

Veli-Matti Lahtela

**TEHTAAN ENERGIA TEHOKKUUDEN
PARANTAMINEN**

Tiivituote Oy

**Opinnäytetyö
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Lokakuu 2014**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieskan yksikkö	Aika Lokakuu 2014	Tekijä Veli-Matti Lahtela
Koulutusohjelma Sähkötekniikka		
Työn nimi TEHTAAN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN		
Työn ohjaaja Kari Pieniniemi	Sivumäärä 35	
Työelämäohjaaja Osmo Laitila		
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Tiivituote Oy:n Haapajärven tehtaalle. Opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa tehtaan energiatehokkuutta.</p> <p>Tehtaan järjestelmät ja koneet peruskartoitettiin ja analysoitiin energiankulutusta eri osaluilla. Kartoituksen avulla selvitettiin potentiaaliset energiansäästökohteet. Energiakatselmus toteutettiin keväällä 2014.</p> <p>Opinnäytetyön aikana tutustuttiin erilaisiin energiatehokkuutta käsitteleviin lähteisiin, ja tutkittiin niiden soveltuvuutta tämän tehtaan kohdalla.</p> <p>Opinnäytetyö sisältää salattuja osioita.</p>		
Asiasanat Energiatehokkuus, energiakatselmus, energian säästäminen		

ABSTRACT

Unit Ylivieska unit	Date October 2014	Author Veli-Matti Lahtela
Degree programme Electrical Engineering		
Name of thesis IMPROVING FACTORYS ENERGY EFFICIENCY		
Instructor Kari Pieniniemi		Pages 35
Supervisor Osmo Laitila		
<p>This thesis was made for Tiivituote Oy window factory. The aim was to improve the factory energy efficiency.</p> <p>The factorys systems and equipments mapped and analyzed the energy consumption of different divisions. The survey was used to determine potential energy savings targets. Energy audit was accomplished at spring 2014.</p> <p>During the thesis explored a variety of energy efficiency of the source material, and examined their applicability to this factory.</p> <p>This thesis contains secret divisions.</p>		

<p>Key words Energy, energy efficiency, energy saving</p>
--

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

W	Watti, tehon yksikkö
kW	Kilowatti, tehon yksikkö, vastaa 1 000 wattia
MW	Megawatti, tehon yksikkö, vastaa 1 000 000 wattia
Wh	Wattitunti, energian yksikkö
kWh	Kilowattitunti, energian yksikkö, joka vastaa 1 000 watin tehoa yhden tunnin ajan.
MWh	Megawattitunti, energian yksikkö, joka vastaa 1 000 000 watin tehoa yhden tunnin ajan.
V	Voltti, jännitteen yksikkö
kV	Kilovoltti, 1 000 voltia
A	Ampeeri, sähkövirran yksikkö
VAr	Vari, loistehon yksikkö
kVar	Kilovari, loistehon yksikkö, joka vastaa 1 000 varia
m ³	Kuutiometri, tilavuuden yksikkö
SEC	Specific Energy Consumption, ominaisenergiankulutus
EEl	Energy Efficiency Index, energiatehokkuusindeksi
EIF	Energy Intensity Factor, energiantensiteettikerroin
BREF	Reference Document on Best Available Techniques, BAT vertailuasiakirja
PATE	Paineilmaa tehokkaasti, analyysimalli
KYTE	Kylmää tehokkaasti, analyysimalli

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 ENERGIATEHOKKUUS	2
2.1 Energiatehokkuussopimukset	2
2.2 Energiatehokkuusjärjestelmä	2
2.3 Energiatehokkuuden mittarit	4
3 ERILAISET ENERGIANKÄYTÖN ANALYYSI JA KATSELMUSMENETELMÄT	5
3.1 Motivan mallin mukaiset energiakatselmuks ^{et} ja mallit	5
3.2 Benchmarking	6
3.3 PATE-analyysi	6
4 ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET	7
4.1 Valaistusjärjestelmät	7
4.2 Kiinteistön lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät	8
4.3 Kiinteistöautomaatio	9
4.4 Paineilmajärjestelmä	10
4.5 Moottori- ja pumppukäytöt	11
5 TEOLLISUUDEN ENERGIAKATSELMUS	12
5.1 Kohde	12
5.2 Kunnallistekniset liittymät	13
5.2.1 Sähkö	13
5.2.2 Lämpö	13
5.2.3 Vesi- ja viemärijärjestelmä	13
5.3 Käyttö, huolto ja kunnossapito	13
6 ENERGIAN JA VEDENKULUTUS SEKÄ KUSTANNUKSET	15
6.1 Energian ja veden hankinta	15
6.2 Kokonaiskulutukset ja -kustannukset sähkön, veden ja lämmön osalta	15
6.2.1 Sähkö	16
6.2.2 Lämpö	17
6.2.3 Vesi	17
6.2.4 Kokonaiskustannukset ja -kulutukset vuonna 2013	18
6.3 Sähköenergiajakaumat	18
6.3.1 Työstökoneiden energiajakauma	19
6.3.2 Tehdaspalvelujärjestelmien energiajakauma	20
6.3.3 Kiinteistösähkön energiajakauma	21
7 TALOTEKNIIKAN PERUSKARTOITUS JA ENERGIANKULUTUS	22
7.1 Kaukolämmitysjärjestelmät	22
7.2 LVI-järjestelmät	22
7.3 Sähköjärjestelmät	22

7.4	Valaistusjärjestelmät	23
7.5	Rakennusautomaatiojärjestelmä	23
8	TEHDASPALVELUJÄRJESTELMIEN PERUSKARTOITUS JA ENERGIANKULUTUS	24
8.1	Vesikiertoiset prosessilämmitysjärjestelmät	24
8.2	Paineilmajärjestelmät	24
8.3	Prosessi-ilmanvaihtojärjestelmät	25
8.4	Purunpoistojärjestelmä	25
9	EHDOTETTujen TOIMENPITEIDEN ENERGIANSÄÄSTÖ JA KANNATTAVUUS	26
9.1	Tehdaspalvelujärjestelmät	26
9.1.1	Paineilmajärjestelmä	26
9.1.1.1	Magneettiventtiilit koneisiin	26
9.1.1.2	Vuotojen tukkiminen	27
9.1.1.3	Kompressoreiden hukkalämmön talteenottojärjestelmä	27
9.1.1.4	Kompressorin uusiminen	28
9.1.2	Prosessi-ilmanvaihtojärjestelmät	28
9.1.3	Puruimurijärjestelmä	28
9.2	Työstökoneet	29
9.3	Valaistusjärjestelmät	29
9.3.1	Ulkovalaistus	29
9.3.2	Ulkovalaistuksen ohjauksen parantaminen	30
9.3.3	Sisävalaistus	31
9.4	Yhteenveto säästötoimenpiteistä	31
10	YHTEENVETO	32
	LÄHTEET	33
	KUVIOT	
KUVIO 1.	Energiatehokkuuden jatkuvan parantamisen periaate (Motiva 2010, 6.)	3
KUVIO 2.	Valaistuksen energiavaatimuksen laskenta (SFS-EN 15193)	8
KUVIO 3.	Lämpötilan merkitys lämmityskuluissa (mukaiillen Motiva 2012a. 14.)	9
KUVIO 4.	Vuodon kustannukset vuositasolla (Sarlin Oy Ab)	10
KUVIO 5.	Moottorin elinkaarikustannukset (mukaiillen Heikkilä ym. 2008, 62)	11
KUVIO 6.	Carlo Gavazzi EM21-72D sähköenergiankulutusmittari (Farnell 2014.)	14
KUVIO 7.	Kamstrup Multical 402 lämpöenergiankulutusmittari (Kamstrup 2014a.)	14
KUVIO 8.	Kamstrup Multical 62 vedenkulutusmittari (Kamstrup 2014b.)	14
KUVIO 9.	Sähkönkulutus vuosina 2007-2013 (Elenia Online 2014)	16
KUVIO 10.	Huipputehojakaumat kuukausittain vuonna 2013 (Elenia Online 2014)	16
KUVIO 11.	Lämmönkulutus vuosina 2011-2013 (Skapat Energia 2014)	17
KUVIO 12.	Vedenkulutus vuosina 2011 ja 2013 (Skapat Energia 2014)	17
KUVIO 13.	Vuorokautinen sähköenergiajakauma (Elenia Online 2014)	19
KUVIO 14.	Vuorokautinen työstökoneiden sähköenergiajakauma (Elenia Online 2014)	19
KUVIO 15.	Vuorokautinen tp.järjestelmien sähköenergiajakauma (Elenia Online 2014)	20
KUVIO 16.	Paineilman kulutus eri vuorokauden aikoina (Atlas Copco 2014)	20
KUVIO 17.	Vuorokautinen kiinteistösähkön sähköenergiajakauma (Elenia Online 2014)	21
KUVIO 18.	Computec rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöliittymä	23

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Kokonaiskustannukset sähkön, lämmön ja veden osalta vuonna 2013	18
TAULUKKO 2. Yhteenveto säästötoimenpiteistä	31

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli tehdä energiakatselmus Tiivituote Oy:n Haapajärven tehtaalle. Työssäni tulivat ilmi tehtaan energiankäytön tilanne ja muutama potentiaalinen säästökohde tehtaan koneista ja kiinteistöjärjestelmistä. Energiakatselmuksen pohjana käytin Motivan laatimaa energiakatselmus mallin yleisohjetta, jota pystyin soveltamaan omiin tarpeisiini sopivaksi. Katselmus suoritettiin keväällä 2014.

Katselmuksessa mukana oli Tiivituote Oy:n kehityspäällikkö Osmo Laitila. Hän esitti muutaman kiinnostavan energiansäästökohteen, joita päätin työssäni tarkastella syvemmin. Energiankulutustiedot, joita tässä työssä käytettiin, kerättiin Elenia Oy:n kulutuksenseurantapalvelusta ja Skapat Energia Oy:n toimittamista energiaraporteista. Näiden raporttien, sekä kartoittamieni tietojen perusteella sain laskettua karkeat energiankulutusjakaumat eri osa alueilla.

Jotta energiatehokkuus ja sen mukana tulleet toimenpiteet tulivat tutuksi, oli minun myös tutustuttava alan kirjallisuuteen. Asiantuntijayritys Motiva tarjosi mielenkiintoista luettavaa energiatehokkuuden parantamiseen liittyen. Kirjallisuuden avulla pystyin soveltamaan erilaisia säästötoimenpiteitä työhöni.

2 ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuudella tarkoitetaan energiankäytön tehostamista pienentämällä energian kulutusta tuotantomäärien pysyessä samalla tasolla. Energiatehokkuus on siis osa yrityksen tuotantotehokkuutta ja kilpailukykyä. Parantamalla energiatehokkuutta voidaan tuotteiden valmistamiskustannuksia alentaa, sekä pienentää hiilijalanjälkeä.

2.1 Energiatehokkuussopimukset

Energiatehokkuussopimuksien tarkoituksena on leikata energiapalveludirektiivin mukaisesti energiankulutusta 9 % vuoteen 2016 mennessä. Tavoite on laskettu vuosien 2001 – 2005 keskimääräisestä energiankäytöstä. Lisäkannustimena sopimukseen liittymisellä valtiolta tarjoo erilaisia tukia energiatehokkuuskatselmuksiin ja mahdollisesti toteutettaviin energiaa säästäviin investointeihin. Tuet energiakatselmuksista voivat olla luokkaa 40-50 % ja investointien osalta 15-20 % kokonaiskustannuksista. (Elinkeinoelämän keskusliitto 2014.)

Energiatehokkuussopimuksen solmimisen osapuolina ovat työ- ja elinkeinoministeriö, Elinkeinoelämän keskusliitto ja toimialaliitot. Sopimus käsittää yhdentoista eri toimialakohtaista toimenpideohjelmaa, johon yksittäiset yritykset voivat liittyä halutessaan. Toimenpideohjelmat koostuvat erilaisista toimialaliiton, ministeriön ja yrityksen tavoitteista ja velvoitteista. (Elinkeinoelämän keskusliitto 2014.)

2.2 Energiatehokkuusjärjestelmä

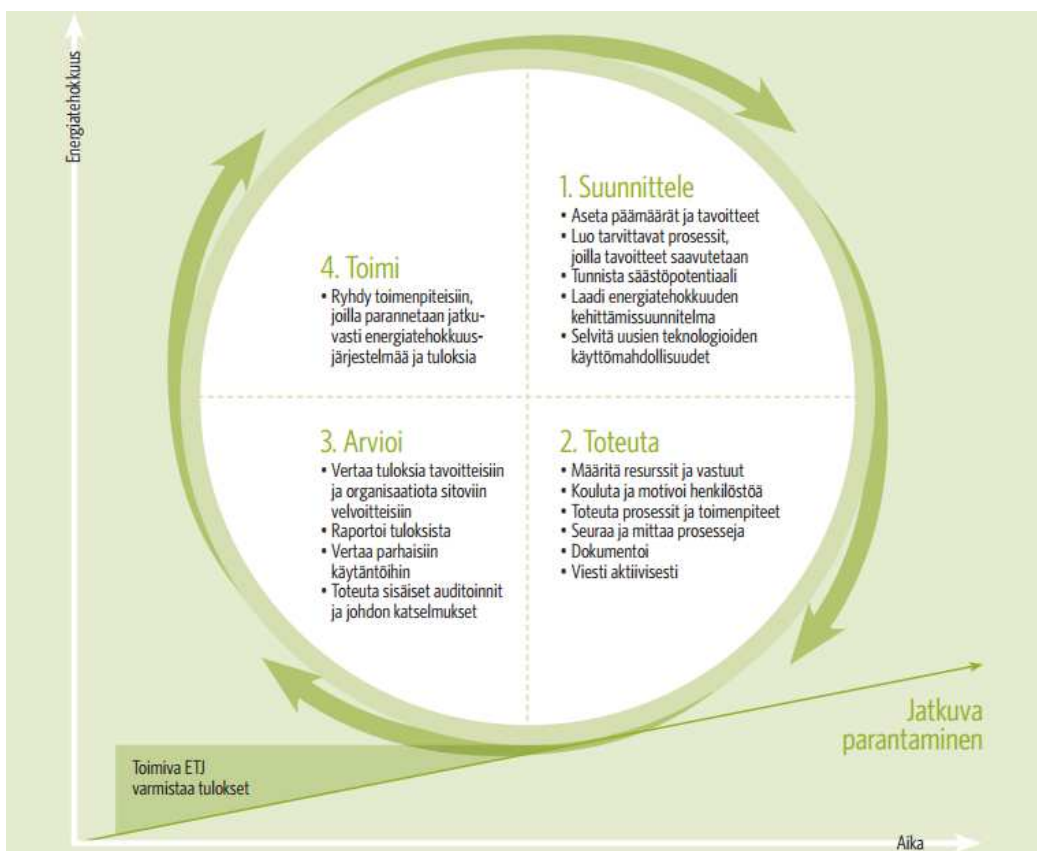
Energiatehokkuusjärjestelmä (ETJ), on luotu yhdessä Motivan ja eri alojen yritysten yhteistyönä työkaluksi yrityksille, niiden koosta tai toimialasta riippumatta. Sen on tarkoitus täydentää johtamisjärjestelmiä, mutta se toimii myös omana järjestelmänään. Se vastaa rakenteiltaan ISO 14001 -ympäristöjärjestelmää. Energiatehokkuusjärjestelmä on luotu auttamaan yritystä kehittämään järjestelmällinen menetelmä, jossa energiatehokkuutta pa-

rannetaan ja energiakustannuksia hallitaan jatkuvasti. Koska energiatehokkuusjärjestelmä perustuu jatkuvan parantamisen periaatteeseen, sitä ei voida pitää kerran tehtävänä projektina, vaan sen tulee olla nimensä mukaisesti jatkuvaa. (Motiva 2010 5.)

Yrityksen toiminnan kannalta energiatehokkuuden jatkuva parantaminen edellyttää:

- oman energiankäytön tuntemista ja seuranta
- tietoa omista energiansäästömahdollisuuksista
- teknistaloudellisesti kannattavien energiansäästötoimien määrittelemistä ja toteuttamista
- energiatehokkuuden huomioon ottamista toimintatavoissa, laiteinvestoinneissa ja -hankinnoissa.
- energian hankinnan eri mahdollisuuksien tuntemista
- hyvää energianhankintastrategiaa ja sen toteuttamista. (Motiva 2007, 4.)

Energiatehokkuutta voidaan parantaa hyödyntämällä Demingin PDCA-ympyrän vaiheita alla olevan kuvan mukaisesti.



KUVIO 1. Energiatehokkuuden jatkuvan parantamisen periaate (Motiva 2010, 6.)

2.3 Energiatohokkuuden mittarit

Jotta energiatohokkuutta voitaisiin verrata ja seurata eri laitosten kanssa keskenään, on käytettävä siihen tarkoitettuja mittareita. Yleisin energiatohokkuuden mittari on suhteuttaa käytetty kokonaisenergia esimerkiksi tuotettuihin tuotteisiin ja palveluihin. Tällöin kyse on ominaisenenergiankulutuksesta SEC, ja se voidaan määrittää seuraavalla kaavalla:

$$SEC = \frac{\text{energiankäyttö} \left[\frac{GJ}{t} \right]}{\text{tuotantomäärä} \left[\frac{MWh}{t} \right]} \text{ tai } \left[\frac{MWh}{t} \right]$$

(Heikkilä, Huumo, Siitonen, Seitsalo & Hyytiä 2008, 23-24.)

Jos laitos tuottaa useampia eri tuotteita on kaavana käytettävä seuraavaa:

$$SEC = \frac{\text{energiankäyttö}}{\sum \text{tuotettujen tuotteiden määrä}}$$

Jotta vertailu valittuun referenssiarvoon olisi mahdollista, on käytettävä energiatohokkuusindeksiä EEI. Sen määrittely on mahdollista kaavalla, jos vain referenssiarvo SEC_{ref} tiedetään. Se voi olla vaikkapa BAT-arvo, tai tietyllä referenssiajanjaksolla saatu arvo tai saman tuotantoalan muiden toimijoiden ”benchmark”-arvo. Energiatohokkuusindeksi määritetään kaavalla:

$$EEI = \frac{SEC_{ref}}{SEC}$$

Saadusta energiatohokkuusindeksi arvosta voidaan myös määrittää energian käytön tehostamispotentialia seuraavalla kaavalla:

$$1 - EEI$$

(Heikkilä ym. 2008, 23-24.)

3 ERILAISET ENERGIANKÄYTÖN ANALYYSI JA KATSELMUSMENETELMÄT

Jotta energiaa kuluttavat kohteet saataisiin selville, tarvitaan erilaisia analyysi- ja katselmusmenetelmiä. Olemassa olevia malleja ovat Motivan mallin mukaiset erilaiset energiakatselmuksien ja -analyysit, Pinch-menetelmä, entalpia- ja exergia-analyysit sekä benchmarking. Pinch-menetelmää, entalpia- ja exergia-analyysiä käytetään, kun on kyse energiaa tuottavasta laitoksesta. Muita analyysimenetelmiä ovat PATE-analyysi ja KYTE-analyysi. Nämä liittyvät paineilma- ja kylmälaitejärjestelmien tutkimiseen. (Heikkilä ym. 2008, 34-40.)

3.1 Motivan mallin mukaiset energiakatselmuksien ja mallit

Motiva on luonut Suomessa useimmiten käytetyt analyysi- ja katselmusmallit joita ovat seuraavat:

- kiinteistön energiakatsastus
- kiinteistön energiakatselmus
- teollisuuden energiakatselmus
- teollisuuden energia-analyysi
- prosessiteollisuuden energia-analyysi
- voimalaitoksen energia-analyysi
- kaukolämpökatselmus
- käyttöönottokatselmus
- seurantakatselmus
- kuljetusketjujen energiakatselmus. (Motiva 2014a.)

Se, mikä näistä vaihtoehtoista valitaan teollisuuslaitoksen katselmusta tehtäessä, riippuu katselmuskohteen energian ja veden arvonlisäverottomasta yhteenlasketusta vuosikustannuksesta. Mikäli kustannus on 0-15 000 €/vuosi, valitaan kiinteistön energiakatsastus. Kohteissa, joissa kustannus on 15 000-55 000 €/vuosi, valitaan joko kiinteistön energiakatselmus tai teollisuuden energiakatselmus. Seuraavalla kustannustasolla (55 000-1 400 000 €/vuosi) on valittavana teollisuuden energiakatselmus tai teollisuuden energia-analyysi. Mikäli vuosikustannus on 1 400 000-3 000 000 €/vuosi, kohteisiin soveltuu ainoastaan

teollisuuden energia-analyysi. Yli 3 000 000 €/vuosikustannus kohteisiin soveltuu teollisuuden energia-analyysi tai prosessiteollisuuden energia-analyysi. (Motiva 2014b.)

3.2 Benchmarking

Tätä menetelmää käytetään, kun halutaan arvioida laitoksen toimintaa, energiatehokkuuden mittauksen tehokkuutta, tai vain kehittää nykyisiä käytäntöjä paremmiksi. Vertailuarvoja voi etsiä muun muassa BREF:eistä, erilaisten järjestöjen tai kansainvälisten teollisuuden organisaatioiden kautta tai teoreettisista energialaskelmista. Kun näitä arvoja käytetään, on niiden oltava vertailukelpoisia. Niitä voidaan mahdollisesti joutua normeeraamaan tai korjaamaan. Mikäli energian osuus tuotteen kustannuksissa on merkittävällä tasolla, on myös otettava huomioon tietojen luottamuksellisuus. Benchmarking ei ole vain energiatehokkuuden parantamiseen viittaava käsite, vaan sitä voidaan käyttää soveltamalla myös työmenetelmiin ja erilaisiin prosesseihin. Tehtävän benchmarkkauksen aikaväli riippuu siitä, miten usein vertailutietoa tulee saataville. Jos tehdään laitoksen sisäistä benchmarkkausta, voidaan aikavälit määrätä itse. (Heikkilä ym. 2008, 38-39.)

3.3 PATE-analyysi

PATE-analyysi on luotu parantamaan paineilmajärjestelmien taloudellisuutta, tehokkuutta, sekä myös kunnossapidon ja käytettävyyden edistämiseen. Analyysissä selvitetään paineilmajärjestelmän energiatehokkuuden nykytila sekä mahdolliset tehostamistoimenpiteet. Analyysi etenee siten, että aluksi tutkitaan paineilman tarpeet, jonka jälkeen siirrytään etsimään verkostovuotoja ja tutkimaan verkoston rakennetta. Lopuksi tutkinnan alla on itse paineilman tuotanto. Säästö- ja tehostamiskohteissa, jotka tulevat analyysissä esille, lasketaan vuosisäästöt, mahdolliset tarvittavat investoinnit sekä takaisinmaksuaika edellä lasketujen arvojen perusteella. (Motiva 2006, 9.)

4 ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT TOIMENPITEET

Energiatehokkuutta voidaan parantaa useilla eri keinoilla. Rakennukseen kohdistuvat energian säästökohteet liittyvät lämmön talteenottojärjestelmiin, eristyksien parantamiseen, veden käyttöön, valaistukseen sekä kiinteistöautomaatioon. Prosessilaitteisiin liittyvät energiatehokkuustoimenpiteet ovat lähinnä moottorikäyttöjen modernisoimiseen liittyviä. Tehdaspalvelujärjestelmissä tehokkuutta voidaan parantaa prosessien jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmien tehokkaalla toiminnalla ja lämmön talteenotolla. Paineilmajärjestelmien energiatehokas käyttö käsittää järjestelmän oikean mitoituksen ja käytön minimoimisen.

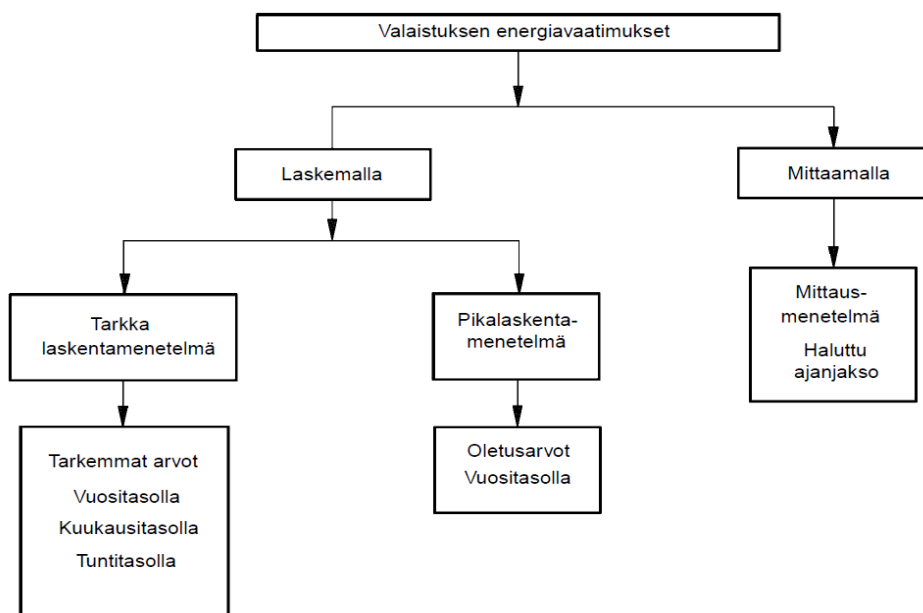
4.1 Valaistusjärjestelmät

Valaistus kuluttaa kiinteistösähköstä noin 40 %. Valaistuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa seuraavilla keinoilla: aikaohjauksen, hämäräkytkinten ja käyttöopastuksen avulla. Myös valaistuksen järkevä ryhmittely säästää energiaa, koska silloin valot palavat siellä, missä valoa oikeasti tarvitaan. Valaisimien vaihto loisteputkista tai elohopea- ja suurpaine-natrium lampuista nykyaikaisiin ledeihin, monimetalli- ja induktiolamppuihin parantavat valaistuksen energiatehokkuutta merkittävästi. (Motiva 2012a, 16.)

Valaistusjärjestelmiä uudistettaessa huomiota kannattaa myös kiinnittää sen elinkaarikustannuksiin. Elinkaarikustannukset koostuvat valaisimen hankintahinnasta, elinkaaren aikana kulutetusta sähköenergiasta sekä lamppujen ja muiden osien vaihdon kustannuksista huoltotyön kustannukset mukaan lukien. Esimerkiksi korkeissa paikoissa sijaitsevia valaisimia huollettaessa tarvitaan usein saksinosturi tai kurottaja, jota harvalla yrityksellä löytyy omasta takaa. Tällöin se on vuokrattava tai tilattava ulkopuolinen urakoitsija huoltamaan valaisimia. Valaistuksen käyttöaika vuosittain teollisuuskiinteistöjen osalta vaihtelee 2 000-8 000 tunnin välillä, joten takaisinmaksuaikojen esittäminen on mahdotonta. (Motiva 2012a, 17.)

Valaistusjärjestelmiä suunniteltaessa on niiden energiavaatimukset laskettava huolellisesti, jotta päästään haluttuun lopputulokseen. SFS-EN 15193 standardin mukaan valaistuksen

energiavaatimukset ovat laskettavissa alla olevan kuvion esittämien laskumenetelmien avulla.

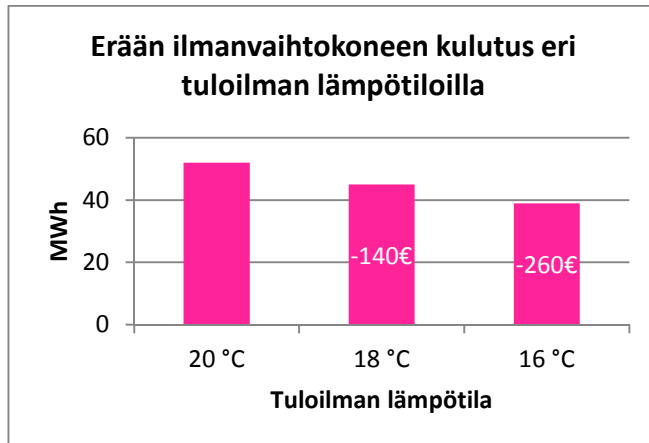


KUVIO 2. Valaistuksen energiavaatimuksen laskenta (SFS-EN 15193)

4.2 Kiinteistön lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät

Kiinteistöjen lämmitys tapahtuu yleensä lämmityskennojen ja -pattereiden avulla. Vesi, joka lämmitysjärjestelmissä virtaa, pidetään liikkeessä kiertovesipumpuilla. Jotta lämmitys olisi tehokasta, on pumppujen, lämmityspattereiden ja -kennojen oltava oikein mitoitettuja ja säädettyjä sekä puhtaita, jolloin lämpöenergia pääsee siirtymään vedestä ilmaan. Pumppujen virtausta voidaan säätää taajuusmuuttajien avulla, joka taas tuo säästöjä sähkönkulutuksen pienenemisenä. Hyvään pumppuun kannattaa myös panostaa, sillä pumpun elinkaarikustannuksista 90 % kuluu sähköenergian ostoon. (Motiva 2012a, 18.)

Ilmanvaihtojärjestelmien kohdalla energiatehokkuutta voidaan parantaa kiinnittämällä huomio tehokkaaseen lämmön talteenottoon poistoilmasta. Myös tuloilman lämpötilalla voidaan vaikuttaa energiankulutukseen. Muutaman asteen pudotus tuo merkittäviä säästöjä vuotuisella tasolla. Alla oleva kuvio kertoo energiansäästön potentiaalin tuloilman lämpötilaa pudotettaessa.



KUVIO 3. Lämpötilan merkitys lämmityskuluissa (mukaiillen Motiva 2012a. 14.)

4.3 Kiinteistöautomaatio

Kiinteistöautomaatiojärjestelmän avulla voidaan säästää sähkö- ja lämpöenergiaa. Kiinteistöautomaation piiriin liitetään tyypillisesti lämmitys-, ilmanvaihto- ja valaistusjärjestelmät. Lämmitystä ja ilmanvaihtoa voidaan ohjata kellonaikojen ja muiden säätö-/ohjearvojen mukaan. Kiinteistöautomaatiojärjestelmään on tyypillisesti kytketty myös ulkolämpötila-anturi, jolloin lämmitystä voidaan säätää automatisoidusti ulkolämpötilan perusteella. Valaistusjärjestelmää voidaan tyypillisesti ohjata kiinteistöautomaatioon kytketyllä hämäräkytkimen avulla, johon lisäksi syötetään kellonajat, jolloin valaistus saa olla päällä.

Kiinteistöautomaatioon voidaan myös lisätä mittaus sähkö- ja lämpöenergialle, jolloin energiankulutusta on helppo seurata eri osastoilta. Kiinteistöautomaation etuna on myös etäkäyttömahdollisuus, jolloin kiinteistöä voidaan ohjata vaikka kotoa käsin.

4.4 Paineilmajärjestelmä

Paineilman tuottaminen kuluttaa paljon sähköä, ja sillä on huono hyötysuhde. Paineilmakäyttöisten laitteiden määrän minimointi ja säännöllinen huolto ovat merkittävässä roolissa energiatehokkuutta parantaessa. Myös paineilmakompressoreiden sijoituksella on suuri merkitys, sillä imuilman tulisi olla mahdollisimman kylmää. Kompressoreiden paineenpuodotuksella ja muilla säädöillä on saatavissa muutaman prosentin säästöt sähkössä vuositasolla. Taajuusmuuttajakäyttöinen kompressori toimii sillä teholla, kun kulloinkin on tarvetta. (Motiva 2012b.)

Paineilmaverkoston säännöllisellä tarkkailulla saadaan selville vuodot, jotka ovat merkittäviä kompressoreiden sähkönkulutuksen lisääjiä. Jo muutaman millimetrin kokoinen reikä paineilmaverkostossa tuo yritykselle useiden tuhansien eurojen lisän sähkölaskuun. Jos verkostossa on paljon pieniäkin vuotoja, pienistä puroista syntyy suuri joki. Alla oleva kuviolla voidaan havainnollistaa vuotoreiän kokoa suhteessa vuotuisen lisäkustannukseen.

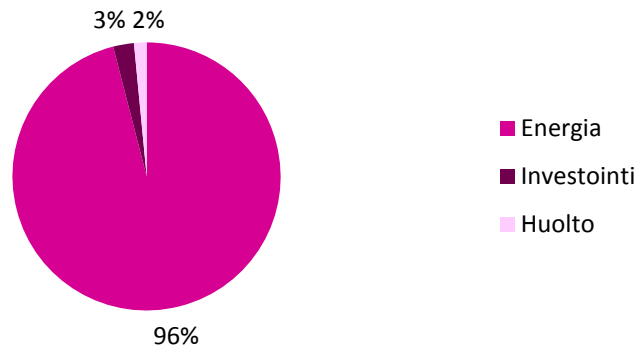
Vuotoreiän halkaisija mm	Vuotomäärä 8 bar l/min	Kustannukset euroa/vuosi
1 ●	75	290
1,5 ●	150	580
2 ●	260	1 000
3 ●	600	2 320
4 ●	1 100	4 260
5 ●	1 700	6 580

KUVIO 4. Vuodon kustannukset vuositasolla (Sarlin Oy Ab)

4.5 Moottori- ja pumppukäytöt

Moottori ja pumppukäyttöjen energiatehokkuutta tarkastellessa kannattaa huomio kiinnittää niiden oikeaan mitoittamiseen. Moottori tai pumppu mitoitetaan juuri siihen tehoon, kuin sitä oikeasti tarvitaan. Vanhan moottorin tai pumpun särkyessä uuteen energiatehokkaaseen malliin kannattaa panostaa, vaikka sen hankintahinta olisi perusmallia kalliimpi. Hankintahinta on nimittäin pieni, jos tarkastellaan moottorin tai pumpun elinkaarikustannuksia. Alla olevassa piirakkakaaviossa on esitetty moottorin elinkaarikustannukset, josta voidaan havaita, että suurin osa elinkaarikustannuksista tulee moottorin kuluttamasta energiasta.

Moottorin elinkaarikustannukset



KUVIO 5. Moottorin elinkaarikustannukset (mukaiillen Heikkilä ym. 2008, 62)

5 TEOLLISUUDEN ENERGIAKATSELMUS

Tiivituote Oy:n Haapajärven tehtaan energiakatselmus päätettiin suorittaa Teollisuuden energiakatselmus -mallilla, sillä tehtaan energian vuotuiset ostokustannukset sijoittuvat 55 000 ja 1 400 000 € välimaastoon. Tässä tapauksessa valitaan Motivan suositusten mukaisesti teollisuuden energiakatselmus. Aloituspäätöksessä pyydettiin etenkin selvittämään se, kuinka paljon säästöä saataisiin aikaan koneiden ja eri järjestelmien sammutuksella, kun niitä ei tarvita esimerkiksi taukojen aikana. Kohteeseen on vuonna 2012 suoritettu Skapat Energia Oy:n toimesta energiaselvitys, jossa käsiteltiin energiatehokkuutta lähinnä kiinteistötasolla.

5.1 Kohde

Tiivituote Oy:n ikkunatehdas sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla, Haapajärvellä, Karpalonsuon teollisuusalueella. Tehtaan bruttopinta-ala on noin 8 000m² ja tilavuutta sillä on 32 000m³. Halli on rakennettu vuonna 1981 ja sitä on laajennettu useasti. Lisäksi tontilla sijaitsee noin 300m² kokoinen varistorakennus. Tiivituote Oy:n ikkunatehdas suunnittelee ja valmistaa ikkunoita uudis- ja saneerauskohteisiin. Tehdas työllistää noin 140 henkilöä kahdessa vuorossa.

Tiivituote Oy perustettiin vuonna 1977, perustajana Eero Niskanen. Yritys toimi aluksi Haapajärven Lasi Ky nimellä. Tällöin se toimi lasitusliikkeenä kolmen vuoden ajan. Ikkunoiden valmistus tuli vähitellen mukaan kuvioihin. 80-luvun alussa yrityksen nimeksi tuli Tiivituote Ky. Vuonna 2007 Inwido Finland Oy osti koko Tiivituotteen osakekannan itselleen, jonka myötä yrityksestä tuli osa ruotsalaista puusepänteollisuuden Inwido Ab -konsernia. Konserniin kuuluvat myös ikkunanvalmistajat Pihlavan Ikkuna Oy ja Eskopuu Oy. (Somero 2007.)

5.2 Kunnallistekniset liittymät

Energian, veden ja lämmön toimittavat tyypillisesti paikalliset sähköverkko-, vesi- ja kaukolämpöyhtiöt.

5.2.1 Sähkö

Tehdas liittyy tehtaan yhteyteen rakennetulla 20kV/0,4kV muuntamalla Elenia Oy:n sähköverkkoon. Muuntaja on Elenia Oy:n omistuksessa.

5.2.2 Lämpö

Tehdasrakennus kuuluu Haapajärven Lämpö Oy:n kaukolämpöverkoston varistorakennus mukaan lukien. Kaikki lämpö jota tarvitaan, siirtyy tätä kautta sisältäen maalaamon uunin, ja lämpimän käyttöveden.

5.2.3 Vesi- ja viemärijärjestelmä

Tehdas on liittynyt Haapajärven Vesi Oy:n vesi- ja viemäriverkoston. Sade- ja sulamisvedet on johdettu tontin reunoilla kulkeviin ojiin.

5.3 Käyttö, huolto ja kunnossapito

(Salattu osittain toimeksiantajan pyynnöstä)

Kaikki tehtaan tarvitsema sähkö tulee yhden mittarin kautta, joten kulutusseuranta eri osastoittain ei ole mahdollista. Kaukolämmön mittauksessa on myös sama mittaustapa, joten maalaamon uunien ja käyttöveden lämmitykseen kuluva lämpöenergia ei ole mahdollista

eritellä rakennuksen lämmitykseen kuluvasta energiasta. Vedenmittaus tapahtuu myös yhden mittarin periaatteella. Skapat Energia Oy toimittaa tehdyn sopimuksen mukaisesti kuukausitasolla kulutusraportit sähkön, veden ja kaukolämmön osalta.

Suosituksen mukaan isoimmat koneet, eli sormijatkoskoneet, tappikonelinjastot höylineen, puruimurijärjestelmät ja kompressorit olisivat omien mittareiden takana. Näin olisi helpompi seurata sähkönkulutusta laitetasolla. Kaukolämmön mittauksen osalta jako voisi olla seuraava: kiinteistön lämmitys, maalaamon kuivausuunit ja lämmin käyttövesi. Vedenkulutus tehtaalla on pienehköä, joten sitä ei kannata jakaa eri osastoihin.

Mittalaitteista olisi hyvä löytyä pulssilähtö, joka olisi helppo liittää nykyiseen kiinteistöautomaatiojärjestelmään. Tietojen tallennus ja seuranta olisi helppoa ja yksinkertaista tämän avulla. Alla on esimerkkejä mittareista, josta löytyy tämä pulssilähtö-ominaisuus.



KUVIO 6. Carlo Gavazzi EM21-72D sähköenergiankulutusmittari (Farnell 2014.)



KUVIO 7. Kamstrup Multical 402 lämpöenergiankulutusmittari (Kamstrup 2014a.)



KUVIO 8. Kamstrup Multical 62 vedenkulutusmittari (Kamstrup 2014b.)

6 ENERGIAN JA VEDENKULUTUS SEKÄ KUSTANNUKSET

Energia ja vesi on hankittava toimittajilta tiettyyn hintaan. Seuraavissa alaotsikoissa on käsitelty niiden toimittajia ja hintoja, sekä vuosittaisia kustannuksia.

6.1 Energian ja veden hankinta

Sähköenergia ostetaan x Oy:ltä hintaan xx,x €/MWh. Sähkön siirto ostetaan Elenia Oy:ltä. Siirron hinta sähköveroineen on talviarkipäivisin 33,38 €/MWh ja muina aikoina 19,53 €/MWh. Loistehosta ei laskuteta erikseen, mikäli se pysyy kohtuullisella tasolla, muuten laskutetaan 4,36 €/kVar/kk. Liittymän 45,80 € kuukasimaksun lisäksi peritään tehomaksua 2,45 €/KW/kk. Tehomaksun veloitusteho on 12 kuukauden ajanjaksolla kahden suurimman kuukausitehon keskiarvo, minimissään kuitenkin 40 kW. Edellä mainitut hinnat eivät sisällä arvonlisäveroa. (Elenia 2014 4.)

Kaukolämpöenergia ostetaan Haapajärven Lämpö Oy:ltä. Arvonlisäveroton hinta megawattitunnille on 27.75 €. Lisäksi maksetaan perusmaksu, joka määräytyy tilausvesivirran mukaan. (Haapajärven Lämpö Oy 2014.)

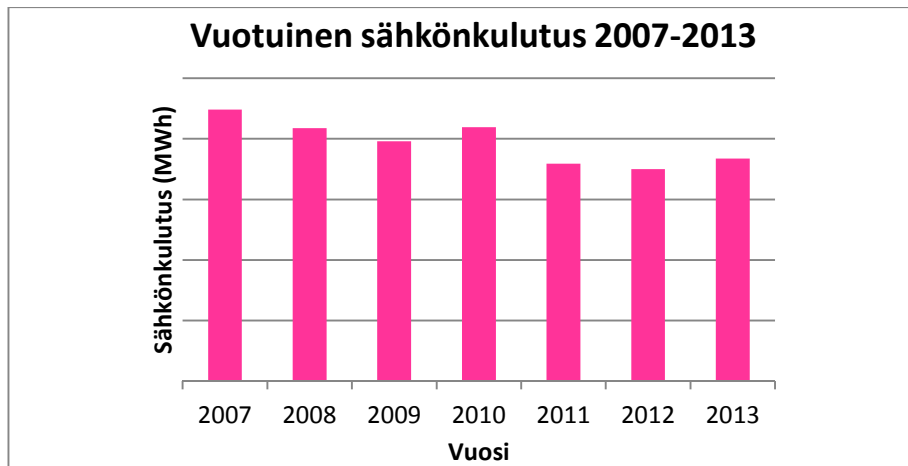
Vesi ostetaan Haapajärven Vesi Oy:ltä, arvonlisäveroton hinta kuutiolle vettä on 0,72 €. Tämän lisäksi maksetaan 1,72 € suuruinen jätevesimaksu kulutettua kuutiota kohti. Kuukausittainen perusmaksu määräytyy mittarikoon perusteella. (Haapajärven Vesi Oy 2014.)

6.2 Kokonaiskulutukset ja -kustannukset sähkön, veden ja lämmön osalta

Seuraavissa kappaleissa käsitellään vuosittaisia kulutuksia sähkön, lämmön ja veden osalta. Sähkökulutustiedot ovat peräisin Elenia Oy:n verkkopalvelusta. Veden ja lämmönkulutustiedot ovat peräisin Skapat Energian Oy:n tekemistä ja toimittamista kuukausiraportteista.

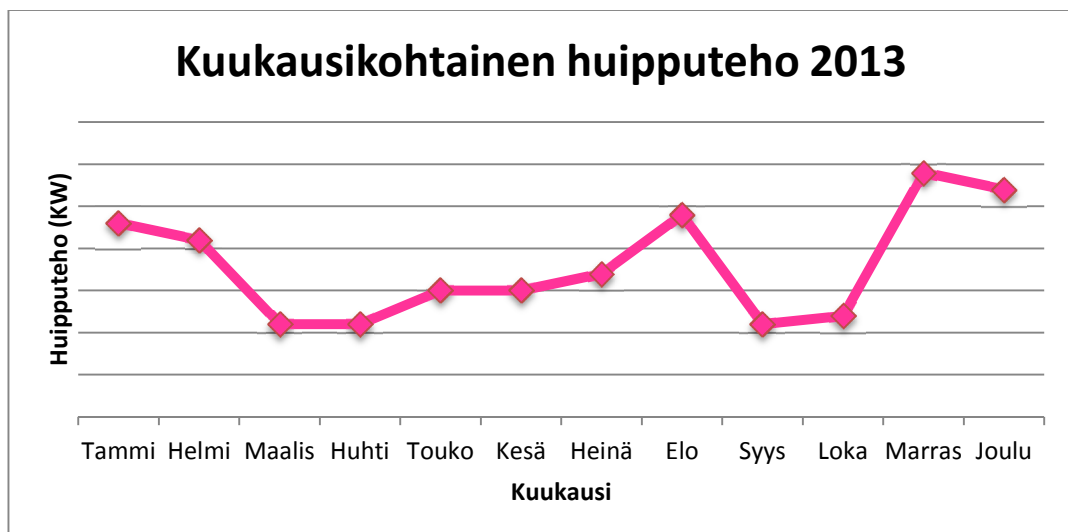
6.2.1 Sähkö

Vuotuinen sähkönkulutus tehtaalla on tippunut huomattavasti koneiden uusimisen ja modernisoinnin avulla sekä hallin led-valaistukseen siirtymisen avulla. Sähköä tehtaalla on kulunut viimeisen seitsemän vuoden aikana seuraavasti:



KUVIO 9. Sähkönkulutus vuosina 2007-2013 (Elenia Online 2014) **(Salattu osittain)**

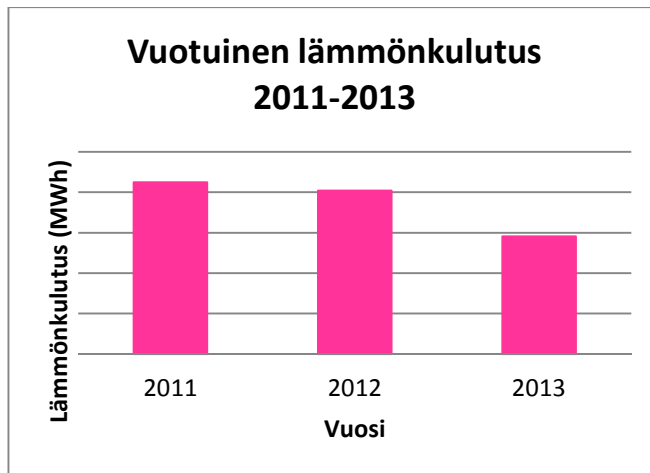
Kulutushistoriaa tarkisteltaessa käy ilmi, että huipputehon kellonaika asettuu pääsääntöisesti arkipäivälle kello 11. Huipputehopiikkiä leikkaamalla saadaan aikaan säästöjä. Tehohuiput jakaantuivat vuonna 2013 alla olevan kaavion perusteella seuraavasti:



KUVIO 10. Huipputehojakauma kuukausittain vuonna 2013 (Elenia Online 2014) **(Salattu osittain)**

6.2.2 Lämpö

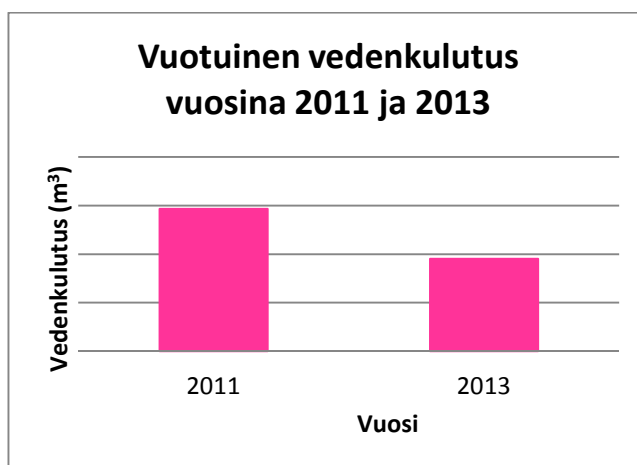
Vuosi 2013 oli melko leutotalvinen, joten lämmönkulutus kyseisenä vuotena putosi roimasti. Lisäksi säästöä lämmityskuluissa on tuonut kiinteistöautomaation käyttöönotto vuonna 2011. Lämpöä tehtaalla on kulunut viimeisen kolmen vuoden aikana seuraavasti:



KUVIO 11. Lämmönkulutus vuosina 2011-2013 (Skapat Energia 2014) (**Salattu osittain**)

6.2.3 Vesi

Vettä tehtaalla on kulunut vuosina 2011 ja 2013 alla olevan pylväsdiagrammin mukaan, vuoden 2012 kulutustietoja ei ollut valitettavasti saatavilla.



KUVIO 12. Vedenkulutus vuosina 2011 ja 2013 (Skapat Energia 2014) (**Salattu osittain**)

6.2.4 Kokonaiskustannukset ja -kulutukset vuonna 2013

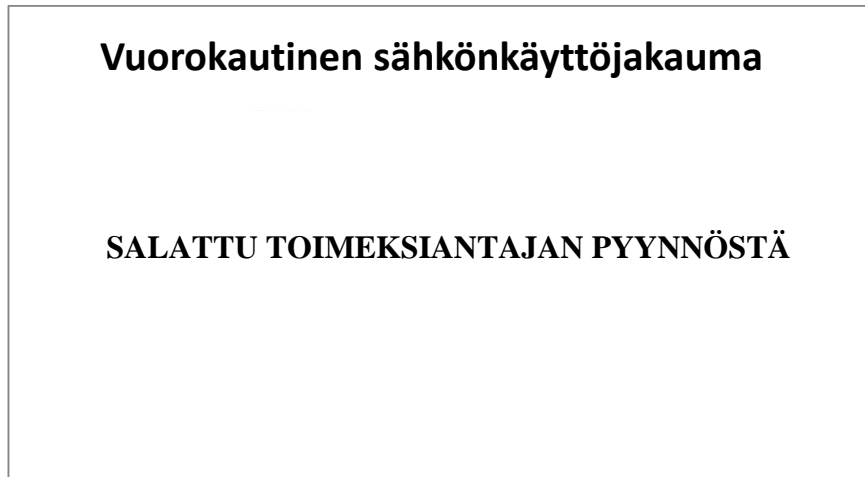
Alla olevassa taulukossa on esitetty kokonaiskustannukset ja -kulutukset vuonna 2013. Kokonaiskustannukset eivät sisällä arvonlisäveroa.

TAULUKKO 1. Kokonaiskustannukset sähkön, lämmön ja veden osalta vuonna 2013

	Sähköenergia (MWh)	Sähköenergia kust. (€)	Lämpöenergia (MWh)	Lämpöenergia kust. (€)	Vesi (m ³)	Vesi kust. (€)
Tammikuu	SALATTU TOIMEKSIANTAJAN PYYNNÖSTÄ					
Helmikuu						
Maaliskuu						
Huhtikuu						
Toukokuu						
Kesäkuu						
Heinäkuu						
Elokuu						
Syyskuu						
Lokakuu						
Marraskuu						
Joulukuu						
Yht						

6.3 Sähköenergiajakaumat

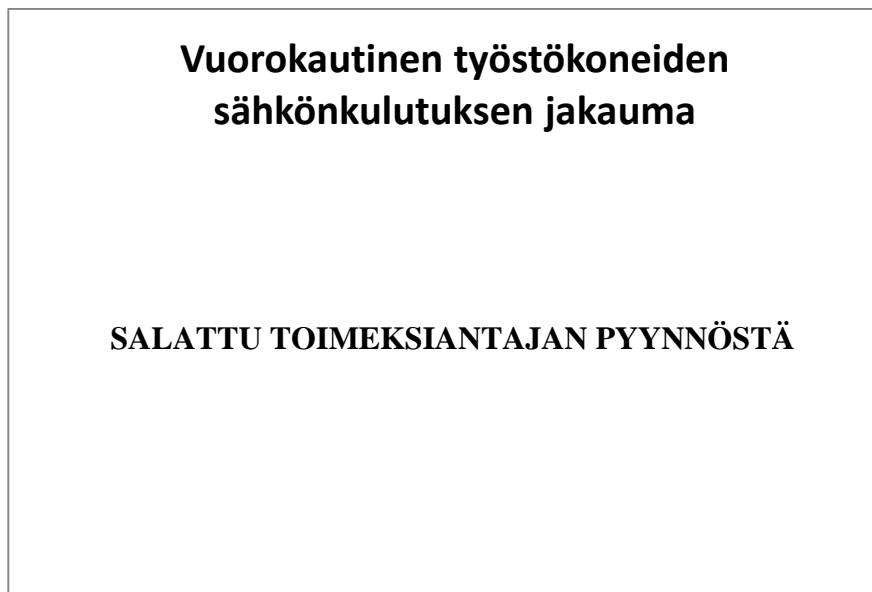
Kiinteistösähkön, tehdaspalvelujärjestelmien, ja työstölaitteiden jakauma perustuu laskuun, jossa erään huoltopäivän kulutus on vähennetty normaalista päivästä, jolloin tehdas pyörii täydellä teholla kahdessa vuorossa. Kiinteistösähkөөn sisältyy tilojen tarvitsema sisä- ja ulkovalaistus, lvi-laitteisto (ilmanvaihtokoneet ja kiertovesipumput) ja muut kiinteistön toimintaan vaikuttavat laitteistot. Teollisuuspalvelujärjestelmiin kuuluvat paineilmakompressorit ja puruimurijärjestelmät. Seuraavalla sivulla olevasta piirakkakaaviosta käy ilmi näiden kolmen edellä mainitun kulutuksen jakauma. Koska laitoksella ei ole tarkempia mittalaitteita eri laitteiden ja käyttökohteiden mukaan, on jakaumat laskettu pääasiassa Elenia Oy:n lukemapalvelusta saatujen arvojen avulla.



KUVIO 13. Vuorokautinen sähköenergiajakauma (Elenia Online 2014)

6.3.1 Työstökoneiden energiajakauma

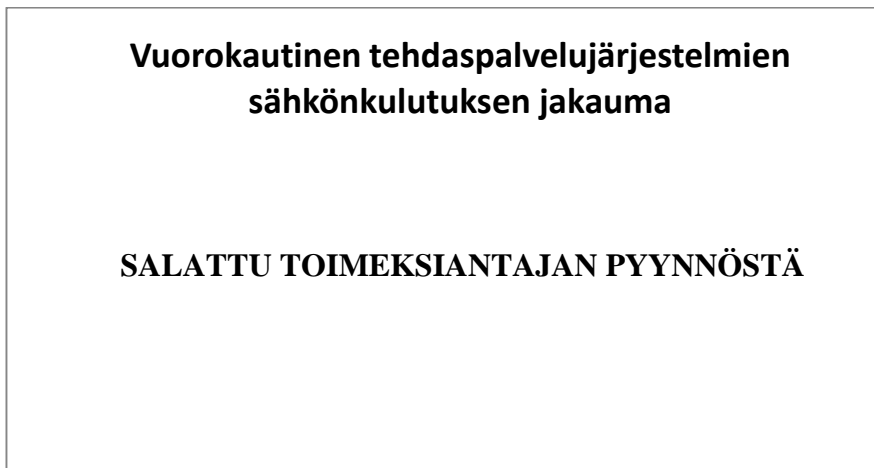
Työstökoneiden suurimmat sähkökuluttajat ovat karmien ja puitteiden tapituslinjat, sekä sormijatkoskone. Muut koneet ovat melko marginaalisia sähkökuluttajia, johtuen niiden hetkellisistä toimintaperiaatteista. Muiden koneiden sisältää muun muassa logiikkaohjattua lineaariservotekniikkaa, jolla saadaan toiminta-ajat minimoitua ja täten hyötysuhteeltaan hyväksi.



KUVIO 14. Vuorokautinen työstökoneiden sähköenergiajakauma (Elenia Online 2014)

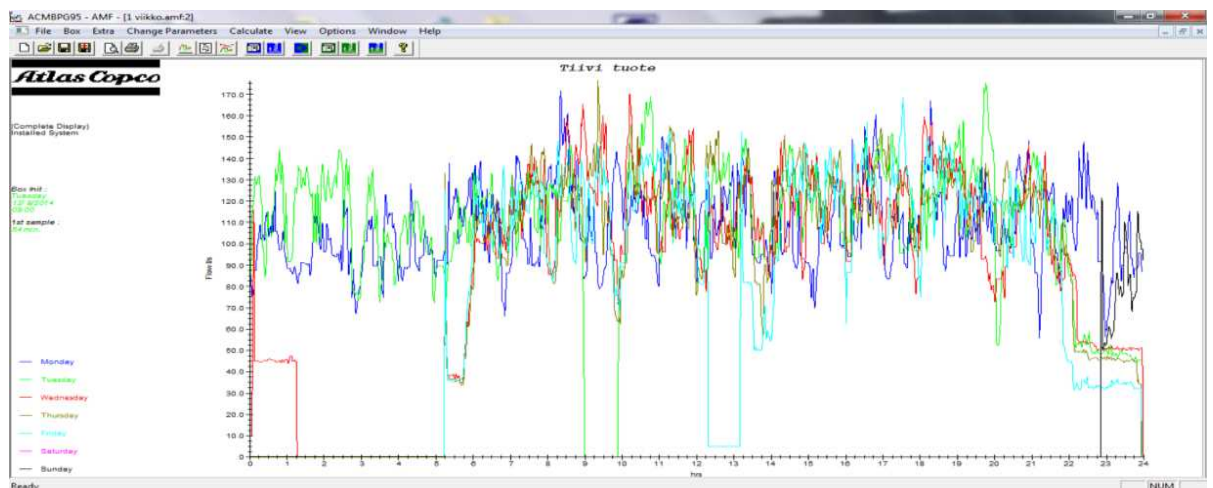
6.3.2 Tehdaspalvelujärjestelmien energiajakauma

Tehdaspalvelujärjestelmissä puruimurijärjestelmä on suurin sähkönkuluttaja alla olevan kuvion mukaan. Puruimurijärjestelmä koostuu useasta suuresta imurimoottorista ja siirtoimurista. Kompressoreiden sähkönkulutus koostuu tuotetusta paineilmasta ja verkoston paineen ylläpitämisestä, joten vuotoja ja turhaa paineilmalaitteistoa karsimalla voidaan kompressoreiden kulutusta laskea.



KUVIO 15. Vuorokautinen tehdaspalvelujärjestelmien sähköenergiajakauma (Elenia Online 2014)

Paineilman ja sen tuottamiseen tarvittu energiankulutus selvitettiin kesällä 2014 tehdyssä mittauksessa, joka tehtiin Atlas Copcon mittauslaitteistolla. Mittauksista kävi ilmi että kompressorit kuluttivat vuorokaudessa keskimäärin 1 030 kWh vuorokaudessa sähköä.

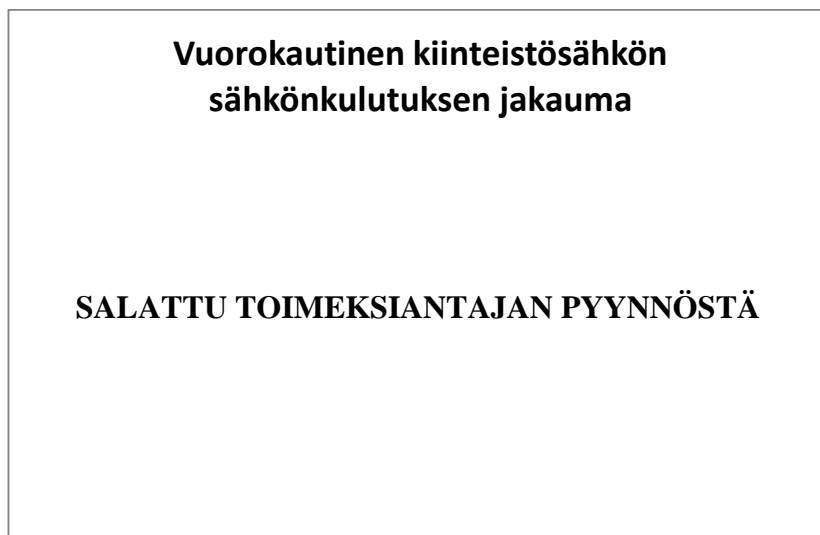


KUVIO 16. Paineilman kulutus eri vuorokauden aikoina (Atlas Copco 2014)

6.3.3 Kiinteistösähkön energiajakauma

Alla olevasta kiinteistösähkön jakaumasta nähdään, että tehdasalueenvalaisuun sisävalaistus mukaan laskettuna kuluu kolmasosa kiinteistösähköstä. Huomattavaa on myös se, että pihanvalaistukseen kuluu paljon energiaa, sillä laitoksen ulkovalaisimet edustavat vanhaa tekniikkaa. Siirtymällä nykyaikaisiin valaisimiin ulkovalaistuksen kulutuksen osuutta saataisiin pudotettua merkittävästi. Sosiaalityöjen valaistus käsittää ruokalan sekä wc- ja pukuhuonetilojen valaistuksen.

LVI-järjestelmän ja muiden laitteiden kuluttamaa sähköä on vaikea laskea erikseen, joten ne on ilmoitettu yhtenä lukuna.



KUVIO 17. Vuorokautinen kiinteistösähkön sähköenergiajakauma (Elenia Online 2014)

7 TALOTEKNIIKAN PERUSKARTOITUS JA ENERGIANKULUTUS

Tässä luvussa esitellään tehdasrakennuksen talotekniikan sisältö. Talotekniikkaan luetaan kaukolämmitys-, lvi-, valaistus- ja rakennusautomaatio järjestelmät.

7.1 Kaukolämmitysjärjestelmät

Kaukolämmitysjärjestelmä koostuu kolmesta lämmönvaihtimesta, joista yksi on lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Vaihtimet on sijoitettu samaan lämmönjakohuoneeseen. Vanhin levylämmönvaihdin vaihdettiin joulukuussa 2012 uuteen.

7.2 LVI-järjestelmät

Toimistotilojen lämmitys on toteutettu vesipattereiden avulla. Hallin lämmitys tapahtuu lämmittämällä tuloilmaa. Lisäksi hallissa on muutama puhaltimella varustettu kennolämmitin. Ilmanvaihtokoneet ovat melkein kaikki taajuusmuuttajakäytön takana. Kaksi tuloilmakonetta on varustettu siipikulman säädöllä ja kaksinopeusmoottorilla. Tuloilmakoneissa on myös lämmön talteenottokenno.

Kiertovesipumput ovat myös taajuusmuuttajakäytöllä. Tuloilmakoneet ja lämmityspiirien säädöt ovat rakennusautomaatiojärjestelmän takana.

7.3 Sähköjärjestelmät

Tehdaskiinteistössä on 15 ryhmäkeskusta, ja yksi sähköpääkeskus. Neljä keskusta syöttää konttori- ja ruokalatojen tarvitseman sähkön, loput keskuksat syöttävät sähköä työstökoneille ja tehdaspalvelujärjestelmille. Sähköpääkeskuksen vieressä sijaitsee 20/0,4 kV muuntamo, joka on Elenia Oy:n omistama.

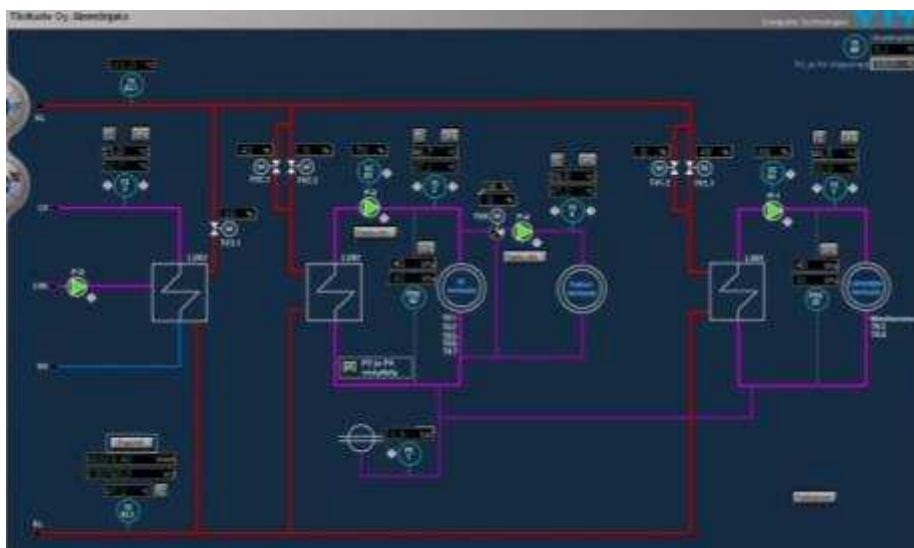
Loistehon kompensointilaitteistoja on rakennuksessa kaksi kappaletta. Ensimmäinen sijaitsee sähköpääkeskuksessa ja toinen ryhmäkeskushuoneen yhteydessä. Tarkasteluhetkellä loistehon kompensointilaitteiston kapasiteetti oli riittävä.

7.4 Valaistusjärjestelmät

Tehdastilojen valaistus on toteutettu modernisoimalla vanhat loisteputkivalaisimien rungot 24 W led-putkille. Kyseisiä putkia on hallissa noin 1 000 kappaletta. Toimistotilojen ja varistorakennuksen valaistus on toteutettu pääasiassa vanhoilla kuristimilla varustetuilla loistevalaisimilla. Pihavalaistus sisältää vanhaa tekniikkaa eli monimetalli- ja elohopea-höyry-valaisimia. Pihavalaistusta on tarkoitus nykyaikaistaa, kunhan sopivia led-valaisimia tulee saataville

7.5 Rakennusautomaatiojärjestelmä

Rakennuksen lämmitystä, ilmanvaihtoa, ja pihavalaistusta ohjataan YIT:n toteuttamalla Computec-järjestelmällä. Järjestelmä otettiin käyttöön vuonna 2011. Järjestelmän avulla on pudotettu lämpöenergiankulutusta merkittävästi ks. kappale 6.2.2. Alla olevassa kuvassa on esitelty hallintaohjelman käyttöliittymää. Siinä esiintyvät lämmönjakojärjestelmän keskeiset säädöt ja komponentit.



KUVIO 18. Computec rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöliittymä

8 TEHDASPALVELUJÄRJESTELMIEN PERUSKARTOITUS JA ENERGIANKULUTUS

Tehdaspalvelujärjestelmiin lasketaan tuotantoon tarvittavien lämmitys-, jäähdytys-, ilmanvaihto-, paineilma-, ja purunpoistojärjestelmät. Seuraavissa luvuissa on käsitelty näiden järjestelmien laitteita ja niiden kuluttamia tehoja.

8.1 Vesikiertoiset prosessilämmitysjärjestelmät

Maalaamon kuivausuunit toimivat puhaltimilla varustettujen vesikiertoisten kennojen avulla. Uuneja pidetään päällä tuotannon ollessa käynnissä. Uuni sammutetaan iltavuoron päätteeksi ja käynnistetään jälleen aamulla. Uunin lämpötilaa pidetään noin +45 °C:ssa. Uunin seinämät on eristetty. Sinne johtavat kapeiksi mitoitetut kulkuaukot, joista maalatut kappaleet pääsevät kulkemaan uuniin ja pois uunista maaliradan kuljettamana.

8.2 Paineilmajärjestelmät

Työstölaitteiden tarvitsema paineilma tuotetaan kahdella kompressorilla. Lisäksi on yksi varakompressori huoltokatkoja varten. Pääkompressorit ovat Atlas Copcon valmistamat, joista toinen on taajuusmuuttajakäytöllä varustettu. Varakompressori on Tamrockin valmistama malli. Pääkompressorit on säädetty niin että 30 kW:n jatkuvakäyttöinen kompressori tuottaa peruspaineen järjestelmään ja 50 kW:n taajuusmuuttajakäyttöinen kompressori tarvittavan lisäpaineen verkostoon. Paine verkostossa oli tarkasteluhetkellä 7,1 baaria.

Paineilmaputkiston runkolinja on valmistettu rautaputkesta, joista koneille ja käsityökaluille on toteutettu linjat muovi- ja kumiletkuilla. Paineilmaverkostossa on havaittavissa vuotoja, eteenkin letkussa ja liittimissä. Myös joidenkin koneiden magneettiventtiilit ja sylinterit vuotavat joissakin koneissa selvästi.

8.3 Prosessi-ilmanvaihtojärjestelmät

Maalaamon käryt poistetaan poistopuhaltimen avulla katolle. Käryjen mukana poistuu merkittävä määrä lämpöenergiaa, jota ei nykyisellä systeemillä saada otettua talteen. Skapat energia Oy:n tekemässä kiinteistön energiakatselmuksessa suositeltiin talteenottojärjestelmän hankkimista, sillä se toisi merkittävät säästöt vuosittain lämmitysenergiassa. Raportin mukaan ulos karkaa noin 410 MWh lämpöenergiaa.

8.4 Purunpoistojärjestelmä

Tehdasrakennuksessa on purunpoistojärjestelmä, joka koostuu neljästä puruimurista ja yhdestä siirtoimurista. Puruimureiden moottorit ovat tehoiltaan 30 kW, 22 kW, 2x 15 kW ja 11,5 kW. Siirtoimuri on teholtaan 55 kW. Moottoreissa ei ole erillistä tehonsäätöä, vaan ne toimivat jatkuvasti täydellä teholla. Moottoreiden käynnistys tapahtuu pehmokäynnistimien avulla.

Purunpoistojärjestelmässä on lämmön talteenottolaitteisto, jolla purunimuilman mukana kulkeutunut lämpöenergia puhalletaan takaisin halliin. Lisäksi hallissa on joidenkin koneiden luona omat pienet puruimurinsa, sillä putkilinjojen rakentaminen on haasteellista hallin eri osiin.

Tarkasteluhetkellä joissakin koneisiin johtavissa puruletkuissa oli havaittavissa rikkoontumisia ja tukkeumia. Rikkoutumat heikentävät järjestelmän imutehoa nostoen sähkönkulutusta. Tukkeumat ja letkujen rikkoumat aiheuttavat lisäksi sotkua koneisiin ja niiden ympäristöön.

9 EHDOTETTujen TOIMENPITEIDEN ENERGIANSÄÄSTÖ JA KANNATTAVUUS

Seuraavissa alaluvuissa on eritelty eri säästötoimenpiteet ja tarvittavien investointien takaisinmaksuajat. Investointien hinnat on ilmoitettu arvonlisäverottomana hintana.

9.1 Tehdaspalvelujärjestelmät

Tehdaspalvelujärjestelmästä löytyi tehostettavaa paineilmajärjestelmästä, prosessin ilmanvaihtojärjestelmästä eli maalaamon poistoilmaimurista ja puruimurijärjestelmästä. Säästöjä saadaan sekä sähkö- että myös lämpöenergiasta.

9.1.1 Paineilmajärjestelmä

Paineilmajärjestelmässä havaittiin paljon vuotoja, joten korjaustoimenpiteet kohdistuvat juuri niihin. Paineilmaverkoston säännöllisillä tarkastuksilla ja korjauksilla saadaan helposti aikaan suuret säästöt. Myös paineilman tuotossa syntyvään hukkalämmön talteenottoon kehitetyllä järjestelmällä voidaan tehdä mittavat säästöt vuositasona.

9.1.1.1 Magneettiventtiilit koneisiin

Vanhoihin koneisiin, joiden käyttö on vähäistä, kannattaisi asentaa paineilmaliihtimeen magneettiventtiilit. Näitä venttiileitä ohjattaisiin kyseisen työstökoneen ohjausjännitteellä. Venttiilin avulla voitaisiin koneelta katkaista paineilma sen ollessa käyttämättömänä. Magneettiventtiilien hinta riippuu niiden koosta, eli kuinka paljon ilmaa ne päästävät läpi. Hintaluokka magneettiventtiilillä on noin 200-300 €. Jos oletetaan että työstökoneen paineilmalaitteistossa on yhden millimetrin halkaisijaltaan oleva reikä, se kuluttaa sähköenergiaa luvun 4.4 taulukon mukaan 290 € vuodessa. Investoinnin takaisinmaksuajaksi tulee siis noin yksi vuosi.

Magneettiventtiili-ratkaisua kannattaa suosia eteenkin vanhoihin työstökoneisiin, joiden paineilmalaitteisiin ei saa enää korvaavia varaosia. Muussa tapauksessa paineilmaavuodot kannattaa korjata vaihtamalla rikkoutuneet osat uuteen.

9.1.1.2 Vuotojen tukkiminen

Paineilmajärjestelmässä on paljon vuotoja, jotka tulevat tehtaalle kalliiksi. Kesällä 2014 tehtiin Atlas Copcon edustajan toimesta paineilman käytön analyysi, jossa selvitettiin paineilman kulutus eri kellonaikoina. Analyysistä selvisi että verkostossa on vuotoja noin 35 l/s edestä, käytännössä tämä tarkoittaa 11 kWh tehon tarvetta kompressoreilta. Vuodessa tämä tarkoittaa yli 40 000 kWh turhaa kulutusta. Mikäli kaikki vuodot saataisiin tukittua, säästöä kertyisi noin 3 600 €. (Atlas Copco 2014)

9.1.1.3 Kompressoreiden hukkalämmön talteenottojärjestelmä

Kompressorit tuottavat huomattavasti hukkalämpöä, sillä niiden hyötysuhde tuotettuun paineilmaan on huonohko. Atlas Copco on kehittänyt järjestelmän jolla tämä hyötylämpö voidaan ottaa talteen kompressoreiden moottoriöljystä. Moottoriöljyn lämpötila on kompressorin käydessä 80-90 celsiusastetta Talteenotetun lämmön voi käyttää esimerkiksi lämmitys- ja käyttöveden lämmitykseen. Tällä hetkellä kompressoreiden lämpö johdetaan talvisin halliin jäähdytysilman mukana. Kesäisin tämä lämpö johdetaan pihalle. Tämä lämpö voitaisiin hyödyntää tehtaan maalaamon uuneissa, jotka tarvitsevat lämpöenergiaa vuoden ympäri. (Atlas Copco 2014)

Atlas Copcon edustajan laatimassa laskelmassa 4 000 tunnin vuotuisella käyttöajalla saataisiin 4 179 € säästöt, ostetun energian hinnan ollessa 4 snt/kWh. Laitteiston hinta asennettuna nykyiseen järjestelmään olisi noin 4 000 €, jonka lisäksi tulisivat mahdolliset putkilinjojen rakentamiskulut. Laitteisto maksaisi siis itsensä reilussa vuodessa takaisin. (Atlas Copco 2014)

9.1.1.4 Kompressorin uusiminen

Koska nykyisen 50 kW kompressorin tunnin alkavat olla täynnä, uuden kompressorin investointi alkaa myös olla ajankohtainen. Uudella nykyaikaisella tekniikalla varustetulla 55 kW kompressorilla saataisiin aikaan 31 330 kWh:n, eli 3 133 € säästöt vuositasolla. Takaisinmaksuaika investoinnille on kuitenkin suhteellisen pitkä, eli noin 9 vuotta. (Atlas Copco 2014)

9.1.2 Prosessi-ilmanvaihtojärjestelmät

Maalaamon poistoilmasta menee merkittävä määrä lämpöenergiaa hukkaan vuosittain. Koska poistettava ilma on likaista johtuen maalinjämistä, on laitteiston valinta tehtävä huolella.

Skapat Energia Oy:n vuonna 2012 tekemässä energiaselvityksessä käy ilmi, että 420 MWh lämpöenergiaa poistuu imureiden kautta ulkoilmaan. Tästä olisi heidän mukaansa otettavissa talteen 230-280 MWh. Laitteistona toimisi harjalämmönsiirrin ja lämpöpumppu, jolla pumpattaisiin talteenotettu lämpöenergia varaajan kautta takaisin patteriverkostoon. Takaisinmaksuaika tulisi olemaan neljästä viiteen vuotta.

Vuotuiset säästöt tulisivat olemaan noin 6 300-7 800 euroa. Edellä mainitusta summasta on vähennettävä lämpöpumpun kuluttama sähköenergiakustannukset ja järjestelmän huoltokustannukset.

9.1.3 Puruimurijärjestelmä

Puruimurijärjestelmää tutkiessa huomattiin, että järjestelmää pidetään päällä myös tauoilla, jolloin puruimulle ei ole tarvetta. Siispä puruimurit kannattaisi sammuttaa taukojen ajaksi. Puruimurijärjestelmän moottoreiden yhteisteho on noin 140 kW. Päivittäisten taukojen yhteenlaskettu aika on 65 minuuttia, kuluu sähköä päivässä 152 kWh turhaan. Vuodessa

kulutus on yhteensä 38 000 kWh, energialaskuna 3040 euroa. Lisäksi talvisaikaan säästyy myös lämpöenergiaa, joka imuilman mukana kulkeutuu katolla sijaitsevaan suodatusyksikön läpi.

Puruimureiden sammutus taukojen ajaksi on toteutettavissa helposti digitaalisten kellokytkimien avulla, jotka toimivat sekunnilleen oikeassa ajassa. Toki järjestelmään kannattaa liittää kytkin, jolla puruimurit saa tarvittaessa manuaalisesti käyntiin. Puruimureiden sammutuksessa on otettava huomioon se, että taukoja porrastettaessa sammutus ei tule kysymykseen.

9.2 Työstökoneet

Työstökoneita tarkastellessa kävi ilmi, että energiaa voitaisiin säästää poistamalla turhat joutokäynnit, eteenkin suurien työstölaite kokonaisuuksien osalta. Koneet jätetään päälle esimerkiksi taukojen ajaksi. Jos päivittäiset tauot lasketaan yhteen, tulee niille mittaa aiemmin mainitut 65 minuuttia. Jos tapituslinjojen kuluttama teho on yhteensä noin 120 kW, kuluu päivässä sähköä turhaan 130 kWh, vuodessa tämä merkitsee 32 500 kWh kuluusta, joka taas maksaa nykyisellä sähkön hinnalla 2 600 €.

9.3 Valaistusjärjestelmät

Valaistusjärjestelmissä löytyi tehostettavaa sekä ulko- että sisätiloissa. Tehdastilojen sisävalaistus on saatu jo kuntoon, mutta konttoritilat ja ulkovalaistus kannattaisi modernisoida nykyaikaiseksi led-valaisimia hyödyntäen.

9.3.1 Ulkovalaistus

Ulkovalaisimia löytyi piha-alueilta yhteensä 62 kappaletta. Näistä 400 W monimetallivalaisimia oli 36 kappaletta, 250 W monimetallivalaisimia 10 kappaletta ja 125 W monimetallivalaisimia 16 kappaletta. Kun nämä kaikki valaisimet ovat käytössä, on näiden koko-

naisteho 19,15 kW. Kuvitellaan tilanne, että nämä kaikki valaisimet vaihdettaisiin 80 W led-malleihin, tällöin kokonaisteho putoaisi 5,28 kW. Jos ulkovalot ovat päällä vuodessa 3 900 tuntia, nykyinen valaistus kuluttaa 74 685 kWh vuodessa. Led-mallit kuluttaisivat 20 592 kWh. Säästöä vuodessa syntyisi siis 54 093 kWh. Euroissa tämä merkitsisi 4 327 euron säästöä.

Lisäksi säästöä syntyisi myös siinä, että led-valaisimet ovat käytännössä huoltovapaita verrattuna nykyisiin vaihdettavilla lampuilla oleviin valaisimiin. Näihin valaisimiin joudutaan vääjäämättä tilamaan kurottaja tai muu nosturi, jotta lamput saadaan vaihdettua korkeissa paikoissa.

Ulkovalaisimien vaihtokustannuksiksi erään valmistajan valaisimilla tulisi hintaa 270 € (80 W) ja 245 € (60 W) kappaleelta. Mikäli 400 W ja 250 W monimetallivalaisimet korvataisiin 80 W led-valaisimilla, kustannus olisi 12 420 €. 125 W elohopeahöyryvalaisimet voitaisiin korvata 60 W led-valaisimilla, jolloin kustannus niille olisi 3 840 €. Yhteensä valaisinten vaihtoon kuluisi 16 260 €. Edellä mainittuun summaan on lisättävä vielä mahdolliset vaihtotyön kustannukset.

Takaisinmaksuaika ulkovalaisinten vaihdolle on noin 4 vuotta. Lyhyen takaisinmaksuajan vuoksi valaisinten uusimista kannattaa harkita. Vanhojen valaisinten huoltokustannukset kannattaa ottaa myös huomioon investointipäätöstä tehdessä, sillä ne lyhentävät takaisinmaksuaikaa entisestään.

9.3.2 Ulkovalaistuksen ohjauksen parantaminen

Ulkovalojen turhaa päällä pitämistä kannattaisi myös välttää. Kannattaisi miettiä, onko ulkovaloja syytä pitää päällä öisin, jolloin ketään ei ole paikalla. Halliin voisi asentaa kytkimen, jolla valot saataisiin yöllä päälle tarpeen tullen esimerkiksi öisen lastauksen ajaksi.

Nykyisillä valaisimilla tunnissa kuluu sähköä 19,15 kWh, joka tekee euroina 1,72 €/h. Oletetaan, että pihavalot palavat öisin turhaan kenenkään ollessa paikalla viisi tuntia vuorokaudessa, sähköä kuluu 34 948 kWh vuodessa, laskua kertyy tällöin 2 795 €.

9.3.3 Sisävalaistus

Tehdashallin valaistusta voisi tehostaa vaihtamalla nykyisten led-loisteputkilla varustettujen loisteputkivalaisimien korvaamisella nykyaikaisilla kiinteillä ledeillä varustetuilla valaisimilla. Säästöä energialaskussa ei välttämättä synny paljoa, mutta valaistus hallissa paransi huomattavasti. Myös toimistotilojen valaistuksen nykyaikaistaminen led-tekniikkaan toisi säästöjä energiankulutuksessa. Nykyiset loisteputkivalaisimet ovat helposti korvattavissa led-valaisimilla.

9.4 Yhteenveto säästötoimenpiteistä

Selvityksessä löytyi kaiken kaikkiaan kymmenen erilaista energiaa säästävää toimenpidettä. Osa näistä toimenpiteistä olisi toteutettavissa helposti, kuten esimerkiksi valaistuksen nykyaikaistaminen ja paineilmajärjestelmän vuotojen tukkiminen. Loput säästötoimenpiteet vaativat suuret investoinnit. Työstökoneiden ja purujärjestelmän sammuttaminen taukojen ajaksi toisi suuret säästöt, mutta mikäli tauot ovat porrastettuja, on niiden sammuttaminen mahdotonta. Alla oleva taulukko sisältää yhteenvedon käsitellyistä säästötoimenpiteistä kustannuksineen, säästöineen ja takaisinmaksuaikoineen.

TAULUKKO 2. Yhteenveto säästötoimenpiteistä

Yhteenveto säästötoimenpiteistä					
Toimenpide	Säästöt sähköenergia (MWh)	Säästöt lämpöenergia (MWh)	Säästöt vuodessa (€)	Investointikustannukset (€)	Takaisinmaksuaika
Paineilmajärjestelmän vuodot	40	-	3 600	0	Välitön
Magneettiventtiilit (per kone)	3,2	-	290	300	Vuosi
Työstökoneiden sammutus	32,5	-	2 600	0	Välitön
Puruimurijärjestelmän sammutus	38	-	3 040	0	Välitön
Ulkovalaistuksen modernisointi	54,1	-	4 327	16 260	Neljä vuotta
Ulkovalaistuksen ohjauksen parantaminen	35	-	2 795	0	Välitön
Maalaamon lämmöntalteenotto	-	230	6 300	31 500	Viisi vuotta
Kompressoreiden talteenotto	-	106	4 179	4 000	Vuosi
Kompressorin uusiminen	31,3	-	3 133	27 900	Yhdeksän vuotta
Yhteensä	234,1	336	30 264	79 960	

10 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa tehtaan energian käyttö eri osa-alueilla. Katselmuksen tarkoituksena oli luoda tehtaalle selkeä pohja energiankäytön tehostamista varten. Mielestäni tämä selvitystyö onnistui hyvin, sillä esille tuodut kymmenen säästötoimenpidettä toisivat Tiivituote Oy:lle noin 30 000 €vuosittaiset säästöt. Kulutukset laskisivat siis sähköenergian osalta 12 % ja lämpöenergian osalta 23 %. Työssä omat haasteensa aiheuttivat energian mittauksen puute eri sektoreilla. Käytössäni olivat vain Elenian kulu- tuspalvelusta löytyvät raportit ja laitteiden dokumentit, joten työ sisälsi paljon laskemista.

Osa säästötoimenpiteistä vaatii kuitenkin vielä tarkempaa suunnittelua, sillä esimerkiksi maalaamon poistoilman lämmön talteenottoon soveltuva tekniikka on valittava huolella, sillä likainen poistoilma aiheuttaa omat haasteensa laitteiston huoltovapauden suhteen.

Energian hinnan noustessa tulevaisuudessa, on energiakatselmuksilla suuri rooli säästöjen kartoituksessa. Mikäli katselmusta ei ole tehty, on miltei mahdotonta tietää, mihin ja miten paljon energiaa kuluu. Tämän seurauksena potentiaaliset energiansäästökohteet jäävät useissa yrityksissä pimentoon. Tiivituote Oy:n kohdalla tätä pimentoa ei ole, sillä tarvittava katselmus on nyt tehty.

LÄHTEET

Atlas Copco 2014. Tiivituote Oy mittaraportti. PDF-dokumentti

Elenia 2014. Verkkopalveluhinnasto. PDF-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.elenia.fi/sites/www.elenia.fi/files/Verkkopalveluhinnasto..pdf> Luettu 26.9.2014

Elenia Online 2014. Kulutusseurantapalvelu. WWW-sivusto. Luettu 14.9.2014

Elinkeinoelämän keskusliitto 2014. Energiatehokkuussopimukset. WWW-dokumentti.

Saatavissa: [http://ek.fi/mita-teemme/energia-liikenne-ja-](http://ek.fi/mita-teemme/energia-liikenne-ja-ymparisto/energia/energiatehokkuussopimukset/)

[ymparisto/energia/energiatehokkuussopimukset/](http://ek.fi/mita-teemme/energia-liikenne-ja-ymparisto/energia/energiatehokkuussopimukset/). Luettu 25.9.2014.

Farnell 2014. Carlo Gavazzi EM21-72D. WWW-dokumentti. Saatavissa:

<http://fi.farnell.com/carlo-gavazzi/em21-72d-av5-3-x-0-xx/meter-energy-pulse/dp/1824774>

Luettu: 28.9.2014

Haapajarven Lämpö Oy 2014. Hinnasto. WWW-dokumentti. Saatavissa: [http://ict-](http://ict-palvelu.fi/haapajarvenlampo.fi/index.php/hinnasto)

[palvelu.fi/haapajarvenlampo.fi/index.php/hinnasto](http://ict-palvelu.fi/haapajarvenlampo.fi/index.php/hinnasto). Luettu 14.9.2014

Haapajarven Vesi Oy 2014. Käyttömaksut. WWW-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.haapajarvenvesi.fi/maksut#kayttomaksu>. Luettu 14.9.2014

Heikkilä, I., Huumo, M., Siitonen, S., Seitsalo, P. & Hyytiä H. 2008. Teollisuuden energia-
tehokkuus. Pdf-dokumentti. Saatavissa:

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38378/SY_51_2008.pdf?sequence=1. Lu-
ettu 25.9.2014

Kamstrup 2014a. Kamstrup Multical 402 lämpöenergiankulutusmittari. WWW-
dokumentti.

Saatavissa: <http://kamstrup.fi/15181/multical-402-btu-meter> Luettu: 28.9.2014

Kamstrup 2014b. Kamstrup Multical 62 vedenkulutusmittari. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://kamstrup.fi/16866/> Luettu: 28.9.2014

Motiva 2006. PATE-analyysi – Paineilman energia-analyysimalli. Pdf-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/7890/PATE-analyysi_Paineilman_energia-analyysimalli.pdf. Luettu 25.9.2014

Motiva 2007. Energiatehokkuusjärjestelmä (ETJ). Pdf-dokumentti. Saatavissa: <http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/midcom-serveattachmentguid-1dffd35c984002fdf311d00af8f82cf82c/energiatehokkuusjarjestelma-pdf>. Luettu 17.9.2014.

Motiva 2010. Energiatehokkuus strategiasta arkeen. Pdf-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/4094/Energiatehokkuus_strategiasta_arkeen.pdf. Luettu 17.9.2014.

Motiva 2012. Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Pdf-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf. Luettu 8.9.2014.

Motiva 2012b. Paineilma-analyysi tuo säästöjä. Pdf-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/6017/Paineilma-analyysi_tuo_saastoja.pdf Luettu 9.9.2014

Motiva 2014a. Energiakatselmusmallit. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/energiakatselmusmallit. Luettu 25.9.2014.

Motiva 2014b. Teollisuuden energiakatselmus. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/energiakatselmusmallit/teollisuuden_energiakatselmus Luettu 25.9.2014.

SFS-EN 15193. Valaistuksen energiaterveys. 2008. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS.

Skapat Energia Oy 2014. Etähallinnan kuukausiraportti Konikuja 7 1/2014. Pdf-dokumentti.

Somero 2007. Perheyritys Tiivituote myytiin Inwido Finlandille. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.kaleva.fi/uutiset/talous/perheyritys-tiivituote-myytiin-inwido-finlandille/15635/> Luettu 28.9.2014