

Laukkarinen Matti Mikael

Energiatehokkuuden parantaminen luomumeijerissä

Opinnäytetyö
Talotekniikka


Huhtikuu 2012




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences	Opinnäytetyön päivämäärä 30.4.2012				
Tekijä(t) Matti Laukkarinen	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Talotekniikka				
Nimeke Energiatehokkuuden parantaminen luomumeijerissä					
Tiivistelmä <p>Työn tarkoituksena oli kehittää kestäviä ja toimivia energiansäästöratkaisuja työn tilaajalle, Juvan Luomu Oy:lle. Kohteena oli Juvalla sijaitseva luomumeijeri. Lisäkysymyksenä tilaaja halusi selvittää, onko nykyinen puupelletin ja kevyen polttoöljyn yhdistelmä taloudellisesti edullisin vaihtoehto tuottaa energia meijerille.</p> <p>Työ rajattiin koskemaan pelkästään rakennuksen LVI-laitteistoa. Energia meijerille tuotetaan pääasiassa puupelleteillä, mutta tuotannon tehontarpeita vastaamaan on olemassa myös kevyen polttoöljyn kattila. Tuotantoa meijerillä on 2-4 päivänä viikossa.</p> <p>Tutkimus noudatteli pääpiirteissään energiakatselmuksen toimintatapoja. Säästökohteiden mietinnässä suurimmaksi ongelmaksi muodostui käyttöaikojen lyhyys. Käyttöaikojen ollessa lyhyet investointien takaisinmaksuajat voivat venyä liian pitkiksi, jotta investointipäätös kannattaisi tehdä.</p> <p>Tutkimuksen perusteella todettiin, että nykyinen puupelletin sekä kevyen polttoöljyn yhdistelmä on taloudellisesti edullisempi verrattuna energian tuottamiseen pelkällä kevyellä polttoöljyllä. Säästöehdotuksiksi tutkimuksessa todettiin ilmanvaihdon säätäminen käyntiajoilla sekä lämpötason alentaminen tuotannon tarpeiden mukaisesti. Nämä vaihtoehdot olivat ainoat realistiset säästökohteet, joilla oikeaa taloudellista säästöä saataisiin aikaiseksi kohtuullisessa ajassa.</p>					
Asiasanat (avainsanat) Energiatehokkuus, prosessiteollisuus & meijeri					
Sivumäärä 29	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Kieli</td> <td style="width: 33%;">URN</td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	Kieli	URN	Suomi	
Kieli	URN				
Suomi					
Huomautus (huomautukset liitteistä)					
Ohjaavan opettajan nimi Martti Veuro	Opinnäytetyön toimeksiantaja Juvan Luomu Oy				

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 30.4.2012	
Author(s) Matti Laukkarinen		Degree programme and option Building services	
Name of the bachelor's thesis Energy efficiency improvement in organic dairy			
Abstract <p>The purpose of this work was to develop durable and energy saving solutions for the subscriber of this research, Juvan Luomu Inc. The target of this research was an organic dairy in Juva. Additionally, subscriber wanted to find out, was their present combination of wood pellets and light fuel oil economically cheapest solution to produce energy to the dairy.</p> <p>The research was narrowed to include only the equipment associated with HVAC. Primarily, energy is produced with wooden pellets, but energy is also produced with light fuel oil for answering the production energy needs. The dairy's production was focused on 2-4 days of the week.</p> <p>Primarily research followed the basic principles of energy survey. When thinking energy solutions, the biggest problem formed from short using time of machinery. When using times of machinery are short, payback times for investments can grow too long, for the investment to be profitable.</p> <p>The research showed that the present combination of wooden pellets and light fuel oil is economically the cheapest way to produce energy compared to option of producing energy with only using light fuel oil. Energy saving propositions of this research were adjusting the ventilation to answer the needs of the use. Also, lowering the temperature of the heating systems water for the minimum level needed proved to save energy in the long run. These two propositions were only ones that had real economical saving potential within a reasonable amount of time.</p>			
Subject headings, (keywords) Energy efficiency, process industry & dairy			
Pages 29	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Martti Veuro		Bachelor's thesis assigned by Juvan Luomu Inc.	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	ENERGIATEHOKKUUS	2
2.1	Yleistä energiatehokkuudesta	2
2.2	Energiatehokkuus Suomessa	3
2.2.1	Energiakatselmukset	5
2.2.2	Energiakatselmustoiminnan kannattavuus.....	7
3	ENERGIAN TUOTTAMINEN	8
3.1	Energiasopimus.....	8
3.2	Pelletti	9
3.3	Kevyt polttoöljy	10
3.4	Tulokset ja johtopäätökset	11
4	ENERGIAN SÄÄSTÄMINEN.....	12
4.1	Menetelmät	13
4.2	Teoreettiset säästömahdollisuudet	14
4.3	Kohteen esittely	15
4.4	Aikaisemmat säästösuunnitelmat.....	18
4.5	Mahdolliset säästökohteet.....	20
4.5.1	Ilmanvaihto	21
4.5.2	Varaaja	22
4.5.3	Lämpötason säätäminen.....	22
4.6	Tulokset	24
4.7	Johtopäätökset.....	28
5	YHTEENVETO	29
	LIITE/LIITTEET	
	1 Säästöehdotusraportti (Sweco Industry)	

1 JOHDANTO

Juvan luomu Oy on juvalaisten maidontuottajien perustama luomumeijeri, joka on toiminut vuodesta 1990. Juvan luomu on Suomen ainoa pelkästään luomutuotteita tuottava meijeri. Päätuotteena valmistetaan luomujogurtteja, mutta meijeri valmistaa myös muita luomumaitotuotteita. Meijerin kaikki maito hankitaan noin 35 kilometrin säteeltä meijeristä. Vuonna 2011 jalostettu maitomäärä oli noin 600 000 litraa ja liikevaihto noin 1,5 miljoonaa euroa. Juvan luomu työllistää 10 henkilöä.

Itse meijerirakennus on arvioituna noin sata vuotta vanha. Ilmanvaihto rakennuksissa toimii painovoimaisesti, lukuunottamatta puhtausluokitukseltaan muita tiloja korkeampaa tuotantotilaa, jossa on tulo-poistoilmanvaihto. Itse tuotanto on toiminnassa kahtena päivänä viikossa kolmen tunnin ajan. Muun ajan viikosta maitotuotteet valmistuvat käymisprosessin muodossa. Käyntiajat meijerillä ovat siis verrattain pienet.

Energia luomumeijerillä tuotetaan kahdella tavalla, kevyellä polttoöljyllä sekä puupelleteillä. Puupellettilämpökeskuksen teho on 500 kilowattia. Prosessin huipputehontarpeita varten energiaa tuotetaan myös polttoöljykattilalla, jonka teho on myös 500 kilowattia. Meijerin tontilla sijaitseva puupellettilämpökeskus on Juvan Luomu Oy:n omistuksessa. Energian keskukselle toimittaa Vapo Oy. Vapo tuottaa energian Juvan Luomulta vuokraamallaan lämpökeskuksella.

Työn ensisijainen tarkoitus on kehittää ratkaisuja, joilla saataisiin vähennettyä meijerin energiankulutusta merkittävästi. Periaatteessa työ noudattaa normaalin energiakatselmuksen toimintapoja, mutta työstä päätettiin rajata sähköenergiaan liittyvä materiaali ja laitteistot ja keskittyä pelkästään lämpötekniisiin ongelma-kohtiin, ottaen huomioon koulutukseni antamat rajalliset tiedot sähkötekniikasta.

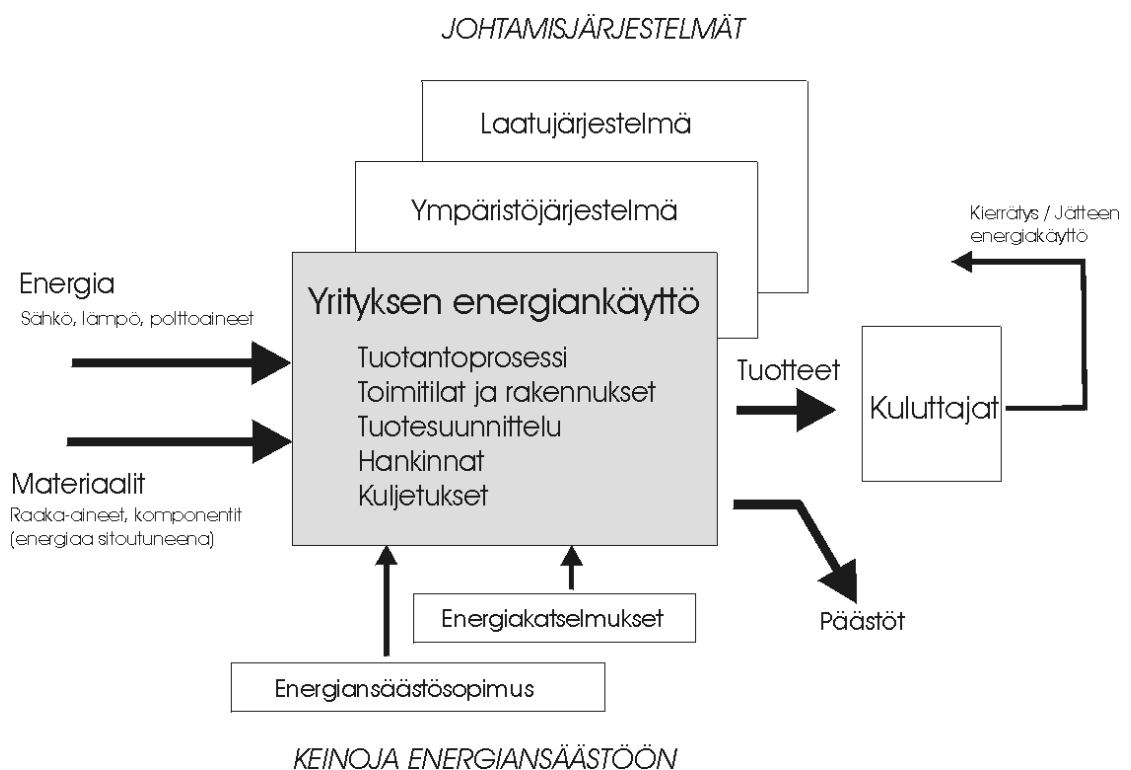
Lisäkysymyksenä tilaaja haluaa selvittää, onko nykyinen energiantuottotapa heille taloudellisesti edullisin vaihtoehto. Vaihtoehtona nykyiselle pelletin sekä kevyen polttoöljyn yhdistelmälle tilaaja ehdotti siirtymistä tuottamaan energiaa pelkällä kevyellä polttoöljyllä.

2 ENERGIATEHOKKUUS

2.1 Yleistä energiatehokkuudesta

Energiakysymykset ovat aikamme kenties ajankohtaisimpia puheenaiheita, ja niiden selvittämiseen pyritäänkin panostamaan jatkuvasti enemmän. Kansainvälisesti energiatehokkuuden parantamisen ensisijainen tavoite on ympäristönsuojelu, johon pyritään vähentämällä ilmastolle haitallisia kasvihuonekaasupäästöjä sekä minimoimalla fossiilisista polttoaineista aiheutuvat saasteet. Uusiutumattomia energiavaroja pyritään säästämään mahdollisimman paljon. Energian säästämällä pyritään myös turvaamaan energian saanti ja sujuva jakelu nyt ja tulevaisuudessa. [1.]

Energiatehokkuutta ei pyritä parantamaan rakennuslaadun ja työhyvinvoinnin kustannuksella, pikemminkin päinvastoin. Esimerkiksi työtiloissa, joissa on suuri hukkalämpökuorma ja suuri työskentelylämpötila (raskas teollisuus, hallitilat), voidaan työskentelylämpötilaa alentaa ottamalla tilojen hukkalämpö järkevästi talteen. Kuvassa 1 on esitelty yrityksen energiankäyttöön vaikuttavat tekijät sekä mahdolliset säästökohteet. [1.]



KUVA 1. Yrityksen energiankäytön kenttä [2. s.7]

Energiatehokkuus tarkoittaa käytännössä sitä, että energiankäytön tehokkuus paranee alentamalla energian ominaiskulutusta. Ominaiskulutus tarkoittaa suhteellista energiankulutusta tuoteyksikköä tai palvelua kohti. Mittayksikkönä käytetään saatua energiaa tuotetonnia (MWh/tuotetonni) tai rakennuskuutiota kohden, jolloin yksikkö on MWh/m³. [3.]

Monet eri tahot ovat luoneet tavoitteita, joiden avulla pyritään tehostamaan energiatehokkuuden parantamista. Tällaisia instansseja ovat esimerkiksi Yhdistyneet Kansakunnat sekä Euroopan Unioni. Kansainvälistä ilmastopolitiikka ohjaavat pääasiassa YK:n luomat ilmastopimukset, jotka pyrkivät yhdistämään eri valtioiden ilmastopolitiikat yhtenäiseksi kansainväliseksi politiikaksi. EU:n ilmastotavoitteita ja toimenpiteitä ohjaa sen itse luomiensa perussopimusten noudattama poliittinen prosessi. EU:n luomat toimenpiteet ja tavoitteet ovat käytännössä ne kaksi asiaa, jotka ohjaavat Suomen ilmastopolitiikkaa. [4.]

2.2 Energiatehokkuus Suomessa

Suomi on energiansäästötoimissaan ja energiatehokkuuden parantamisessa maailman johtavia maita. Suomessa on toteutettu erilaisia energiansäästöohjelmia ja –suunnitelmia pitkäjänteisesti jo usean vuosikymmenen ajan. Ennen vuotta 1992 energiansäästöasioita käsiteltiin osana suurempia energiapoliittisia linjauksia sekä strategioita. Vuonna 1992 hallitus hyväksyi itsenäisen ja erillisen energiansäästöohjelman. Energiansäästöohjelma suunnattiin vuosille 1992-1996 ja tavoitevuodeksi asetettiin vuosi 2005. [5, s.10.]

Energiansäästöohjelman tueksi perustettiin vuonna 1993 valtion omistama yritys Motiva Oy. Motivan tehtävänä on edistää energiansäästötoimintaa sekä energiakatselmustoimintaa sekä levittää informaatiota energiansäästöön liittyvissä asioissa. Lisäksi Motiva edistää uusien energiatehokkaiden sekä energian säästämiseen tarkoitettujen tuotteiden tehokasta markkinoille tuloa. Motiva toimii yhteistyössä viranomaisten, energiemarkkinaosapuolten sekä muiden yhteisöjen kanssa, jotta tietoa energiansäästämisen hyväksi saataisiin jaettua mahdollisimman tehokkaasti. [5, s.56.]

Energiasäästötoimenpiteiden vaikutuksia on tilastoitu jo 1990-luvulta lähtien. Energiakatselmustoiminnan vaikutuksia on tilastoitu vuodesta 1994 lähtien sekä energiasäästösopimusten vaikutuksia vuodesta 1999 lähtien. Tällä kerätyllä informaatiolla on kyetty luotettavasti arvioimaan teollisen sekä yksityisen sektorin realistiset energiansäästömahdollisuudet ja niiden kannattavuudet. Taulukossa 1 on kerätty energiansäästötoimenpiteiden vaikutukset sektoreittain vuosilta 2007-2010 sekä arvioitu vuosien 2013-2016 energiansäästötoimilla saavutettavat realistiset säästövaikutukset. [5, s.5-6.]

TAULUKKO 1. Yhteenveto säästövaikutuksista sektoreittain (GWh/a) [5, s.60]

Sektori	2007	2010	2013	2016
	GWh	GWh	GWh	GWh
Kotitaloudet				
Rakennukset	3960	5934	7863	9573
Julkinen sektori/kunta-ala	84	69	66	66
Julkinen sektori/valtio	144	90	102	102
Yksityinen palveluala	1286	1307	743	640
Teollisuus	1286	1307	743	640
Liikenne	869	1140	1299	1387
Maatalous	480	659	809	938
Energia-ala				
Horisontaaliset				
Kokonaissäästö	6824	9201	10882	12707

Vuonna 2005 teollisuuden energiankäyttö oli noin 164 TWh. Tästä suurin osa, noin 120 TWh oli lämmön ja polttoaineiden osuutta. Sähkön osuus oli noin 44 TWh. Viime vuosikymmenen aikana sekä sähkön että polttoaineen kulutus on kasvanut noin kolme prosenttia. Vuosien 2000-2005 aikana teollisuuden alalla raportoitiin yhteensä 200 energiakatselmusta, joiden määrät ja säästövaikutukset on esitetty seuraavalla sivulla olevassa taulukossa 2. [5, s 34.]

TAULUKKO 2. Teollisuuden energiankäyttäjien säästöpotentiaali vuosina 2000-2005 [5, s.36]

	Suuruusluokka	Energiakatselmuksia	Lämpö ja polttoaine	Sähkö
	QWh/a	kpl	%	%
Pk-teollisuus	<10	119	22,8	6,9
Keskisuuret käyttäjät	10-70	64	16,6	6,3
Teollisuuslaitokset	70-500	17	8,8	4,7

Näitä suurempien (>500GWh/a) energiankäyttäjien keskimääräistä energiansäästöpotentiaalia ei ole laskettu erikseen. Luvuista voidaan huomata, että suurin säästöpotentiaali on pienimmissä ja keskisuurissa kohteissa. Yksiköiden suurentuessa säästöpotentiaali pienenee.

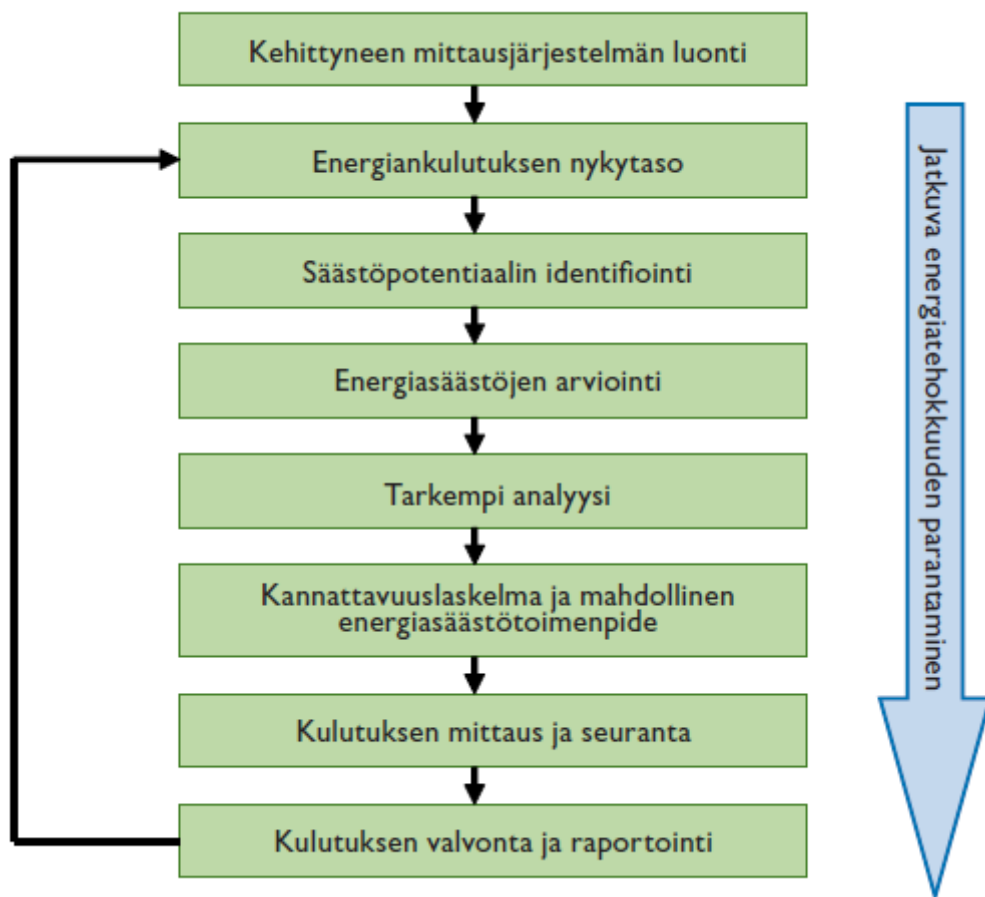
2.2.1 Energiakatselmuks

Energiakatselmus on Motivan ylläpitämä menettelytapa energiatehokkuuden parantamiseksi, jonka avulla muunnetaan energiansäästämisen teorian käytäntöön. Hallinnollisesti energiakatselmustoiminnasta vastaa kauppa- ja teollisuusministeriö. Energiakatselmusten toteuttaminen otettiin osaksi teollisuuden energiansäästösopimusten velvoitteita vuonna 1997. Energiakatselmuksen tavoitteena on analysoida kohteen kokonaisenergian kulutus, kartoittaa mahdollisuudet energian säästämiseen, jonka jälkeen esitetään ehdotettavat energiansäästötoimenpiteet kannattavuuslaskelmineen. Lisäksi energiakatselmuksessa voidaan selvittää mahdollisuudet mahdollisten uusiutuvien energiamuotojen käyttöön. Lisäksi katseluksessa lasketaan ja raportoidaan ehdotettujen säästötoimenpiteiden vaikutus CO₂-päästöihin. [6; 7.]

Motiva on luonut ohjeistuksia erilaisille rakennustyypeille sekä sekä teollisuuden erilaisille sektoreille. Ohjeistukset ovat yksityiskohtaisia ja helposti ymmärrettäviä. Tämän tutkimuksen kohde sijoittuu prosessiteollisuuteen, johon löytyy myös oma ohjeistuksena. Jotta virallinen energiakatselmus voidaan tehdä, tulee katselmuksen tekijällä olla tarvittava koulutus sekä pätevyys. Motiva järjestää erillisiä energiakatselmoijien kursseja, jonka käynyt henkilö voi virallisesti tehdä energiakatselmuksia. Energiakatselmusten tekoon myönnetään myös taloudellista tukea. Eritoten teollisuuden alalla

tehtäviin energiakatselmuksiin voidaan hakea taloudellista tukea. Energiatukien myöntämisestä vastaavat paikalliset Työvoima- ja elinkeinokeskukset. [6; 7.]

Jotta energiatehokkuusjärjestelmä toimisi jatkuvasti ja luotettavasti, tulisi kohteissa joissa energiansäästötoimenpiteitä on tehty tarkastella toimenpiteiden toimivuutta jatkuvasti. Suositus olisi, että yrityksen johto tarkastelisi vähintään kerran vuodessa, miten sovitut toimenpiteet ja periaatteet toteutuvat käytännössä, tutkisi tehtyjen toimenpiteiden aikaansaamia tuloksia alkuperäisiin tavoitteisiin sekä arvioisi mahdollisten lisätoimenpiteiden tarvetta. Energiatehokkuuden parantamisen arvioinnissa menetellään alla olevan kuvan 2 osoittamalla tavalla.

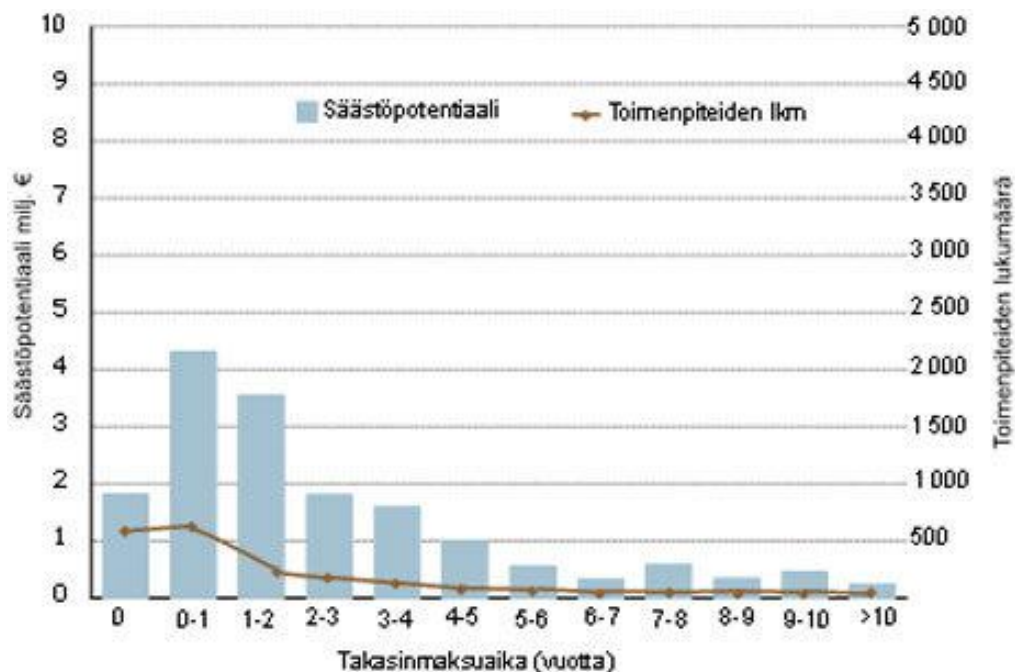


KUVA 2. Energiatehokkuuden jatkuvan kehityksen kaava [8 s. 28]

2.2.2 Energiakatselmustoiminnan kannattavuus

Kuten edellä mainitut tutkimukset ja tulokset osoittavat, energiakatselmustoiminnalla saadaan aikaan mittavia säästöjä energiankäytössä. Työ- ja elinkeinoministeriön antama taloudellinen tuki energiakatselmuksille aikavälillä 1992-2007 on ollut 23 miljoonaa euroa. Tällä aikavälillä vuosittaista energiansäästöä on saatu aikaan noin 0,7 TWh. Tästä säästöstä teollisuuden osuus on noin 80 prosenttia. Tätä vuosittaista energiansäästöä vastaava jatkuva energiansäästö aikavälillä 1992-2007 on noin 11 TWh, mikä vastaa taloudellisesti tarkasteltuna 360 miljoonan euron säästöjä. Tästä säästöstä teollisuuden osuus on noin 70 prosenttia. [9.]

Energiakatselmusten raporteissa esitetään raportissa ehdottujen toimenpiteiden avulla saadut säästöt ja aikaansaamat kustannukset energiakatselmuksen tekohetken perusteella. Näillä lukuarvoilla jokaiselle kohteelle lasketaan niin sanottu suora takaisinmaksuaika. Näillä takaisinmaksuajoilla voidaan jaotella energiakatselmukset eri luokkiin. Alla olevassa kuvassa kuvassa 3 on esitetty pk-teollisuuden ja energia-alan säästöpotentiaali luokiteltuna eri takaisinmaksuajan luokkiin. [10.]



KUVA 3. Energiakatselmusten säästötoimenpiteiden kannattavuus. [10]

Kuten edellä esitetystä kuvasta 3 voidaan havaita, kohteiden osuus, joiden takaisinmaksuaika jää alle kahteen vuoteen on 57 prosenttia. Investointitarve vastaaville toi-

menpiteille on noin 16 prosenttia kaikkien toimenpiteiden vaatimasta yhteisestä investointitarpeesta. Suuressa osassa tehdyistä katselmuksista takaisinmaksuaika on verrattain lyhyt, mikä tekee toiminnasta taloudellisesti kannattavaa yrityksille.

3 ENERGIAN TUOTTAMINEN

Tilaaaja halusi selvittää, onko heidän nykyinen energiantuottotapansa taloudellisesti heille edullisin vaihtoehto. Vaihtoehtona nykyiselle pelletin sekä kevytöljyn yhdistelmälle tilaaja ehdotti siirtymistä tuottamaan energiaa pelkästään kevyellä polttoöljyllä.

Tilaaaja oli teettänyt aikaisemmin hintalaskelmat Vapolla, joiden perusteella nykyinen puupelletin ja kevyen polttoöljyn yhdistelmä olisi taloudellisesti halvempi vaihtoehto kuin pelkällä kevyellä polttoöljyllä tuotettu energia. Tilaaaja halusi varmistaa tuloksen ulkopuolisella henkilöllä.

3.1 Energiasopimus

Nykyisen Vapo Oy:n kanssa tehdyn energiasopimuksen mukaisesti hinta muodostuu alla esitettyjen kaavojen 1 ja 2 mukaisesti.

$$\text{Perusmaksu} \quad (1)$$

$$\mathbf{T_m = X \cdot T_{i49}/T_{i049}}$$

Missä

T_m	Perusmaksu
X	Sopimuksen mukaisen perusmaksun perusarvo sopimuskohetkellä
T_{i49}	Tukkuhintaindeksin kokonaisindeksin sovellusarvo
T_{i049}	Tukkuhintaindeksin kokonaisindeksin perusarvo

$$\text{Energiamaksu} \quad (2)$$

$$HT = HT_o \cdot (0,9 \cdot Hi/Hio + 0,1 \cdot Hpok/Hpoko)$$

Missä

HT	Energiamaksu
Hto	Energiamaksun perusarvo
Hio	Metsähakkeen/murskeen hinta käyttöpaikalla (laskennallinen)
Hi	Metsähakkeen/murskeen hinta käyttöpaikalla
Hpoko	Kevyen polttoöljyn (6/2006) perusarvo (10%:sti)
Hpok	Kevyen polttoöljyn toteutunut viitehintaa, snt/l

3.2 Pelletti

Luomumeijerin energiasopimus on tehty Vapo Oy:n kanssa. Energia tuotetaan kahdella tapaa, puupelleteillä sekä kevyellä polttoöljyllä. Siirrettävä pellettikämpökeskus sijaitsee meijerin tontilla, ja se on Juvan luomun omistuksessa. Toisin sanoen, Vapo Oy tuottaa energiaa Juvan Luomu Oy:n omistamalla puupellettilämpökeskuksella. Lämpökeskus ja sen vaatima maa-ala on vuokrattu Vapo Oy:lle. Pellettikattilalaitoksen suunnitelmallinen lämpöteho on 500 kilowattia. Tämä tilauslämpöteho tarkoittaa suurinta tuntikeskitehoa. Hetkellinen tehontarpeen ylitys sallitaan ilman erillistä korvausta. Meijerille saatava kiertoveden lämpötila vaihtelee luovutuskohdassa prosessitarpeen mukaan 90-100 °C välillä. Alla esitetyssä kuvassa 4 on esitelty meijerin tontilla sijaitseva puupellettilämpökeskus. Kuvassa taka-alalla sijaitsee puupellettsiilo, jonka edessä on pellettikattila, jossa pelletit poltetaan.



KUVA 4. Meijerin tontilla sijaitseva pellettilämpökeskus

Mikäli lämmöntoimitus puretaan ostajan pyynnöstä sopimuksessa mainitsemattomasta syystä, joutuu ostaja maksamaan lämpökeskuksen poissiirrosta energian myyjälle sopimuksessa määrätyn rahasumman. Tämä on otettava huomioon pohdittaessa taloudellisesti edullisinta energiantuottotapaa.

3.3 Kevyt polttoöljy

Pellettilämpökeskuksen lisäksi kohteessa energiaa tuotetaan myös kevyellä polttoöljyllä. Pellettilämpökeskus on pääasiallinen energianlähde, polttoöljyllä tuotettu energia on tarkoitettu vastaamaan lähinnä tuotannon huipputehontarpeisiin.

Jotta pystytään selvittämään, olisiko energian tuottaminen pelkällä öljyllä edullisempaa kuin nykyinen tapa on ensin selvítettävä, paljonko öljyä tarvitaan, jotta nykyinen energiantarve saataisiin katettua pelkällä öljyllä. Öljyn tarve lasketaan kaavalla 3.

$$\mathbf{X} = \frac{Q_x}{W \times \eta} \quad (3)$$

missä,

X	Tarvittava öljymäärä [l]
Q_x	Tehontarve kuukausittain [kWh]
W	Keveyen polttoöljyn energiansisältö [kWh/l]
η	Lämmöntuotannon hyötysuhde

esimerkkinä vertailulasku vuoden 2011 tammikuu öljyntarpeesta:

$$X = \frac{134970 \text{ kWh}}{10 \text{ kWh/l} \times 0,92} = 14671 \text{ l}$$

Öljyn kuukausihintana laskuissa on käytetty öljyalan keskusliiton kuluttajahintaseurannan vuodelle 2011 annettuja kuukausikohtaisia hintoja. Verot sisältyvät hintaan.

Esimerkkinä hintalasku tammikuulle 2011:

$$\mathbf{E} = \mathbf{X} \times \mathbf{e} \quad (4)$$

missä

E	Kuukausihinta öljyllä [€]
X	Tarvittava öljymäärä [l]
e	Öljyn kuukausihinta [€/l]

$$E = 14671 \text{ l} \times 1,048 \text{ €/l} = 15375,208 \sim 15375,21 \text{ €}$$

3.4 Tulokset ja johtopäätökset

Kulutustietoja oli saatavilla vuoden 2011 tammikuun alusta lokakuun loppuun. Laskelmat ovat siis esitetty näiltä kuukausilta. Saatavilla olleilla kulutustiedoilla lasketut öljyn kulutus ja hinta ovat esitelty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Hintavertailulaskelma tammikuu 2011-lokakuu 2011

Kuukausi	Mittarilukema	Kulutus MWh	Kattila- laitoksen hyötysuhde	Tarvittava öljymäärä [l]	Öljyn hinta [e/l]	Hinta öljyllä	Hinta nykyinen
tammikuu	4598,15	134,97	0,92	14671	1,048	15375,21	11101,32
helmikuu	4740,01	141,86	0,92	15420	1,024	15790,08	11671,13
maaliskuu	4856,92	116,91	0,91	12847	1,093	14041,77	10212,51
huhtikuu	4947,72	90,8	0,88	10318	1,101	11360,12	8650,2
toukokuu	5032,28	84,56	0,78	10841	1,036	11231,28	8277,08
kesäkuu	5094,7	62,42	0,68	9179	1,068	9803,17	6871,69
heinäkuu	5159,32	64,62	0,67	9316	1,08	10061,28	7030,04
elokuu	5222,24	62,92	0,67	9391	1,014	9522,47	6942,92
syyskuu	5286,58	64,34	0,77	8356	1,07	8940,92	7047,06
lokakuu	5360,9	74,32	0,88	8446	1,072	9054,11	7715,48
						115180,41	85519,43
						Erotus	29660,98

Laskelmien perusteella vuonna 2011 aikavälillä tammikuu-lokakuu energian tuottaminen pelkällä kevyellä polttoöljyllä olisi maksanut tilaajalle 115 180,41 euroa, kun nykyisellä järjestelmällä kustannukset olivat 85 519,43 euroa. Näin ollen, jos pelkäs-tään kevyttä polttoöljyä olisi käytetty energian tuottamiseen pelletin ja kevyen poltto-öljyn yhdistelmän sijaan, olisivat kustannukset olleet 29 660,98 euroa suuremmat. Energian tuottaminen pelkällä kevyellä polttoöljyllä olisi siis noin 35 prosenttia kal-liimpi vaihtoehto nykyiseen verrattuna.

Laskelmien perusteella päädyttiin johtopäätökseen, että nykyinen pelletin ja kevyen polttoöljyn yhdistelmä on taloudellisesti edullisin ratkaisu tuottaa energia meijerille. Nykyinen järjestelmä on myös ekologisesta näkökulmasta edullisempi ratkaisu, sillä puupelletti luetaan uusiutuviin energianlähteisiin, toisin kuin kevyt polttoöljy.

4 ENERGIAN SÄÄSTÄMINEN

4.1 Menetelmät

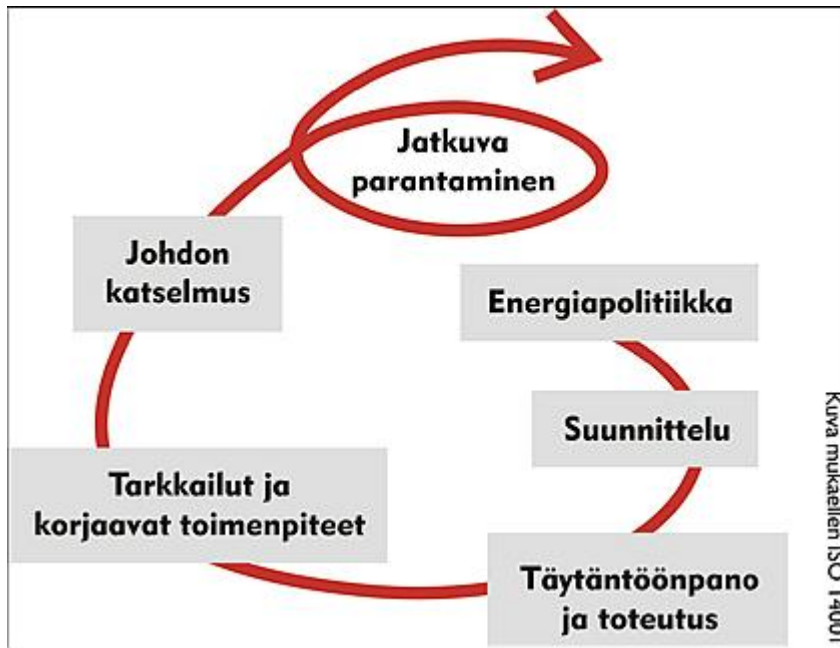
Lainattuna Motivan laatimasta liitteestä Teollisuussektorin energiakatselmusten ohjeistus sivulta kaksi, ”Energiakatselmustoiminnan ohjeistus on kolmitasoinen. Ylimmällä tasolla on TEM:n laatima yleisohje, joka määrittelee katselmustoiminnan yleiset ja hallinnolliset menettelytavat. Yleisohjetta on noudatettava kaikissa katselmushankkeissa. Toisella tasolla on Motivan toimesta laaditut toteutus- ja raportointiohjeet, joissa on katselmusmallikohtaisia ohjeita ja vaatimuksia, joita on noudatettava kohteen erityispiirteet huomioon ottaen.”

Motiva on laatinut energiakatselmoijille työkaluja, joiden avulla katselmukset ja esimerkkiraportointi sujuu helpommin. Näitä työkaluja ovat muun muassa:

- Motiwatti-laskentaohjelma
- yhteenvetotaulukot
- raportointityökalut
- tarkistuslistat
- mittauspöytäkirjat

Nämä työkalut ovat tarkoitettu yhtenäistämään energiakatselmustoimintaa ja energiakatselmusten laatimista. [11, s.2.]

Motiva tarjoaa myös yrityksille ohjeistusta energian säästämiseen yrityksen eri toiminnoissa, eli niin sanottua energiahallintaa. Energiahallinnalla pyritään jatkuvaan energiankulutuksen alentamiseen yrityksessä sekä jo saavutettujen tulosten ylläpitämiseen. Kun ennalta asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi tehdyt toimenpiteet on tehty, on tärkeää, että yrityksen sisäisessä toiminnassa tehdään tarvittavat muutokset ja vastuiden määrittämiset, jotta tavoitteissa pysytään ja pystytään seuraamaan toimenpiteiden vaikutuksia. Kuvassa 5 on esitelty, kuinka yrityksen energiahallintaan voidaan soveltaa ja sisällyttää jatkuvan parantamisen periaatteet. [12.]



KUVA 5. Jatkuvan parantamisen periaatteen soveltaminen yrityksen energianhallintaan [13, s.5]

Energianhallinnalla pyritään siihen, että organisaatiossa sovellettaisiin edellä mainitun olevan kuvan periaatetta. Jotta jatkuva parantaminen olisi mahdollista toteuttaa, on hyvä ja toteutettavissa oleva energianhankintastrategia välttämätön. Yrityksen on myös tunnettava oma energiankäyttö ja energiansäästämahdollisuudet perinpohjaisesti. Energiatehokkuus on otettava huomioon yrityksen tulevissa investoinneissa, hankinnoissa sekä toimintatavoissa. Energiankäytön tehostamisella on suora yhteys yrityksen tuottavuuden parantamiseen ja kilpailukyvyyn parantamiseen markkinoilla tuotokustannusten alentuessa. [12.]

4.2 Teoreettiset säästämahdollisuudet

Laitteistojen ja ohjauslaitteiden kehittyessä kehitetään jatkuvasti lisää energiaratkaisuja, joita voidaan ottaa käyttöön rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa. Rakennusten energiatehokkuuden voidaan käytännössä vaikuttaa kolmessa eri ajankohdassa: rakennuksen suunnitteluvaiheessa, rakennuksen käyttöönottovaiheessa sekä rakennuksen käytön aikana.

Rakennuksen suunnitteluvaihe määrää suurilta osin rakennuksen tulevan energiatehokkuuden. Tässä vaiheessa tehdyt päätökset ovat rakennuksen elinkaaren muissa

vaiheissa vaikeita ja kalliita muuttaa. Kohdetta suunniteltaessa energiatehokkuutta painottava suunnittelu ei ole ollut määräävä tekijä. Energiatehokkaampien järjestelmäpäivitysten avulla energiankulutusta voitaisiin alentaa nykytasoon verrattuna. Paljon energiaa vievien järjestelmien uusiminen energiatehokkaammiksi on usein kallista, joten tässä tapauksessa ne eivät tule kysymykseen. [14, s. 27.]

Valitettava usein tilaajalle tarjotaan rakennusta, jonka energiataloudellinen säätö on jäänyt puuttelliseksi. Myös tarpeellinen ohjeistus rakennuksen käyttäjille on usein puutteellista. Tällöin suunnitteluvaiheessa saadut energiansäästöratkaisut eivät saavuta täyttä potentiaaliaan, mistä seuraa turhia energiahäviöitä sekä taloudellista tappiota tilaajalle. Uskon, että kohteessa olevien järjestelmien säätämällä ja optimoinnilla pystytään saavuttamaan jonkinlaisia energiasäästöjä. [14, s 27.]

Käytön aikana varmistetaan, että turhaa energian tuhlausta ei esiinny ja energiankäyttö on tarpeenmukaista. Energiankulutusta valvotaan ja on myös tarkastettava, että järjestelmät toimivat niille tarkoitettulla tavalla. Laitteita viritetään, säädetään ja huolletaan tarpeen mukaan. Esimerkiksi säätämällä sisälämpötilaa alhaisemmaksi saadaan ilmanvaihdossa aikaan energian säästämistä. Uskon, että käytönajan laitteiden säätämällä saadaan myös aikaan säästöjä kohteessa. [14 s.27.]

Yleisesti ottaen erillisten energiataloudellisten korjaustoimenpiteiden taloudelliset kustannukset nousevat usein korkeiksi verraten nykyisten energiahintojen avulla laskettuun saavutettavissa olevaan säästöön. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö tietyissä tapauksissa tällainen toiminta kannattaisi. Tällaisten tapauksien hankintatoimenpiteiden kannattavuus on harkittava tarkasti, jotta todellista säästöä syntyisi. [14, s.28.]

4.3 Kohteen esittely

Kuten jo edellä mainittiin, kohderakennus on iältään hyvin vanha. Rakennus on noin sata vuotta vanha. Rakennuksen suunnitteluajankohdan aikaan energiatehokas suunnittelu ei ole ollut määräävä tekijä, joten näin ollen voidaan sanoa, että rakennuksen suunnitteluvaiheessa aikaan saatu energiatehokkuus on heikko. Maidon prosessointiloissa oleva ilmanvaihtokone on asennettu 1990-luvun alkupuolella.

Toimistotiloissa lämmitys toimii vesikiertoisilla pattereilla. Meijerin tuottamalla energialla lämmitetään myös meijerin läheisyydessä sijaitseva rivitalo. Tuotteiden varastointia varten meijerillä on olemassa kylmähuone. Kylmälaitteiden lauhdelämpö ajetaan meijerin raakamaidon purkutilaan.

Prosessissa suurin yksittäinen energiankuluttaja on kuvassa 6 esitelty maidon pastörointiin tarkoitettu lämmönsiirrin. Ennen kuin maitoa voidaan jatkokäsitellä prosessissa, on se pastöroitava eli kuumennettava korkeaan lämpötilaan lyhyeksi ajaksi. Tämän toimenpiteen tarkoitus on tuhota raakamaidosta mahdolliset taudinaiheuttajat. Lisäksi pastörointi pidentää tuotteen säilymisaikaa huomattavasti. Kaikki myytäväksi tarkoitettu maito on Suomessa pastöroitava.

[15.]



KUVA 6. Maidon kuumentamiseen tarkoitettu lämmönsiirrin

Kuvassa 6 esitellyn lämmönsiirtimen läpi voi maksimissaan virrata 15 000 litraa maitoa tunnissa. Läpi virtaava maito voidaan kuumentaa 90 asteeseen. Lämmönsiirtimen

tehoa on pienennetty alkuperäisestä, eli käytännössä levylämmönsiirtimen levyjä on poistettu siirrinlevypakasta, jolloin siirtimen tilavuus ja lämmönsiirtoteho pienenee.

Kun järjestelmissä ei virtaa tuotteita, on järjestelmiä pestävä mikrobin ja taudinaiheuttajien leviämisen estämiseksi. Pesuilla voidaan lisäksi pidentää järjestelmien käyttöikää sekä ehkäistä tuotteiden enneaikainen pilaantuminen. [16.]

Järjestelmien pesemiseen käytetään kolmea eri nestettä, hapanta liuosta, emäksistä liuosta sekä puhdasta vettä. Järjestelmiä pestään vuoroin happamalla liuoksella, emäksisellä liuoksella sekä kuumalla vedellä. Ph-arvon vaihtelu puhdistaa järjestelmät tehokkaasti sekä tappaa mahdolliset taudinaiheuttajat. Kuvassa 7 on esillä kaikkien pesunesteiden lämmitykseen tarkoitetut lämmönsiirtimet.



KUVA 7. Pesunesteiden lämmönsiirtimet (happo, emäs ja vesi).

Sekä happaman että emäksisen liuoksen kuumentamiseen tarkoitettujen lämmönsiirtimien lämpöteho on 150 kilowattia. Emäksinen liuos kuumennetaan lämmönsiirtimen

kilpitietojen mukaan 65-75 asteeseen. Happaman liuoksen lämmönsiirtimen kilpitietojen mukaan lämpötila-alue on 115-80 asteen välillä. Ottaen huomioon järjestelmän lämpötilan tason rajoittuessa 95 asteeseen voidaan olettaa, että hapen liuos kuumennetaan noin 90 asteeseen. Kilpitietojen mukaan happaman liuoksen lämmönsiirtimen massavirta on 1,02 kg/s. Emäksisen liuoksen lämmönsiirtimen vastaava arvo on 3,58 kg/s.

Pesuveiden kuumentamiseen tarkoitetun lämmönsiirtimen teho on 340 kilowattia. Pesuvesi kuumennetaan niin kuumaksi kuin on mahdollista, toisin sanoen noin 90 asteeseen. Pesuveiden lämmönsiirtimen massavirta on 4,04 kg/s.

Sähkövirtaa lämmitysjärjestelmissä käyttävät seuraavat laitteet:

- 4 kappaletta Kolmeks ASH-50/4V kierto-vesipumppuja
- Pumput asennettu pareittain rinnankytkennällä

- 1 kappale Grundfos MOT MG-pumppu
 - P= 7,5 kW
 - Pyörimisnopeus= 2890-2910 r/min

- Ilmastointikone Koja FFTKE-0906-L-3-AB-1-31-1-1
 - P = 5,5 kW
 - Pyörimisnopeus= 3000 r/min

4.4 Aikaisemmat säästösuunnitelmat

Kohteesta on olemassa aikasempiakin energiansäästösuunnitelmia. Sweco Industry Oy oli tehnyt kohteesta energiansäästösuunnitelman, joka keskittyi pelkästään lämmitysjärjestelmiin. Lainattuna Sweco Industryn raportista liite 1, tutkimuksen tavoitteena oli kattaa seuraavat asiat:

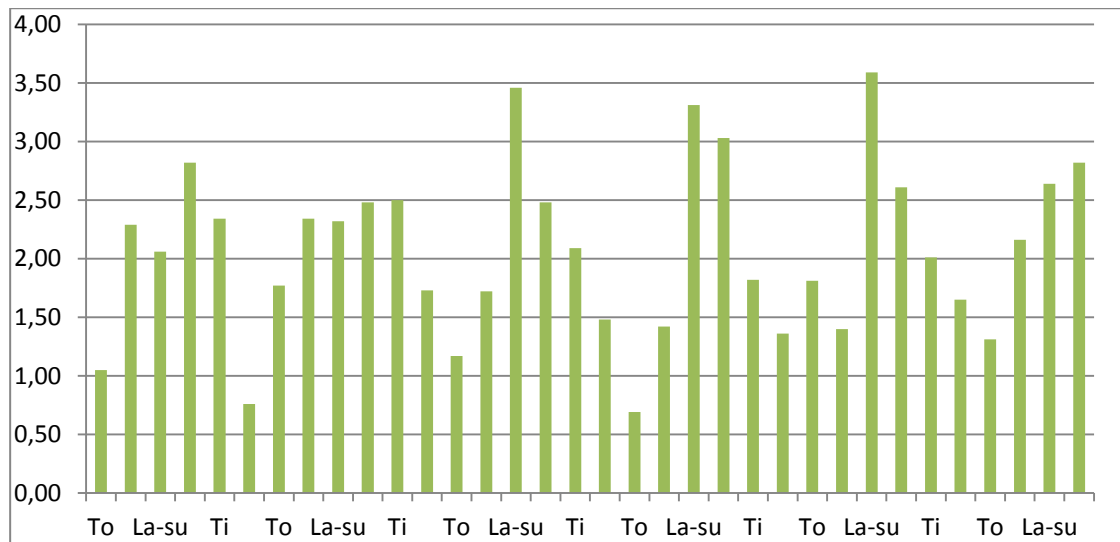
- saada lämmitysputkistonrakennetta yksinkertaisemmaksi ja poistaa lämmitysjärjestelmästä ylimääräisiä komponentteja
- purkaa jo käytöstä poistetut putkistot ja laitteet

- parantaa lämmitysjärjestelmän tehokkuutta ja parantaa sen säädettävyyttä
- vähentää järjestelmän vikaherkkyttä ja parantaa huollettavuutta myös käytön aikana
- saada parempi käsitys lämmitysjärjestelmän yleiskunnosta ja toiminnasta.

Toteutettaviksi toimenpiteiksi raportissa mainitaan seuraavat asiat:

- vanhan 40 m² varaajasäiliön poistaminen ja putket, joilla varaaja on rinnankytketty toimintaan jäävään 60 m² varaajasäiliöön
- lämpimän käyttöveden tuottamisen yksinkertaistaminen siten, että se jää prosessilämmityspiirissä olevan lämmönvaihtimen varaan, lisäksi putkisto uusitaan tarvittavilta osin
- pellettikattilan putket uudistetaan siten, että ne lämmittävät suoraan puskurivaraajaa
- prosessilämmityspiiri uudistetaan siten, että sen avulla saadaan tarvittaessa lämmitettyä puskurivaraajaa
- kaukolämpöpiirin pumput ja lämmityspiirien venttiilit siirretään kattilahuoneeseen
- sulkuventtiilien päivitys.

Ongelmakohtiksi raportissa mainitaan vanhan säiliön tyhjentäminen vanhojen venttiilien epävarmuuden takia ja siksi, että luultavimmin säiliöön on jäänyt öljyjäämiä. Lisäksi on todennäköistä, että putkistojen eristyksissä on käytetty asbestia, mikä aiheuttaa tiettyjä ongelmia varaajasäiliön purkutoimissa. Kuvassa 8 on esitelty diagrammi, joka kuvaa meijerin energiankäyttöä.



KUVA 8. Diagrammi meijerin keskilämpöä aikaväliltä 5.10-30.10 (MWh/päivä)

Edellä mainitussa diagrammissa 8 on esitelty meijerin energiankulutus päivittäin aikaväliltä 5.10.2011-14.11.2011. Suurin energiankulutus on tuotannon aikaan. Tuotanto sijoittuu useimmiten maanantaille, mutta silloin tällöin myös sunnuntaille. Tuotannon jälkeen tiistaisin ja keskiviikkoisin tuotteita pakataan sekä järjestelmiä pestään. Myös perjantaisin järjestelmille tehdään 4 tunnin mittainen pesu. Järjestelmiä pestään vuoroin vedellä, emäksisellä liuoksella sekä happamalla liuoksella. Pesuliuosten lämmitys vie paljon energiaa.

4.5 Mahdolliset säästökohteet

Lyhyiden käyntiaikojen vuoksi suuret investoinnit energiatehokkuuden parantamiseksi eivät ole taloudellisesti realistinen vaihtoehto. Suurimmat energiaa kuluttavat yksiköt toimivat tuotannon tarpeisiin. Näiden yksiköiden energiatehokkuutta ei voida parantaa nykyisestä, sillä tuotannon tarpeisiin tarvitaan tietty energiamäärä, mistä ei voida tinkiä. Prosessin energiaa kuluttavien yksiköiden hyötysuhdetta ei myöskään voida parantaa.

Kohteissa, joissa tiloja sekä lämmitetään että jäädytetään, on aina mahdollisuus, että jäädytettävien tilojen lauhdelämpö käytetään hyödyksi muiden tilojen lämmityksessä. Tällä hetkellä kylmätiloista tuleva lauhdelämpö ajetaan kylmähuoneen vieressä sijaitsevaan hallitilaan.

Mielestäni lauhdelämmön hyödyntäminen nykyisellään on taloudellisestiärkevin tapa hyödyntää lauhdelämpö. Muulla tavalla lauhdelämmön hyödyntämisestä saatava hyöty ei ole taloudellisesti kannattavaa lyhyiden käyntiaikojen vuoksi. Takaisinmaksuajat kasvaisivat liian suureksi hyötyyn nähden.

4.5.1 Ilmanvaihto

Kohteen ilmanvaihto on toteutettu yhdellä ilmanvaihtokoneella, jonka tarkoitus on luoda prosessitiloihin ylipaine tuotannon ajaksi. Lisäksi prosessitilassa on kaksi huippuimuria. Prosessitilasta ylipaine virtaa muihin tuotantotiloihin, joissa on poistoilmalle tarkoitettut hormit, jotka toimivat painovoimaisesti. Lisäksi tuotantotiloissa on toiminnassa kaksi huippuimuria, jotka imevät poistoilmaa.

Tuotantoa prosessitiloissa on maanantaisin sekä tiistaisin. Nykyisellään ilmanvaihto on toiminut täydellä teholla läpi viikon, vaikkakin ylipaineen tarve ei ole niin suuri viikon sinä aikana, kun tuotantoa ei ole. Näin ollen ilmanvaihdon energiatehokkuutta voitaisiin parantaa järkeistämällä ilmanvaihtokoneen käyntiaikoja. Ilmanvaihtokonetta ohjaa Ouman EH-105-ohjauslaite.

Ohjauslaitteessa on laajat mahdollisuudet ajastaa käyntiajat laitteistolle. Tuotannon tarve ylipaineelle sijoittuu aikavälille sunnuntai 21.00-tiistai 18.00. Tälle aikavälille ilmanvaihtokoneelle säädetään teho 1/1. Muuna aikana ilmanvaihdon tehoksi voidaan säätää arvo 1/2.

Laitteistoon tutustumisen jälkeen kävi ilmi, että puhaltimia ohjaavat taajuusmuuttajat. Taajuusmuuttajia ei ollut aikaisemmin hyödynnetty tehokkaasti ilmanvaihtokoneen säätämässä, sillä ohjauslaitteen säätötapaa ei ollut asetettu taajuusmuuttajakäytölle. Edellä mainitut arvot 1/1 sekä 1/2 voidaan asettaa taajuusmuuttajien avulla asettamalla molemmille arvoille omat pyörimisnopeutensa. Ennen kuin tämä toimenpide voidaan toteuttaa, on taajuusmuuttajat kytkettävä tarpeellisiin liitännöihin sekä puhaltimeen että ohjauslaitteeseen, jotta ohjauslaite pystyisi käyttämään taajuusmuuttajia hyödyksi puhaltimen säätämässä.

Pientämällä tuloilman määrää saadaan säästettyä sekä lämpöä sekä puhaltimen käyttämää sähköenergiaa. Lämmityksen tarve pienenee, kun ulkoa tulevan viileän tuloilman määrä pienenee.

4.5.2 Varaaja

Kuten jo aikaisemmin mainitsin, tilaaja oli teettänyt ennen tutkimustani lämmitysjärjestelmien energiansäästösuunnitelman, jonka yhtenä säästöehdotuksena oli toisen 40 m² varaajasäiliön purkaminen. Toinen 60 m² varaaja jätettiin suunnitelmassa paisuntaa varten sekä myös puskuriksi. Lämmin vesi viilenee ollessaan varastoituna energiavaraajaan, etenkin energiavaraajan ollessa sijoitettuna ulkoilmaan. Tällöin varajaasta haihtuvaa lämpöä ei voida käyttää hyödyksi tilojen lämmittämisessä. Energiavaraajan poistaminen pienentää energian varastoinnista aiheutuvia lämpöhäviöitä suuresti, mikä johtaa pienempiin energiakustannuksiin.

Kun tutkimus eteni, kävi ilmi että toinenkin 60 m² varaaja aiotaan poistaa käytöstä. Tällä toimenpiteellä saadaan lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöitä pienennettyä entisestään. Varaajien tilalle asennettiin Flamco Flexcon M-K – merkinen paisunta-automaatti. Paisunta-automaatin tilavuus on 800 litraa.

Energiavaraajien käytöstä poistamisen myötä ongelmaksi saattaa muodostua energian riittävyys huipputehontarpeiden aikaan. Varaajien ollessa vielä käytössä niihin varastoitu lämpö riitti vastaamaan aikaisempiin huipputehontarpeisiin. Nyt kun pellettikattilan tuottamaa energiaa ei varastoida mihinkään, ongelmaksi voi muodostua pellettikattilan tehon riittävyys. Mutta tämä ongelma ilmenee vain silloin, jos meijerin energiantarve on poikkeuksellisen suuri.

4.5.3 Lämpötason säätäminen

Nykyisin jatkuvasti ylläpidetyn lämpötason 95 °C tarve ei ole jatkuva. 95 asteen lämpötaso tarvitaan ainoastaan prosessin aikana sekä pesujen aikana. Muuna aikana tilojen lämmityksen ylläpitämiseen riittäisi 70 asteen lämpötaso.

Ouman Oy:lla teetetyn arvion mukaan lämpötasoä säätämään sopisi säätölaite Ouman EH-201L. Säätimellä ylläpidetään vakiolämpötilaa ja se on tarkoitettu käyttöveden

lämpötilan säätöön. Säätimen kytkimellä voidaan säätää lämpötilaa 0-25 astetta, joten lämpötilan alentaminen 95 asteesta 70 asteeseen voidaan toteuttaa tällä ohjauslaitteella. Toimenpiteeseen tarvitaan ainakin seuraavat osat:

- Ouman EH-201L – säädin, 465 euroa
- Kytkin, 7 euroa
- Anturi menoputkeen TMW-100, 50 euroa.

Lisäksi toimenpiteen toteuttamiseen tarvitaan ainakin moottori ja venttiili. Näiden laitteiden yhteishinnaksi Ouman Oy:n edustaja arvioi noin 600 euroa. Tarvittavan laitteiston arvioiduksi yhteishinnaksi tulisi siis noin 1122 euroa. Tähän hinta-arvioon on lisäksi lisättävä asennuksesta koituvat kulut.

Danfoss LPM Oy:n edustaja ehdotti tarkoitukseen kahta eri tapaa säätää lämpötilaa. Ensimmäinen säätöehdotus Danfokselta on suorittaa säätäminen kahdella eri yksikösäätimellä, jotka ovat kytketty toisiinsa nettiliittymällä. Kustannusarvioon tässä tapauksessa vaikuttaa uusittavien komponenttien määrä. Todennäköisimmin ainakin lämpötila-anturit ovat uusittava. Hinta-arvioksi tälle säätötavalla asennuksineen Danfoss arvioi 1500-2000 euroa.

Toinen Danfoss LPM:n ehdottama säätötapa tapahtuisi valvonnan alakeskusohjauksella, eli VAK-ohjauksella. Tämän säätötavan hinta-arvioksi asennuksineen ja ohjelmointineen Danfoss arvioi noin 3000-4000 euroa.

Pellettikattilan polttimen säätäminen päälle/pois-kytkennällä ei tule tässä tapauksessa kysymykseen. Kattilan lämpötilan tulisi aina olla 70-95 astetta, joten poltinta ei voida sammuttaa väliaikaisesti. Lämpötila täytyy ylläpitää tietyllä tasolla jatkuvasti, jotta nokeentumiselta ja suurilta lämpötilan vaihteluilta kattilassa vältyttäisiin. Näin saadaan pidettyä kattilan hyötysuhde korkealla tasolla sekä kattilan käyttöikä mahdollisimman pitkänä.

Lämpötilan säätämisestä koituvat säästöt muodostuvat lämmitysputkistojen lämpöhäviöiden pienentymisestä. Jotta lämmitysputkistojen lämpöhäviöt saataisiin laskettua mahdollisimman tarkasti, on putkien pituus arvioitava mahdollisimman tarkasti. Lisäksi eri putkilinjojen putkikoot sekä eristyksien määrä olisi tiedettävä mahdollisim-

man tarkasti. Kohteen putkilinjojen yhteenlaskettua pituutta, putkikokojen keskiarvoa sekä eristyspaksuuksien keskiarvoa on hyvin vaikea arvioida tarkasti. Näin ollen takaisinmaksuajan laskelmat ovat suuntaa-antavia.

4.6 Tulokset

Eristettyjen putkijohtojen lämpöhäviö pituutta kohden lasketaan alla esitetyllä kaavalla 5.

$$\Phi = U(t_s - t_u) \quad (5)$$

Missä

Φ	eristetyn putkijohdon lämpöhäviö pituutta kohti, W/m
U	eristetyn putkijohdon lämmönläpäisykerroin pituutta kohti, W/k*m
t_s	johdossa virtaavan aineen lämpötila, °C
t_u	ympäristön lämpötila johdon ulkopuolella, °C

Edellä mainitussa kaavassa 5 mainittu eristetyn putkijohdon lämmönläpäisykerroin pituutta kohti U lasketaan alla olevalla kaavalla 6.

$$U = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_s d_s} + \frac{1}{2\lambda_p} \ln \frac{d_u}{d_s} + \frac{1}{2\lambda_e} \ln \frac{D_u}{d_u} + \frac{1}{\alpha_u D_u}} \quad (6)$$

Missä

α_s	lämmönsiirtymiskerroin (yhdistetty konvektio ja säteily) johdon sisäpinnalla, W/m ² K
α_u	lämmönsiirtymiskerroin (yhdistetty konvektio ja säteily) eristyksen ulkopinnalla, W/m ² K
d_s	johdon sisähalkaisija, m
d_u	johdon ulkohalkaisija, m
D_u	eristyksen ulkohalkaisija, m
λ_p	putken seinämän lämmönjohtavuus, W/m*K
λ_e	eristysaineen lämmönjohtavuus, W/m*K

Putken seinämän lämpövastus on häviävän pieni verrattuna itse eristyksen lämmönvastukseen., sekä johdon sisäpinnan lämmönsiirtymiskerroin α_s on yleensä paljon suurempi kuin eristyksen ulkopinnan lämmönsiirtymiskerroin α_u . Näiden johtopäätösten vuoksi voidaan kaavat viisi ja kuusi yhdistää yksinkertaisemmaksi yhtälöksi, mikä pätee riittävän tarkasti tilanteissa, joissa kyseessä on nestevirtaus ja eristyspaksuudet ovat suositusten mukaisia. Eristetyn putkijohdon lämpöhäviö pituutta kohden voidaan siis laskea yksinkertaisimmillaan alla olevalla kaavalla 7.

$$\Phi = \frac{\pi(t_s - t_u)}{\frac{1}{2\lambda_e} \ln \frac{D_u}{d_u} + \frac{1}{\alpha_u D_u}} \quad (7)$$

Järjestelmän arvioitu keskimääräinen putkijohtojen ulkohalkaisija on 0,08 m. Eristysaineena on käytetty villaa, jonka keskimääräinen ulkohalkaisija on arvioituna 0,15 m. Lämmönläpäisykerroin villalle on 0,040 W/m*K. Sisätiloissa vapaasti asennetuilla putkilla ulkopinnan lämmönsiirtymiskerroin putkien pinnoilla ja normaalisti käytettyjen eristeiden päällysteiden pinnoilla on suurilla putkilla noin 10-6 W/m²K. Ympäristön lämpötilana laskussa voidaan käyttää sisälämpötilaa. Suuret ovat arvioitu todellisia kokoja pienemmiksi.

Jotta voidaan laskea ero lämpöhäviöissä eri lämpötiloilla, on laskettava kaksi eri laskua, joissa virtaavan aineen lämpötila on erilainen. Lämpötilat ovat 95 astetta sekä 70 astetta. Lämpöhäviöt pituutta kohden 95-asteisella sekä 70-asteisella nesteellä laskeaan alla esitettyjen laskujen mukaisesti.

$$\frac{\pi(95 \text{ }^\circ\text{C} - 21 \text{ }^\circ\text{C})}{\frac{1}{2 * 0,04 \text{ W/m}^2\text{K}} \ln \frac{0,15 \text{ m}}{0,08 \text{ m}} + \frac{1}{8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} * 0,15 \text{ m}}} = 26,75 \text{ W/m}$$

$$\frac{\pi(70 \text{ }^\circ\text{C} - 21 \text{ }^\circ\text{C})}{\frac{1}{2 * 0,04 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}} \ln \frac{0,15 \text{ m}}{0,08 \text{ m}} + \frac{1}{8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} * 0,15 \text{ m}}} = 17,71 \text{ W/m}$$

Putkilinjojen pituus on arvioituna 400 metriä. Käyttämällä edellä laskettuja lämpöhäviöitä voidaan laskea järjestelmän putkilinjojen lämpöhäviöt. Alla esitetyissä laskuissa on esitetty lämpöhäviölaskelmat kahdella eri virtaavan nesteen lämpötilalla.

$$400 \text{ m} * 26,75 \frac{\text{W}}{\text{m}} = 10\,700 \text{ W}$$

$$400 \text{ m} * 17,71 \frac{\text{W}}{\text{m}} = 7084 \text{ W}$$

Vertailtaessa eri lämpötilan omaavien nesteiden lämpöhäviöitä, ovat lämpöhäviöt 3616 wattia pienemmät silloin, kun putkistossa virtaa 95-asteisen nesteen sijaan 70-asteinen. Prosentuaalisesti tämä tarkoittaa 33,8 prosenttia pienempisiä lämpöhäviöitä. On kuitenkin muistettava, että lämpötila ei laske hetkessä 95 asteesta 70 asteeseen. Tämä on otettava huomioon laskettaessa lämpöhäviöitä.

Oletetaan, että lämpötilan jäähtyminen 95 asteesta 70 asteeseen sekä lämpeneminen 70 asteesta 95 asteesta tapahtuu noin tunnin aikana. Tämän tunnin aikana virtaavan putken keskimääräinen lämpötila on 82,5 astetta. Tätä lämpötilaa käyttämällä saadaan tämän tunnin ajalle järjestelmän lämpöhäviöiksi 8892 wattia, kun lämpötila on muutosessa. Näin ollen näiden tuntien aikana lämpöhäviöt ovat 1808 wattia pienemmät verrattuna 95 asteen lämpötasoon.

Edellä laskettujen suureiden perusteella päivänä, jolloin putkistossa virtaava neste on lämpötilaltaan 70 °C verrattuna 95 °C, ovat lämpöhäviöt 83,1 kWh pienemmät. Tämä arvo on laskettu olettaen, että lämpötilan muutos tapahtuu tunnin sisällä.

Laskettaessa takaisinmaksuaikaa voidaan esimerkkikuukautena käyttää aikaväliä 5.10.2011-6.11.2011, sillä tältä ajalta on olemassa tilastoidut tiedot energian kulutuksesta. Tällä aikavälillä päiviä, jolloin 70 asteen lämpötaso olisi riittänyt oli kahdekan. Näin ollen kuukauden ajalta säästöä olisi kertynyt 0,66 MWh, jos lämpötasoa olisi alennettu tarpeen mukaan. Ajankohdan yksikköhinnan (e/MWh) huomioon ottaen säästöä olisi kertynyt alla esitetyn kaavan 8 mukaisesti.

$$\mathbf{X} = \mathbf{Q} * \mathbf{e} \quad (8)$$

missä

X	Kertynyt säästö [€]
Q	Säästetty energia [MWh]
e	Energian yksikköhinta, arvioitu [€/MWh]

Edellä mainittua kaavaa soveltaen on alla esitelty aikavälillä 5.10.2011-6.11.2011 lämpötason alentamisesta tarpeen mukaan kertyvät teoreettiset säästöt.

$$0,66 \text{ MWh} * 52,24 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} = 34,48 \text{ €}$$

Koska lokakuun keskimääräinen lämpötila vyöhykkeellä kaksi on hyvin lähellä koko vuoden keskimääräistä lämpötilaa, voidaan lokakuun laskennallista säästöä käyttää keskimääräisenä säästönä vuoden jokaiselle kuukaudella laskettaessa vuosisäästöä. Kerrottaessa teoreettinen kuukausisäästö vuoden jokaisella kuukaudella kertyy vuoden aikana säästöä alla esitetyn laskun mukaisesti.

$$34,48 \text{ €} * 12 = 413,76 \text{ €}$$

Teoreettisesti laskettuna tarpeenmukaisesta lämpötason alentamisesta kertyisi vuodessa säästöjä 413,76 euroa. On kuitenkin muistettava, että monet laskuissa käytetyistä arvoista ovat arvioituja, joten edellä mainittu säästö-laskelma on suuntaa antava. Lisäksi edellä esitetyt laskelmat kattavat pelkästään putkiosuuksilta muodostuvat lämpöhäviöt. Lämmitysjärjestelmän muiden osien lämpöhäviöitä ei laskelmissa otettu huomioon. Lämmitysjärjestelmän muista osista muodostuvat lämpöhäviöt eivät kuitenkaan ole kovin suuret.

Kun tiedetään toimenpiteeseen tarvittavan laitteiston kustannukset sekä toimenpiteestä kertyvät säästöt, voidaan toimenpiteelle laskea takaisinmaksuaika. Jotta lämpötason alentamiseen olisi kannattavaa ryhtyä, on takaisinmaksuajan pysyttävä kohtuullisissa rajoissa.

Kun tarkastellaan takaisinmaksuaikoja valmistajien tarjoamien säätöpakettien välillä voidaan huomata, että halvimman tarjotun säätöpakettin takaisinmaksuaika on noin viisi vuotta. Kalleimman säätöpakettin takaisinmaksuaika lähenee kymmentä vuotta.

Voidaan siis todeta, että lämpötason alentamisesta koituvat kulut olisi katettu noin 5-6 vuoden päästä asennusajankohdasta.

4.7 Johtopäätökset

Tutkimuksen edetessä ilmeni, että kohde oli energiatehokkuuden parantamisen kannalta haastava. Laitteistokannan suuri ikä sekä käyntiaikojen lyhyys mitätöivät useiden mahdollisten säästöratkaisujen taloudellisen kannattavuuden. Jos takaisinmaksuaika investoinnille venyy yli kymmenen vuoden, ei investointia yksinkertaisesti ole järkevää tehdä. Kuitenkin tutkimus paljasti muutaman mahdollisen kohteen meijerillä, jossa järkeviä säästötoimenpiteitä voitaisiin tehdä, jotta taloudellista hyötyä kertyisi.

Realistisiksi säästökohteeksi tutkimuksessa osoittautui tuotantotilojen ilmanvaihdon käyntiaikojen säätäminen tarpeen mukaan. Koska säätöä ei voitu toteuttaa loppuun tutkimuksen aikana puutteellisten kytkentöjen vuoksi, ei todellisia säästöjä voida laskea, joten ilmanvaihdon käyntiaikojen säätö jää kehitysehdotukseksi. Voidaan kuitenkin luotettavasti todeta, että toimenpide säästää sekä puhaltimen käyttämää sähköä sekä myös lämpöä, koska ulkoa tulevan kylmän tuloilman määrä pienenee.

Toinen kohde, missä säästöjä olisi mahdollista saada aikaan, on lämpötason säätäminen tarpeen mukaan. Eri valmistajien ehdottamien ratkaisujen takaisinmaksuajat vaihtelevat noin 5-9 vuoden välillä. Tilaajan investointihalukkuudesta riippuen tämä toimenpide saisi aikaan säästöjä pitkällä aikavälillä. Ennen tätä toimenpidettä on kuitenkin syytä miettiä, pysyykö tuotanto samalla tasolla tulevina vuosina. Jos tuotanto on tulevaisuudessa lisääntymässä, sijoittaminen lämpötason säätämiseen tarvittavaan laitteistoon ei ole niin kannattavaa, mitä edellä esitetyissä laskuissa on esitelty. Jos tuotanto on lähitulevaisuudessa laskussa, kannattaa investointiin ryhtyä suuremmin perustein.

Meijerin lämmönjakohuoneessa ilmeni putkilinjoja, joiden eristäminen oli jäänyt vajaksi. Eristämättömien putkilinjojen yhteispituus on noin 30 metriä. Eristämättömien putkilinjojen määrä ei ole merkittävän suuri, joten energiansäästöä tästä toimenpiteestä ei valtavasti koidu, mutta myöskään toimenpiteen taloudelliset kustannukset eivät kasva suuriksi. Pienikin säästö on kannattavaa tehdä, jos se vain on mahdollista.

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää toimivia energianratkaisuja Juvan Luomu Oy:n Juvalla sijaitsevalle luomumeijerille. Tutkimus noudatteli pääpiirteissään Motivan laatimien energiakatselmusohjeiden toimintatapoja. Lisäksi opinnäytetyössä selvitettiin, onko meijerin nykyinen puupelletin sekä kevyen polttoöllyn yhdistelmä taloudellisesti edullisin tapa tuottaa energia meijerille. Vaihtoehtona nykyiselle yhdismälle oli tuottaa energian pelkästään kevyellä polttoöljyllä.

Tutkimus paljasti, että kohde oli energiaratkaisujen kehittämisen kannalta haastava. Lyhyet käyntiajat sekä laitteistokannan ikä tekivät monesta energiansäästämisratkaisujen kehittämisestä hankalaa. Lyhyiden käyntiaikojen vuoksi takaisinmaksuajat karkasivat liian suuriksi monissa ratkaisuissa, jotta investointiin olisi ollut järkevä ryhtyä. Ensisijaiseksi säästöehdotukseksi muodostui ilmanvaihdon käyntiaikojen säätäminen. Lisäksi lämpötason säätäminen tarpeen mukaan olisi realistinen tapa säästää energiaa. Tämän toimenpiteen takaisinmaksuaika olisi noin viisi vuotta. Laskelmat osoittivat, että nykyinen energiantuottotapa on meijerille taloudellisesti edullisin.

Opin opinnäytetyötä tehdessäni paljon energiatehokkuudesta sekä energiakatselmusten laatimisesta. Laitteistojen kartoitusta lukuunottamatta työ oli lähinnä teoreettista laskemista ja pohtimista. Haastavinta opinnäytetyössä oli löytää keinoja ja ratkaisuja, jotka olisivat oikeasti hyödyllisiä työn tilaajalle.

Kiitän Juvan Luomu Oy:ta sekä Anssi Laamasta mahdollisuudesta tämän opinnäytetyön tekemiselle. Lisäksi haluan kiittää Martti Veuroa työni ohjaamisesta sekä Esu Nielikäistä että Jorma Mäkistä konsultaatioavusta.

LÄHTEET

1. Ympäristö.fi – Energiatehokkuus. WWW-dokumentti. Luettu 2.2.2012. Päivitetty 26.4.2012
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=2194>
2. Pk-teollisuuden energiansäästöopas (Motivan julkaisuja 4/2000). WWW-dokumentti. Luettu 21.2.2012
<http://www.hpl.fi/arkisto/ekarchive/20001219-094137-197.pdf>
3. Työ- ja elinkeinoministeriö – Energiatehokkuus. WWW-dokumentti. Luettu 2.2.2012. Päivitetty 26.4.2012.
<http://www.tem.fi/index.phtml?s=2586>
4. Työ- ja elinkeinoministeriö – Energiatehokkuussopimukset ja –katselmuksset. WWW-dokumentti. Luettu 2.2.2012. Päivitetty 26.4.2012
<http://www.tem.fi/index.phtml?s=2588>
5. Suomen kansallinen energiaterhokkuuden toimintasuunnitelma (NEEAP 2008-2010, 26.6.2007) WWW-dokumentti. Luettu 21.2.2012
http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/doc/neeap/finland_fi.pdf
6. Motiva – Energiakatselmuksset. WWW-dokumentti. Luettu 16.1.2012. Päivitetty 26.4.2012
<http://www.motiva.fi/yritykset/katselmustoiminta/energiakatselmuksset/>
7. Motiva – Energiakatselmustoiminta. WWW-dokumentti. Luettu 16.1.2012. Päivitetty 26.4.2012
<http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/>
8. Teollisuuden energiaterhokkuus, Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) (Suomen Ympäristökeskus, 2008) WWW-dokumentti. Luettu 22.2.2012
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=96740&lan=fi>
9. Motiva – Tilastotietoa katselmuksista. WWW-dokumentti. Luettu 18.1.2012. Päivitetty 26.4.2012
http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmuksset/tilastotietoa_katselmuksista

10. Motiva – Säästötoimenpiteiden kannattavuus. WWW-dokumentti. Luettu 18.1.2012. Päivitetty 26.4.2012
http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/saastotoimenpiteiden_kannattavuus
11. Teollisuussektorin energiakatselmusten ohjeistus (Motivan julkaisu, 23.10.2009). WWW-dokumentti. Luettu 14.1.2012
http://www.motiva.fi/files/2728/Teollisuus_KATohjeet_ja_mallisisallysluettelot_2009.pdf
12. Motiva – Hallitse ja tehosta yrityksen energiankäyttöä. WWW-dokumentti. Luettu 27.2.2012. Päivitetty 26.4.2012.
http://www.motiva.fi/yritykset/hallitse_ja_tehosta_yrityksen_energian kayttoa
13. Energiatehokkuusjärjestelmä (ETJ), (Elinkeinoelämän energiatehokkuussopimuksen energiavaltaisen teollisuuden ja energian tuotannon toimenpideohjelmien liite, 4.12.2007) . WWW-dokumentti. Luettu 27.4.2012.
<http://www.motiva.fi/files/213/etj.pdf>
14. Energiansäästö kiinteistöissä ja teollisuudessa, Kai Sirén, Tapio Matila, Arja Ranta, 1994
15. Maito ja maitovalmisteet – Meijeri. WWW-dokumentti. Luettu 5.3.2012. Päivitetty 8.1.2007.
<http://www.cs.uta.fi/ipoppla/www/ipoppla02/ko/meijeri.html>
16. Hämeen ammatti-instituutti – Laitteiden puhdistus. WWW-dokumentti. Luettu 8.1.2012. Päivitetty 26.4.2012
http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMI/Milkworks/Oppimateriaali/kasitely_meijerissa/laitteiden_puhdistus

SWECO Industry Oy

Juvan luomu

Lämmitysjärjestelmän päivitys

Yleistä:

Tämän raportin tarkoitus on toimia muistilistana siinä vaiheessa kun putkistonmuutoksiin ja käytöstä poistuvan puskurisäiliön poistoon aletaan varautumaan (kevät-kesä 2011).

Projektina muutosten tekeminen on kohtalaisen yksinkertainen mutta huonosti suunniteltuna toteutus voi ontua ja prosessin seisonta-aika venyä.

Ongelmakohtina toteutuksen kannalta näkisin poistuvan säiliön tyhjentämisen koska säiliössä saattaa olla myös öljyä, epävarmat putkistojen sulkuventtiilit säiliöiden välillä ja mahdollisen putkistojen asbestieristyksen.

Tämän projektin tuloksena syntyneessä suunnitelmassa ei ole pyritty toteuttamaan ET -energiatieto Oy:n selvityksen tuloksia orjallisesti vaan niin että aloitetaan maltillisilla muutoksilla joilla pyritään varmistamaan lämmitysjärjestelmän toimintavarmuus jatkossa.

Tavoitteet:

- Saada lämmitysputkistonrakennetta yksinkertaisemmaksi ja poistaa lämmitysjärjestelmästä ylimääräisiä komponentteja.
- Purkaa jo käytöstä poistetut putkistot ja laitteet
- Parantaa lämmitysjärjestelmän tehokkuutta ja tehostaa sen säädettävyyttä
- Vähentää järjestelmän vika herkkyyttä ja parantaa huollettavuutta myös käytön aikana
- Saada parempi käsitys lämmitysjärjestelmän yleiskunnosta ja toiminnasta

Huomioitavia asioita ennen muutosten tekemisen aloittamista:

- Selvittää kuumankäyttöveden pisteet jotka on puskurivaraajan käyttövesikierukan kautta ja tehdä niille korvaava putkisto
- Kuinka pitkälle muutosten tekeminen voidaan valmistella etukäteen ja voidaan esim. keskuslämmityspiirejä kytkeä ilman puskurivaraajasäiliöiden tyhjentämistä.
- Säiliökuvan yhdetietojen paikkansa pitävyys tulisi varmistaa (mm. säiliökuvan mukaan laipallinen yhde on NS65 ja putkikoko DN 65 mutta laipan pulttimäärä viittaisi NS-koon laipaan)

- Putkikokojen varmistaminen koska putkikoot kaaviossa ovat osittain viitteellisiä eristysten takia
- Aiheuttavatko muutokset tarvetta hakekattilan tai pellettikattilan ohjauksen muutoksille - Öljykattilan ohjaus on kattilan yhteydessä joka nostaa prosessiveden lämpötilaa jos varaajasäiliön lämpötila hetkellisesti putoaa.
- Kuinka säiliön täyttö toteutetaan tulevaisuudessa (säiliössä on yhde tätä varten)
- Asennetaanko mahdollisesti suodattimia epäpuhtauksien poistamiseksi järjestelmästä
- Onko tarvetta tehdä järjestelmään valmiuksia sen laajentamiselle tai muuttamiselle tulevaisuudessa

Toteutus:

- Poistaa vanha 40m² varaajasäiliö ja putket joilla se on rinnankytketty vielä toimintaan jäävään 60m² säiliöön
- Yksinkertaistaa lämpimänkäyttöveden tuotantoa siten että se jää prosessilämmityspiirissä olevan lämmönvaihtimen varaan ja uusia putkisto tarvittavilta osin
- Muuttaa pellettikattilan lämpöputket siten että ne lämmittävät suoraan puskurivaraajaa
- Muuttaa prosessilämmityspiiriä siten että sen avulla saadaan lämmitettyä tarvittaessa puskurivaraajaa esim. pellettikattilan huollon takia
- Siirtää kaukolämpöpiirin pumput ja lämmityspiirien venttiilit kattilahuoneeseen
- Päivittää säiliön ja lämmityspiirien sulkuventtiilit

LIITE 2(1).

Monisivuinen liite

LIITE 2(2).

Monisivuinen liite

LIITE 2(3).

Monisivuinen liite