakotelon kustannukset asennettuna noin 2 000 €.

#### 8.4 Uuden hydraulijärjestelmän hinta

Hydraulijärjestelmän vikoja kartoitettaessa tiedostettiin, että syytä hydraulisylintereiden joustamattomuudelle ei välttämättä pystytä paikantamaan. Tästä johtuen pyydettiin tarjous Bosch Rexrothilta korvaavasta hydrauliyksiköstä, mikä sisältää ainoastaan kustannukset laitteistosta. Uusi korvaava järjestelmä on suunniteltu käytössä olevan järjestelmän hydraulikaavion sekä osaluettelon pohjalta.

## 9 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli perehtyä Martinlaakson voimalaitoksen hiilimyllyn toimintaan sekä selvittää hiilimyllyn hydraulikassa havaittua vikaa. Tavoitteena oli myös luoda kehitysehdotuksia hydraulijärjestelmään. Opinnäytetyössä perehdyttiin hiilimyllyn käyttö- ja hoito-ohjeisiin, hydraulijärjestelmän toimintakaavioon ja osaluettelon. Työssä haastateltiin lisäksi kohdeyrityksen henkilökuntaa, keräten tietoa järjestelmän toiminnasta sekä myllyssä ilmenneistä vioista.

Hiilimyllyn hydraulijärjestelmän vian selvittäminen suoritettiin pääosin vuoden 2018 keuhon vuosihuollon sekä syksyn 2018 ajokauden aikana. Vuosihuollon yhteydessä hiilimyllylle sekä hiilimyllyn hydraulijärjestelmälle suoritettiin huollot. Huoltojen yhteydessä hydraulijärjestelmään asennettiin mitta-anturit paineen seuraamiseksi järjestelmässä myllyn ollessa tuotannossa.

Hydraulijärjestelmän huollossa jäi toteuttamatta järjestelmän putkistojen huuhtelu joutuksen rajoitetusta ajasta ja resursseista. Huuhtelu olisi ollut hyvä suorittaa hydraulioöljysäiliön puhdistuksen yhteydessä ja näin varmistaa järjestelmän putkistojen puhtaus.

Vian selvittäminen osoittautui alkuperäisiä odotuksia haastavammaksi. Tehdyillä huolloilla ja mittauksilla ei pystytty paikantamaan järjestelmässä ilmennyttä vikaa. Ongelmaa selvittäessä kävi ilmi, että vastaavanlaista vikaa ei ole havaittu muissa samanlaisissa järjestelmissä. Näin ollen uudelle korvaavalle hydraulikoneikolle pyydettiin myös alustava tarjous.

Kehitysehdotukset järjestelmään suunniteltiin huolloissa havaittujen ongelmien pohjalta sekä Vantaan Energian työntekijöiden kokemusten perusteella. Painelähttimen sekä paine-erokytkimen avulla järjestelmän informatiivisuus paranee, mikä helpottaa vikojen diagnosoinnissa. Koneikon suojakotelolla pyritään edistämään järjestelmän häiriötöntä toimintaa.

Tämän työn perusteella hiilimyllyn jauhatuksessa ilmennyttä hydraulisyntereiden joustamattomuutta tulee selvittää perusteellisemmin vuoden 2019 vuosihuollossa. Vuoden 2018 aikana järjestelmään tehdyillä huolloilla ja mittauksilla rajattiin pois mahdollisia vian aiheuttajia.

## Lähteet

- 1 Vantaan Energia. 2018. Verkkodokumentti. Vantaan Energia Oy. <https://www.vantaanenergia.fi/me/vantaan-energia/>. Luettu 10.9.2018.
- 2 Vantaan Energia. 2018. Verkkodokumentti. Vantaan Energia Oy. <https://www.vantaanenergia.fi/me/energiantuotanto/>. Luettu 10.9.2018.
- 3 Vantaan Energia. 2017. Verkkodokumentti. Vantaan Energia Oy. <https://www.vantaanenergia.fi/vantaan-energia-aikoo-siirrya-kaasusta-kivihii-lesta-biovoimaan/>. Luettu 10.9.2018.
- 4 Erävuori, Jukka. 1999. Virtaa Vantaalta. Vantaan Energia Oy.
- 5 Tilinpäätös ja toimintakertomus 2017. Vantaan Energia Oy. 2018. Verkkodokumentti. Vantaan Energia Oy. <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/vantaan-energia/uploads/20180620155210/Vantaan-Energia-tilinpaatos-2017.pdf>. Luettu 10.9.2018.
- 6 Vantaan Energia. 2017. Verkkodokumentti. Vantaan Energia Oy. <https://www.vantaanenergia.fi/ykv/ykv-2017/merkittavat-paatokset/>. Luettu 11.9.2018.
- 7 Ympäristölupa. Martinlaakson voimalaitoksen toiminnan muuttaminen ja toiminnan aloittamislupa. 2017. Vantaa. Aluehallintovirasto. [https://tietopalvelu.ahp.fi/Lupa/Lisatiedot.aspx?Asia\\_ID=1349976](https://tietopalvelu.ahp.fi/Lupa/Lisatiedot.aspx?Asia_ID=1349976). Luettu 11.9.2018.
- 8 Manninen Tuomo. 2017. Vantaan Energia esittely. Sisäinen tietokanta. Vantaan Energia Oy. Luettu 22.11.2018.
- 9 Hiilipölykattilan käyttö- ja hoito-ohjeet. 1982. Ahlström Oy. Varkaus.
- 10 Claudius Peters. 2017. Grinding Technik. Verkkodokumentti. <http://www.claudiuspeters.com/en-GB/documents/355/claudius-peters-grinding-technik-brochure-en.pdf>. Luettu 12.9.2018.
- 11 Kuvaus ja huolto-ohjeet. 1982. Claudius Peters.
- 12 Paineiskukestävien Claudius Peters myllyjen hydraulisen käyttölaitteen selostus. 1982. Claudius Peters.

- 13 Hydrauliiikan perusteet. 2002. <https://asiakas.kotisivukone.com/files/fluidfinland.kotisivukone.com/FluidKlinikat/8.hydrauliiikan-perusteet.pdf>. Luettu 18.9.2018.
- 14 Keinänen, Toimi & Kärkkäinen, Pentti. 2005. Automaatiojärjestelmien hydrauliiikka ja pneumatiikka. WSOY. Helsinki.
- 15 Kauranen, Heikki, Kajaste, Jyrki & Vilenius, Matti. 2008. Hydraulitekniiikka. WSOY. Helsinki.
- 16 Hydraulijärjestelmän seloste. 1982. Claudius Peters
- 17 Paasolainen, Ville 2018. Sähköinsinööri, Vantaan Energia Oy. Keskustelu 9.10.2018.
- 18 Hiilimyllyn kriteeriohjauskaavio, Valmet.
- 19 Mäkelä, Tami-Santeri 2018. Projekti-insinööri, Vantaan Energia Oy. Keskustelu 12.9.2018.
- 20 Manninen, Tuomo 2018. Kunnossapitomestari, Vantaan Energia Oy. Keskustelu 8.10. 2018.
- 21 Sähköpostikeskustelu, 27.5.2014, Vantaan Energia Oy.
- 22 Martikainen, Juha 2018. Automaatioasentaja, Vantaan Energia Oy. Keskustelu 8.10.2018.

## Hiilimylyyn hydraulisyylinterit

## Hydrauliikan toimintakaavio

## Hydrauliikan osaluettelo

## Automaation toimintakaavio



## Hydraulijärjestelmän mittausraportti