

Tomi Lehtola

## **VOIMALAITOKSEN POLTTOAINEVASTAANOTON TOIMINNAN TARKASTELU**

# VOIMALAITOKSEN POLTTOAINEVASTAANOTON TOIMINNAN TARKASTELU

Tomi Lehtola  
Opinnäytetyö  
Syksy 2016  
Konetekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, kone-automaatio

---

Tekijä: Tomi Lehtola

Opinnäytetyön nimi: Voimalaitoksen polttoainevastaanoton toiminnan tarkastelu

Työn ohjaaja: Eero Korhonen, Sami Vartiainen

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: syksy 2016

Sivumäärä: 24 + 1 liite

---

Työ on tehty Vapo Oy Haapaveden voimalaitoksen tarpeesta parantaa polttoainevastaanoton toimintaa. Vastaanotossa on kolme kolapurkainlinjaa, joista syötetään erilaatuisia polttoaineita, pääasiassa turvetta ja puuta tietyllä suhteella. Purkainlinjoja käytetään hydraulitoimisella säppikäytöllä. Aika ajoin linjat jumittuvat paikoilleen ja niitä pitää kuormaajalla keventää, mikä muuttaa polttoaineen seossuhteita. Laitos on siirtynyt hiljattain etävalvottavaksi eikä henkilökuntaa ole aina paikalla korjaamassa häiriötilanteita. Pidempiaikainen häiriö heikentää laitoksen toimintaa. Työssä selvitetään vastaanoton ja hydraulisten toimilaitteiden kapasiteettia, mitoitusta ja toimintaa.

Työssä etsittiin polttoainesyötön toimivuutta parantavia asioita sekä selvitettiin vastaanoton kapasiteetin rajoja ja mahdollisia energiansäästöjä. Työ tehtiin kellottamalla vastaanoton toiminta-aikoja eri ohjausparametreilla. Näistä laskettiin polttoaineen syöttömäärät työliikkeille. Laitetoimittajan dokumenteista selvitettiin toimilaitteiden tiedot ja suunnittelun lähtökohdat. Lähtötietoja verrattiin mittaamalla ja laskemalla saatuihin tuloksiin.

Työssä selvisi, että vastaanoton nykyhetken tilannetta vastaava kuormitustaso on korkeampi kuin alun perin on ajateltu. Tämä selittää linjojen ajoittaisen jumiutumisen. Purkainlinjoille saatiin määritettyä kapasiteetit eri ohjausparametreille sekä kuormansiirtokyky. Toimilaitteille saatiin määritettyä todellisuutta vastaavat toimitusarvot. Mittaamalla todennettuja tietoja voidaan käyttää ohjausparametrien uudelleen skaalauksessa sekä mahdollisesti korvattavien laitteiden mitoituksessa ja valinnassa.

---

Asiasanat: voimalaitos, polttoainevastaanotto, mitoitus, kapasiteetti

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
SISÄLLYS.....	4
1 JOHDANTO .....	5
2 VAPO OY HAAPAVEDEN VOIMALAITOS .....	6
3 VASTAANOTTOASEMAN TOIMINTA .....	7
4 TARKASTELUN LÄHTÖKOHDAT .....	9
4.1 Sylinteri .....	9
4.2 Hydrauliiikkapumppu .....	10
4.3 Proportionaalisuuntaventtiili .....	11
4.4 Kolapurkainlinja .....	12
4.5 Säppikäyttö .....	13
4.6 Ohjaus ja toiminta .....	14
5 KULJETTIMEN KAPASITEETTIMITTAUS.....	15
6 TULOKSET JA VERTAILU.....	18
6.1 Vastaanoton kuormitus .....	18
6.2 Vastaanoton kapasiteetti.....	18
6.3 Ohjaus ja seossuhteet .....	19
6.4 Säppikäyttö ja sylinteri .....	19
6.5 Proportionaaliventtiili.....	19
6.6 Pumput .....	20
7 ENERGIANKULUTUS.....	21
8 YHTEENVETO.....	22
LÄHTEET.....	24
LIITE	
Liite 1 Lämpötilatrendi	

# 1 JOHDANTO

Tässä työssä selvitetään Vapo Oy Haapaveden voimalaitoksen polttoaineenvastaanoton ja sen toimilaitteiden toimintaa (kuva 1). Laitos on siirtynyt hiljattain etävalvontaan eikä henkilökuntaa ole aina paikalla korjaamassa mahdollisia häiriötilanteita. Siksi työssä pyritään löytämään toimintaa parantavia asioita ja mahdollisia energiansäästö mahdollisuuksia.



*KUVA 1. Vastaanottoasema*

Laitokselle polttoaine toimitetaan noin vuorokauden tarpeen vetävään vastaanottoasemaan. Vastaanotossa on kolme eri kolapurkainlinjaa, joihin polttoaine puretaan kuorma-autosta. Kolapurkainlinjoilta polttoaine siirretään edelleen kuljettimelle seulomoon ja siitä kuljettimelle annostelusiiloon. Laitoksen pääpolttoaine on turve, joten kaksi linjaa on varattu turpeelle ja yksi puulle. Poltettava puu voi olla purua, kuorta, pellettiä, haketta tai näiden sekoituksia, pääsääntöisesti purua.

Polttoaineissa on laatueroja, jotka vaikuttavat voimalaitoksen toimintaan. Laatuerojen takia jokaisen kolapurkainlinjan syötönkapasiteettia voidaan muuttaa polttoaineseoksen optimoimiseksi. Laitoksella on huomattu, että purkainlinjojen syötönkapasiteetin ohjaukset eivät pidä paikkaansa ja aika ajoin turpeenpurkainlinjat myös jumiutuvat. Väärät ohjaukset ja jumiutumiset vääristävät polttoainesuhteet. Polttoaineen seossuhteen äkilliset muutokset heikentävät laitoksen toimintaa.

## 2 VAPO OY HAAPAVEDEN VOIMALAITOS

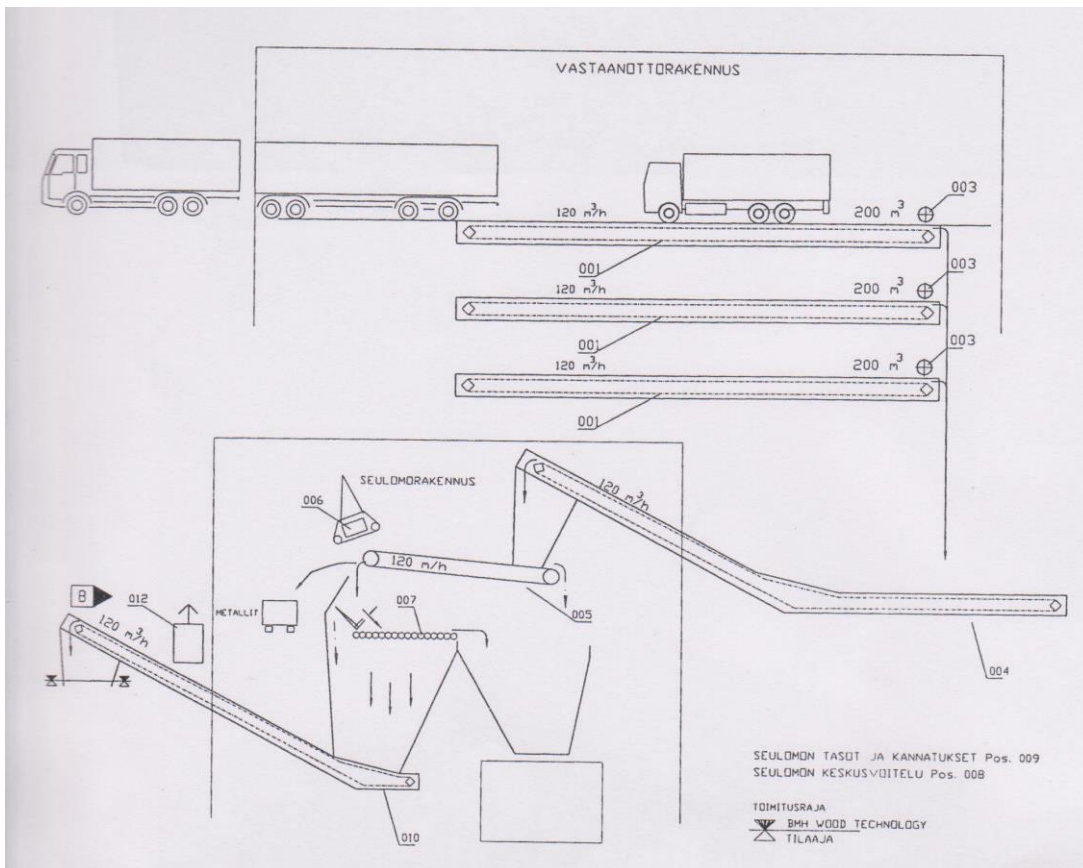
Vapo Oy Haapaveden voimalaitos on otettu käyttöön vuonna 2006 ja on polttoaineteholtaan 31 MW (kuva 2). Laitos tuottaa prosessihöyryä, kaukolämpöä ja sähköä yhteisteholtaan noin 130 GW h/a. Prosessihöyryä tuotetaan Valio Oy Haapaveden tehtaalle ja Haapaveden Ympäristöpalvelut Oy:n jätevesilietteenkuivainlaitokselle. Kaukolämpöä tuotetaan HASA Oy Haapaveden sahan ja Haapaveden Energia Oy:n kaukolämpöverkkoon. Sähköä tuotetaan valtakunnanverkkoon ja oma-käyttöön. Voimalaitoksen vuotuinen polttoaineenkulutus on noin 150 000 m<sup>3</sup> jyrsinpolttoturvetta ja puuta vuodessa. Laitos on siirtynyt hiljattain etävalvontaan, ja sitä operoidaan Vapon keskusvalvomosta Vantaalta Valmet DNA-automaatiojärjestelmällä.



KUVA 2. Vapo Oy Haapaveden voimalaitos

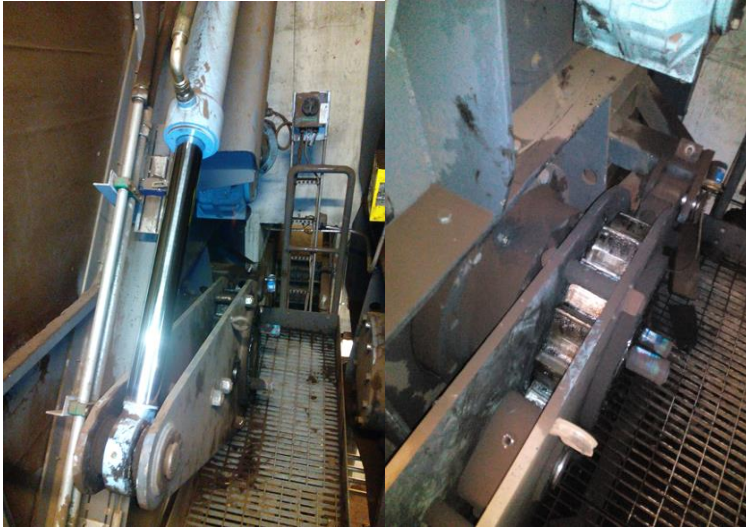
### 3 VASTAANOTTOASEMAN TOIMINTA

Kuvassa 3 on koko voimalaitoksen polttoaineen käsittelyn periaate. Kuvasta ilmenee, että kolmella vastaanotonpurkaimella polttoainetta siirretään kuljettimelle seulomoon ja siitä sitten edelleen kuljettimelle laitokselle. Siirto tapahtuu hydraulisylinteri toimisella säppikäytöllä, jonka nopeutta voidaan säätää. Suunnittelun lähtökohdat ja arviot ovat seuraavat: purkaimien ja kuljettimien siirtokapasiteetit 0 - 120 i-m<sup>3</sup>/h. Vastaanottolinjojen tilavuudet 200 m<sup>3</sup>. Vastaanotosta siirrettävän materiaalin ominaispaino 200 - 350 kg/i-m<sup>3</sup>. Näin ollen purkainlinjan kuormaksi muodostuu 70 000 kg. (1.)



KUVA 3. Polttoaineenkäsittelyn periaatekuva (1)

Säppikäyttö (kuva 4) toimii seuraavasti: Hydraulisylinteri pyöryttää kolapurkaimen akselilla olevaa hammaskiekkoa sylinterin männän tullessa ulos. Hammaskiekkoo lukittuu säpillä ja jää paikoilleen. Mäntä menee takaisin sylinterin sisään, jolloin kolan liike pysähtyy.



KUVA 4. Säppikäyttö (oikealla hammaskiekkoo)

Sylinterinmännän liikematka määrätään molemmissa päissä olevien induktiivisten antureiden avulla. Sylinterin toimintaa ohjataan 2-toimisen proportionaalisuuntaventtiilin avulla. Proportionaaliventtiilin ohjauksortille annetaan haluttua kapasiteettia vastaava milliampeeriviesti.

Käynnistettäessä kolapurkain on mäntä sisään-asennossa. Kun takarajalta saadaan kosketintieto, annetaan proportionaaliventtiilille kapasiteettiohje ja ulospäinliike käynnistyy. Kun mäntä tulee eturajalle, annetaan proportionaaliventtiilille vakio nopeusohje taaksepäin, jolloin mäntä lähtee kohti takarajaa. Kun mäntä on taas takarajalla, toistetaan edellä kuvattu liike. (1.)



## 4 TARKASTELUN LÄHTÖKOHDAT

Vastaanotto ja sen toiminta koostuvat seuraavista päätoimilaitteista: kolapurkain, säppikäyttö ja hydraulikoneikko. Kolapurkaimeen kuuluvat kolat, kuljetinketju ja ketjuhammaspyörä. Hydraulikoneikko sisältää pumput, venttiilit ja säiliön tarvittavin oheislaittein. Säppikäyttöön kuuluvat sylinteri, kiertokanki ja säppihammaspyörä.

### 4.1 Sylinteri

Kuvassa 5 on mitoiltaan  $\varnothing 125 / 80 - 1\ 250$  mm kokoinen kaksitoiminen sylinteri. Sylinterin iskunpituus työliikkeessä on 1 200 mm. Liikettä vastaavat sylinterin litratilavuudet työntöliikkeelle 14,7 litraa ja paluuliikkeelle 8,7 litraa. Sylinterin männän ala on 122,7 cm<sup>2</sup>. Työntövoima 180 baarin paineella on 217 kN.



KUVA 5. Sylinteri

## 4.2 Hydraulikkapumppu

Kuvassa 6 on hydraulikoneikko ja siihen kuuluvat kolme hydraulipumppua. Pumppuina toimivat kuormantunnistavat aksiaalimäntäpumput, jotka ovat tyypiltään Vickers PVH57QIC-RF-1S-10-C25V-31-057. Pumpun kierrostilavuus on  $57 \text{ cm}^3/\text{r}$ . Pumppu on kuormantunnistava ja sen kierrostilavuutta ja painetta voidaan säätää. Sääto tapahtuu automaattisesti venttiililtä tulevan ohjauslinjan paineen ja virtauksen mukaan. Pumpun paine on 20 baarin verran kuormanpainetta suurempi ja tilavuusvirta asettuu lähes kuorman tarpeen mukaiseksi. Pumpun suurin tuotto 1 500 rpm kierroksilla on  $83 \text{ l}/\text{min}$ . Paine on rajoitettu 180 baariin. Pumpua käytetään 1 500 rpm kierroksilla 22 kW:n sähkömoottorilla. (3; 4, linkit ->ProductsServices->Hydraulics->Pumps->PistonOpenCircuit-Industrial.)



KUVA 6. Hydraulikoneikko

### 4.3 Proportionaalisuuntaventtiili

Kuvassa 7 on suunta- ja samalla virtauksensäätöventtiilit. Venttiilit ovat proportionaaliohjattuja 4/3 suuntaventtiilejä, jotka ovat tyypiltään Vickers KBDG4V-5-2C70NZM2PE7H7-10. Venttiilin suositeltu virtausalue 3 - 70 l/min.



KUVA 7. Venttiilit

Proportionaalitekniikkaa käytetään sovelluksiin, joissa perinteinen tekniikka on karkeaa ja servotekniikka liian hienoa ja kallista. Proportionaalitekniikka on hydrauliiikan osa-alue, jossa järjestelmän ulostulo muuttuu verrannollisesti lähtösuureeseen. Usein järjestelmissä ei ole takaisinkytkentää, jolloin kyseessä on ohjausjärjestelmä. Keskeinen osa proportionaalijärjestelmää on sähköhydraulinen proportionaaliventtiili. Toimilaitteina voivat olla tavalliset hydraulisyylinterit tai moottorit.

Järjestelmään kuuluvat sähköinen ohjainkortti, proportionaaliventtiili ja toimilaitte. Ohjainkortin tehtävänä on muuttaa sähköinen ohjausviesti venttiiliin proportionaalimagneetille sopivaksi virraksi.

Sähköhydraulisen proportionaaliventtiilin ohjausvirtaan verrannolliset lähtösuureet ovat paine, tilavuusvirta tai luistinsiirtymä. Paineella voidaan ohjata toimilaitteen antamaa voimaa tai momenttia. Tilavuusvirralla tai luistinsiirtymällä voidaan toteuttaa nopeuden tai pyörimisnopeuden ohjaus.

(2, s. 140; 5, linkit ->ProductsServices->Hydraulics->Valves->IndustrialValves->Directional-Control-Valves.)

#### 4.4 Kolapurkainlinja

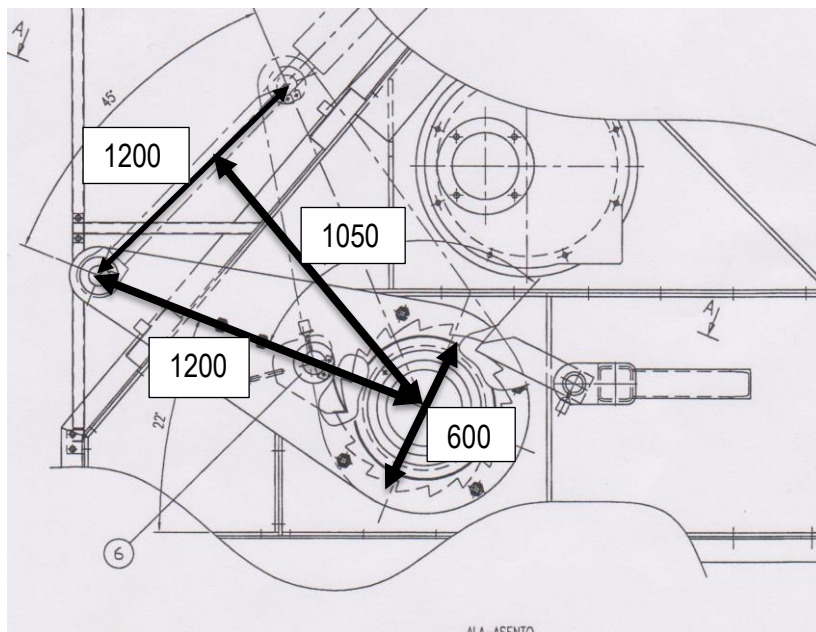
Kuvassa 8 on polttoaineen kolapurkainlinja. Kolapurkainlinjan mitat ovat 25,7 m \* 4,5 m ja sen vetoisuus 1,75 metrin polttoainepatjan korkeudella on 200 m<sup>3</sup>. Kolapurkain koostuu kolista, kuljetinketjusta ja ketjuhammaspyörästä. Ketjuhammaspyörän halkaisija on 600 mm. Kolapurkainlinjan mitattu etenemä säppikäytön iskulle on 0,19 m, joten linjan syöttömäärä on noin 1,5 m<sup>3</sup> / isku.



KUVA 8. Kolapurkainlinja

## 4.5 Säppikäyttö

Kuvassa 9 on säppikäytön rakenne ja liikerata periaate. Säpin toiminnalliset mitat ovat seuraavat: kiertokanki 1 200 mm, hammaspyörä d 600 mm, sylinterin iskunpituus 1 200 mm ja lyhin momenttivarsi 1 050 mm. Momenttivarsi vaihtelee kiertokangen liikeradan takia ja on lyhimillään alasenossa. Näistä saadaan laskettua säppikäytön välityssuhde ja kolapurkainlinjaan välittyvä voima. Säppihammaspyörän halkaisija on sama kuin kolapurkainta siirtävän ketjupyörän halkaisija.

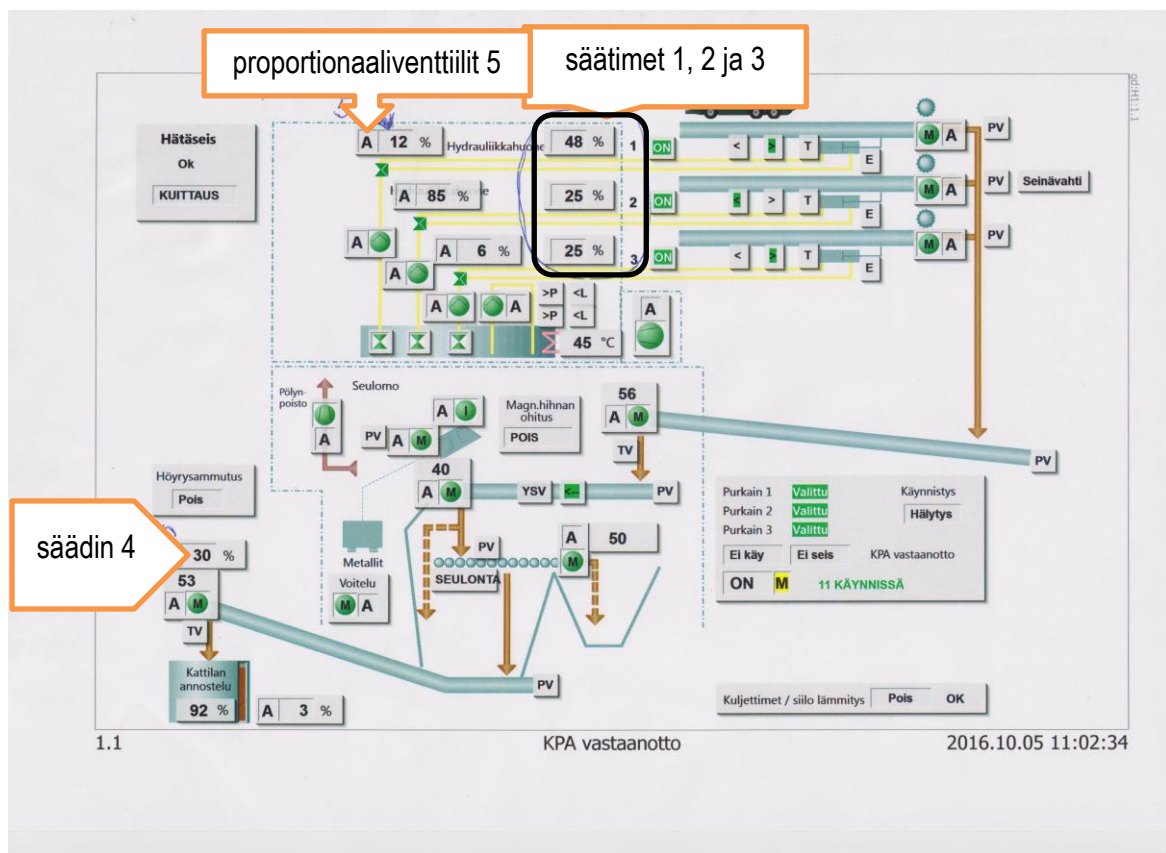


KUVA 9. Säppikäyttö (1)

Pienin välityssuhde saadaan jakamalla lyhin momenttivarsi hammaspyörän säteellä. Välityssuhde on siis  $1\ 050\ \text{mm} / 300\ \text{mm} = 3,5 = 3,5:1$ . Suurin voima, joka purkainlinjaan koko liikematalla välittyy, saadaan kertomalla minimi välityssuhde sylinterin työntövoimalla 217 kN. Näin ollen kolapurkaimen kuorma saa enimmillään olla 758 kN sisältäen kuljettimen kaikki kuormat ja vastukset. 758 kN vastaa noin 77 000 kg:n massan painovoimaa. Välityssuhde ja purkaimen liikematka eivät tässä kohtaa täsmää, mikä aiheutuu sylinterin liikeanturien asettelusta. Säppi liikkuu lähes kolmen hampaan verran, mutta ei aivan ulotu kolmanteen hampaaseen, ja siksi sylinterin liikkeestä kolmasosa jää hyödyntämättä.

## 4.6 Ohjaus ja toiminta

Vastaanottoa ohjataan Valmet DNA -automaatio-ohjausjärjestelmällä. Kuvassa 10 on näkymä näyttöltä normaali ajotilanteesta. Polttoainepurkaimien syötönsuhteet säädetään säätimillä 1, 2 ja 3. Purkaimia voidaan käyttää yksittäin 100 %:n teholla. Kaikkien purkainlinjojen ollessa päällä syötönsuhteen maksimi on yhteensä 100 %, joka jaetaan halutulla suhteella purkaimille. Polttoaineen syötön haluttua kokonaismäärää ohjataan annostelusiilonsäätimestä 4. Näiden säätimien yhteisvaikutuksesta annetaan kapasiteettiviesti proportionaaliventtiileille 5, jotka ohjaavat purkaimien liikenopeutta.



KUVA 10. Operointinäyttökuva

Annostelusiilonsäätimessä on automaattitoiminto, jonka tarkoitus olisi ohjata vastaanoton kuljettimia siilonpinnan mukaan jatkuvatoimisena. Säättöä ajetaan kuitenkin manuaalisäädöllä tietyillä arvoilla. Linjasto käy jaksoittain sammuen siilonyläpinnasta ja käynnistyen tietyn ajan kuluttua. Kuvassa keskimääräinen sylinteri peruuttaa vakio-ohjauksella, joka on kaikissa tilanteissa 85 %.

## 5 KULJETTIMEN KAPASITEETTIMITTAUS

Polttoaine purkaimen kapasiteettimittaukset todetaan kolapurkainlinjan mitattavissa olevan materiaali- ja siirtonopeuden avulla saatavana tilavuusvirtana aikayksikössä m<sup>3</sup>/h. Purkaimen kapasiteettimittaus on ajettu yhdellä linjalla, neljällä eri polttoaineensyötön säädönohjauksella 25, 50, 75 ja 100 % ja suhde ohjaukset 10 %:n välein 10 - 100 %. Näistä on mitattu sylinterin työliikkeeseen kulunut aika. Mittaustuloksista on laadittu kapasiteettimittaustaulukot. Taulukkoon kirjattu mitattu-aika minuutteina ja tästä laskettu sylinterin työliikkeeseen tarvittava öljytilavuusvirtaus litraa / minuutissa sylinterintilavuudella 14,7 litraa. Taulukkoon on laskettu kaavalla 1 työliikkeen tarvitsema teoreettinen hydraulinen teho virtauksille 180 baarin paineella. (6, s. 452).

$$P = \frac{p \times Q}{600}$$

KAAVA 1

$P$  = teho (kW)

$p$  = paine (bar)

$Q$  = öljynvirtaus (l / min)

Kapasiteettimittaustaulukkoihin 1 ja 2 on laskettu koko työliikesekvenssiin kulunut aika lisäämällä sylinterin vakioperuutusaika 0,7 minuuttia työntöliikkeeseen. Kokonaisajasta laskettu työliikeiskujen kokonaismäärä tunnissa. Työliikkeiden kokonaismäärästä on laskettu purkaimen kapasiteetti 1,5 m<sup>3</sup>:n määrällä.

TAULUKKO 1. Purkaimen kapasiteettimittaus 25 % ja 50 %

25 %	Työntöliike			Kapasiteetit		
	ohjaus	minuuttia	litraa/min	teho kW	kokonaisaika	iskuja/tunti
100 %	3,43	4,3	1,286	4,1	14,5	<b>21,8</b>
90 %	3,6	4,1	1,225	4,3	14,0	<b>20,9</b>
80 %	4,03	3,6	1,094	4,7	12,7	<b>19,0</b>
70 %	4,25	3,5	1,038	5,0	12,1	<b>18,2</b>
60 %	4,77	3,1	0,925	5,5	11,0	<b>16,5</b>
50 %	5,4	2,7	0,817	6,1	9,8	<b>14,8</b>
40 %	5,83	2,5	0,756	6,5	9,2	<b>13,8</b>
30 %	6,73	2,2	0,655	7,4	8,1	<b>12,1</b>
20 %	7,72	1,9	0,571	8,4	7,1	<b>10,7</b>
10 %	8,75	1,7	0,504	9,5	6,3	<b>9,5</b>

50 %	Työntöliike			Kapasiteetit		
	ohjaus	minuuttia	litraa/min	teho kW	kokonaisaika	iskuja/tunti
100 %	1,83	8,0	2,410	2,5	23,7	<b>35,6</b>
90 %	1,97	7,5	2,239	2,7	22,5	<b>33,7</b>
80 %	2,22	6,6	1,986	2,9	20,5	<b>30,8</b>
70 %	2,75	5,3	1,604	3,5	17,4	<b>26,1</b>
60 %	3,12	4,7	1,413	3,8	15,7	<b>23,6</b>
50 %	3,4	4,3	1,297	4,1	14,6	<b>22,0</b>
40 %	3,88	3,8	1,137	4,6	13,1	<b>19,7</b>
30 %	4,8	3,1	0,919	5,5	10,9	<b>16,4</b>
20 %	6,42	2,3	0,687	7,1	8,4	<b>12,6</b>
10 %	6,03	2,4	0,731	6,7	8,9	<b>13,4</b>



TAULUKKO 2. Purkaimen kapasiteettimittaus 75 % ja 100 %

75 %	Työntöliike			Kapasiteetit		
	ohjaus	minuuttia	litraa/min	teho kW	kokonaisaika	iskuja/tunti
100 %	1,07	13,7	4,121	1,8	33,9	<b>50,8</b>
90 %	1,28	11,5	3,445	2,0	30,3	<b>45,5</b>
80 %	1,45	10,1	3,041	2,2	27,9	<b>41,9</b>
70 %	1,72	8,5	2,564	2,4	24,8	<b>37,2</b>
60 %	2,05	7,2	2,151	2,8	21,8	<b>32,7</b>
50 %	2,57	5,7	1,716	3,3	18,3	<b>27,5</b>
40 %	3,3	4,5	1,336	4,0	15,0	<b>22,5</b>
30 %	3,88	3,8	1,137	4,6	13,1	<b>19,7</b>
20 %	5,15	2,9	0,856	5,9	10,3	<b>15,4</b>
10 %	7,2	2,0	0,613	7,9	7,6	<b>11,4</b>

100 %	Työntöliike			Kapasiteetit		
	ohjaus	minuuttia	litraa/min	teho kW	kokonaisaika	iskuja/tunti
100 %	0,77	19,1	5,727	1,5	40,8	<b>61,2</b>
90 %	0,92	16,0	4,793	1,6	37,0	<b>55,6</b>
80 %	1,07	13,7	4,121	1,8	33,9	<b>50,8</b>
70 %	1,23	12,0	3,585	1,9	31,1	<b>46,6</b>
60 %	1,52	9,7	2,901	2,2	27,0	<b>40,5</b>
50 %	1,77	8,3	2,492	2,5	24,3	<b>36,4</b>
40 %	2,3	6,4	1,917	3,0	20,0	<b>30,0</b>
30 %	3,23	4,6	1,365	3,9	15,3	<b>22,9</b>
20 %	4,07	3,6	1,084	4,8	12,6	<b>18,9</b>
10 %	6,07	2,4	0,727	6,8	8,9	<b>13,3</b>

## 6 TULOKSET JA VERTAILU

### 6.1 Vastaanoton kuormitus

Laitetoimittajan arvioima kuljetettavan materiaalin ominaispaino on 200 - 350 kg / i-m<sup>3</sup> ja kuorma 70 000 kg. Kuluvan 12 kuukauden aikana laitos on käyttänyt 149 000 m<sup>3</sup> ja 51 805 tonnia polttoaineita. Niiden jakauma on ollut 55 % turvetta ja 45 % puuta. Laitoksen vaakaraportoinnista lasketun 12 kuukauden kuukausikohtaiset turpeenkuutiopainot ja niiden keskiarvot ovat 369 kg ja vaihteluväli on 341 - 403 kg / i-m<sup>3</sup>. Puupolttoaineiden keskimääräinen paino on 312 kg vaihteluväli on 305 - 381 kg / i-m<sup>3</sup>.

Jyrsinturpeen tämän hetken keskiarvopaino ylittää alkuperäisen vaihteluvälin oletusarvon ja maksimi reilusti ylikin. 200 m<sup>3</sup> tilavuudella turvelinjojen kuorma täynnä ollessaan on keskimäärin 73 800 kg ja vaihtelee 68 200 - 80 600 kg:n välillä. Puulinjan kuorma on 62 400 kg keskimäärin.

### 6.2 Vastaanoton kapasiteetti

Purkainlinjojen kapasiteettien lähtökohtana on 0 - 120 i-m<sup>3</sup> / h. Kellotuksesta lasketut vaihteluvälit mitatuilla ohjauksilla ovat 9,5 - 61,2 i-m<sup>3</sup> / h. 0-10 %:n ohjauksella pienempiinkin tuottoihin päästään, mutta alle 10 %:n syöttösuhdetta ei juurikaan käytetä. 120 i-m<sup>3</sup> / h kapasiteettiin ei nykyisillä säädöillä päästä, koska proportionaaliventtiin ohjausta ei ole aiemmin mittaamalla todennettu. Polttoaineenkeskikulutus on 18 m<sup>3</sup> tunnissa. Vaihteluväli normaalisti noin 8 m<sup>3</sup>:n ja polttoainetehoa vastaavan 35 m<sup>3</sup>:n välillä. Kattilan polttoainesyöttölaitteiden maksimi on 65 m<sup>3</sup> / h, joten purkainkohtaiselle 120 i-m<sup>3</sup> / h tuotolle ei ole tarvetta.

### 6.3 Ohjaus ja seossuhteet

Mittaustaulukoista voidaan todeta, etteivät seossuhteiden ohjaukspasiteetit vastaa pyydettyä. Esimerkiksi aiemmasta vastaanoton ohjaukuvan 10 tilanteesta on poimittu lähelle vastaavat arvot. 25 %:n pyyntiä vastaavat kapasiteetit seossuhteille mittaustaulukosta 1. Linjan 1. kapasiteetti 50 %:n asetuksella on 14,8 m<sup>3</sup> / h, joka vastaa 39,3 %:n osuutta kokonaismäärästä, linjan 2. kapasiteetti 30 %:n asetuksella on 12,1 m<sup>3</sup> / h, joka vastaa 32,2 %:n osuutta kokonaismäärästä, linjan 3. kapasiteetti 20 %:n asetuksella on 10,7 m<sup>3</sup> / h, joka vastaa 28,5 % :n osuutta kokonaismäärästä. Kokonaisuudessaan esimerkin tilanteessa linjojen 2 ja 3 kapasiteetit ovat yhteensä 60,7 % kokonaismäärästä ja linjan 1 39,3 % ei 50 %.

### 6.4 Säppikäyttö ja sylinteri

Säppikäytön 758 kN voima riittää siirtämään 77 000 kg:n kuorman vaakasuunnassa kitkakertoimella 1, sisältäen kaikki kuormat ja vastukset. Turvelinjoilla ollaan varsin lähellä maksimikuormitusta ja välillä ylikin. Laskennallisesti kuormituksen vaihteluväli linjojen ollessa täynnä on 68 200 – 80 600 kg, tämä siis 1,75 metrin turvepaksuudella. Kuorman vaihtelu vastaa 3,5:1 välityksellä sylinterin paineeksi muutettuna 159-188 bar painetta sylinterille ja hydraulijärjestelmään. Kuormanpaine voi ylittää säppikäytön voiman, jolloin linjat eivät liiku.

### 6.5 Proportionaaliventtiili

Suuntaventtiilin virtausalue on 0 - 70 l/min ja suositeltu minimivirtaus on 3 l/min. Mittauksista lasketut öljyntilavuusvirtaukset työntöliikkeille vaihtelevat välillä 1,7-19,1 l/min ja peruutuksessa vakio 12,4 l/min. Normaalikäytössä siilonohjausasetus on alle 50 %. Kaikkia linjoja ajetaan yhtä aikaa ja linjakohtaiset suhdeasetukset asettuvat pääsääntöisesti alle 50 %:iin. Näillä säätöalueilla venttiilivirtaukset vaihtelevat 1,7 ja 4,3 -l/min välillä. 25 %:n ohjauksella kaikki alle 50 %:n suhdeohjaukset jäävät alle suositellun minimi virtauksen. Venttiilin säätöalue jää varsin pieneksi verrattuna venttiilin kapasiteettiin.

## 6.6 Pumput

Käytössä olevat pumput ovat säätötilavuuspumppuja, joiden tuotot 1 500 rpm kierroksilla ovat 0 - 83 l/min. Paine on rajoitettu 180 baariin. Kuormantunnistus ajaa 20 baarin paine-eroa venttiilin jälkeen. Pumppujen paineita voidaan tarkastella kuorman sylinterille aiheuttamaan paineeseen verraten. Laskennallisesti turvelinjojen kuormituksen vaihteluväli vastaa 3,5:1 välityksellä sylinterin paineeksi muutettuna 159-188 baarin painetta. Pumpun ajamasta 20 baarin paine-erosta johtuen pumpun painerajoitus 180 baaria saavutetaan jo 160 baarin kuormapaineella. Pumppu käy siis maksimi paineella jo kevyimmälläkin turpeen kuutiopainolla.

Tämän hetkisen todellisen ajotilanteen mukaiset tehontarpeet ovat alle 1 kW:n ja maksimissaankin vain alle 6 kW. Pumppuja käytetään 22 kW:n kokoisilla sähkömoottoreilla, joten tehosta ei ole puutetta. Pumpun tilavuusvirtaus on mitatuilla ohjauksilla 1,7- 19,1 l/min, jolla saavutetaan 61,2 m<sup>3</sup>/h polttoainevirtaus kuljettimelle. Normaalkäytössä virtaukset vaihtelevat 1,7 ja 4,3 - l/min välillä. Pumpun maksimi tuotto 83 l/min on tarpeeseen nähden varsin suuri. Pumpulla saavutettava polttoaineensyöttökapasiteetti on laskennallisesti noin 320 i-m<sup>3</sup>/h.

## 7 ENERGIANKULUTUS

Kaikki hydraulijärjestelmässä syntyvä häviöteho muuttuu lämmöksi, joten järjestelmän tehohäviöitä voidaan tarkastella koneikon öljyn lämpenemisestä. Ohjausjärjestelmän trenditiedoista (liite 1) on voitu poimia koneikossa olevan öljyn lämpeneminen käyntiaikajaksolla. Koneikon säiliön tilavuus on 630 litraa ja siinä olevan öljyn määrä noin 450 litraa. Öljy lämpeni 768 sekunnin aikana 7,36 °C. Öljyyn siirtynyt lämpöenergia Q, voidaan laskea kaavalla 2. (6, s. 737.)

$$Q = m * c * \Delta T$$

KAAVA 2

Q = lämpöenergia

m = 405 kg öljyn ominaispainolla 0,9 kg/litra.

c = öljyn ominaislämpökapasiteetti ~2,1 kJ / kg °C

$\Delta T = 7,36$  °C

$Q = 405 \text{ kg} * 2,1 \text{ kJ / kg } ^\circ\text{C} * 7,36 \text{ } ^\circ\text{C} = 6\ 260 \text{ kJ} = \text{kWs}$

Tarvittava teho saadaan jakamalla lämpöenergia lämpenemiseen kuluneella ajalla. Lämmittämiseen tarvittava teho  $P = 6\ 260 \text{ kWs} / 768 \text{ s} = 8,15 \text{ kW}$ . Jos lämpenemiseen tarvittavaa tehoa verrataan aiemman seossuhteen esimerkin kaltaisen tilanteen tehontarpeisiin, jossa työtehot 20, 30 ja 50 %:n seossuhteille ovat 0,571 kW, 0,655 kW ja 0,817 kW yhteensä 2,05 kW öljyn lämmittämiseen käytetään neljä kertaa enemmän energiaa kuin itse purkaimien liikuttamiseen. Kokonaishyötysuhde on huono.

Vuositason energiankulutusta voidaan tarkastella kuljetinlinjojen kokonaiskäyntiajasta. Purkaimien kapasiteettia vastaava käyntiaika saadaan selville jakamalla polttoaineen vuosikulutus purkaimien tuntituotolla. Lasketaan käyntiaika verraten aiemman esimerkin kapasiteettia, joka on 37,6 m<sup>3</sup>/h.

$149\ 000 \text{ m}^3 / 37,6 \text{ m}^3/\text{h} = 3\ 963 \text{ tuntia}$  vuodessa. Suuntaa-antavasti hydrauliiikan kokonaiskulutus vuodessa on  $(2,05 \text{ kW} + 8,15 \text{ kW}) * 3\ 963 \text{ h} = 40\ 420 \text{ kWh}$ , josta menee hukkaan  $8,15 \text{ kW} * 3\ 963 \text{ h} = 32\ 300 \text{ kWh}$ .

## 8 YHTEENVETO

Työssä tarkasteltiin polttoainevastaanoton toimintaa. Laskennallisesti voitiin todeta, että purkainlinjan kuormansiirtokyky saattaa ylittyä täyteen kuormatulla linjalla turpeenominispainon vaihdellessa. Linjalle on myös mahdollista laittaa yli 200 m<sup>3</sup> turvetta aineskorkeutta lisäämällä.

Säppikäytön 758 kN voima riittää siirtämään 77 000 kg:n kuorman vaakasuunnassa kitkakertoimella 1, joka sisältää kaikki järjestelmän vastukset. Vastuksia ovat kitkat, kolien ja ketjujen massa. Toisaalta liikettä keventää se, ettei kuljetin täysin liikuta koko materiaalipatjaa, vaan se hieman ryömii materiaalin alla, eikä koko kuorma välity purkaimiin. Järjestelmän paine on kuitenkin laskennan osoittamalla korkealla tasolla, joten säppikäytön sylinteri on jäänyt hieman liian pieneksi nykytilanteeseen nähden. Tähän on päädytty polttoaineen lähtötietoarvioiden takia.

Suoritetuista mittauksista voidaan todeta vastaanoton kapasiteetti. Alkuperäissuunnitelman mukaisiin polttoaineensyöttömääriin ei laitteiston tämän hetken ohjauksilla päästä, mutta tarpeen vaatiessa tilanne on ohjelmallisesti muutettavissa. Tämän hetken ohjaustaso on ollut riittävä kaikissa tilanteissa. Ohjausta vastaavat seossuhteet eivät myöskään pidä paikkaansa. Tämä johtuu proportionaaliventtiilin ohjausviestin skaalauksesta, jota ei ole koskaan aikaisemmin mittauksilla todennettu.

Koko koneikko on kaikin puolin ylimitoitettu. 22 kW teho on tarpeettoman suuri, eikä sitä voida tarvittavalla tavalla hyödyntää. Virtauksien puolesta pumppujen ja venttiilien kokoluokka on valittu tarpeettoman suureksi. Hyötysuhde on huono, kun ottaa huomioon kuormantunnistavan järjestelmän, jonka pitäisi olla hyötysuhteeltaan hydrauliiikan tehokkaimmasta päästä.

Toiminnan parannus mahdollisuuksia on erilaisia. Keveimpänä vaihtoehtona linjalle purettavan tuotteen määrän rajoittaminen. Turpeen toimittajien tarkemmalla ohjeistamisella linjalle purettavan tuotteen määrästä tilanteissa, kun tiedetään turpeen olevan normaalia raskaampaa.

Sylinterikoon kasvattaminen seuraavaan standardikokoon. Tämä lisäisi säppikäytönvoimaa ja öljynvirtausta sekä laskisi järjestelmän painetta. Vastaavissa järjestelmissä kannattaisi suosia mahdollisimman suurta sylinterikokoa, tällä saataisiin suurempi öljynvirtaus ja siten parempi säädettävyys.

Pumppujen painetasoa olisi mahdollista nostaa 250 baariin asti. Tällä saataisiin säppikäytölle lisää voimaa, mutta todennäköisesti hyötysuhde heikkenisi entisestään. Pumppujen tai koko koneikon vaihtaminen todellisuutta vastaavalle tasolle olisi energiatalouden kannalta paras vaihtoehto.

Laitteisto pääsääntöisesti kuitenkin toimii ja katkokset ovat satunnaisia. Jos noin 32 MWh:n vuotuisen energiahukka ei haittaa, täysin välttämätöntä ei ole tehdä mitään. Purkaimia voitaisiin ajaa suuremmalla tuotolla kuin nyt, jolloin käyntiajat lyhenisivät ja energiaa säästyisi. Mahdollisten laiterikkojen sattuessa kannattaa kuitenkin tarkastella vaihtoehtoja korvaavaksi laitteeksi.

Vapo ilmoitti 5.10.2016 suunnittelevansa uuden liiketoiminta-alueen perustamista, joka olisi tekni-senhiilen tuottaminen. Yhdeksi tuotantolaitoksen mahdolliseksi sijoituspaikaksi mainittiin Vapon Haapaveden Voimalaitos. Laitos tuottaisi hiiltä turpeesta ja se käyttäisi noin 500 000 m<sup>3</sup> turvetta vuodessa. Tehty selvitystyö palvelee osaltaan myös tätä hanketta. Jos tarkoitus on käyttää samaa vastaanottoa, voidaan todeta, että nykyisillä laitteilla pystytään tarvittaessa siirtämään myös hiililaitoksen vaatima noin 60 m<sup>3</sup>/h kapasiteetti.

## LÄHTEET

1. Kuljettimet. Toimintakuvaus. 2004. Sisäinen dokumentti. Vapo Oy Haapavesi.
2. Fonselius, J. 1993 Koneautomaatio. Hydraulikka. Helsinki: Painatuskeskus.
3. Eaton PVH Variable Displacement Piston Pumps. 2013. Esite. Eaton. Saatavissa: [www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@eaton/@hyd/documents/content/pll\\_1439.pdf](http://www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@eaton/@hyd/documents/content/pll_1439.pdf). Hakupäivä 5.10.2016.
4. Eaton PVH Piston Pumps Overhaul Manual. 1993. Esite. Eaton. Saatavissa: [www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@eaton/@hyd/documents/content/pll\\_1440.pdf](http://www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@eaton/@hyd/documents/content/pll_1440.pdf). Hakupäivä 5.10.2016.
5. EATON Vickers Proportional Directional Valves without Feedback. 2004. Esite. Eaton. Saatavissa: [www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@eaton/@hyd/documents/content/pll\\_2106.pdf](http://www.eaton.com/ecm/groups/public/@pub/@eaton/@hyd/documents/content/pll_2106.pdf). Hakupäivä 5.10.2016.
6. Valtanen, Esko 1997. Koneenrakentajan taulukkirja. 9., uudistettu painos. Jyväskylä: Teknolit Oy.



