



RIIA UUSITALO

Energiatehokas konepaja

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2021

Tekijä(t) Uusitalo, Riia	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Toukokuu 2021
	Sivumäärä 55	Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi Energiatehokas konepaja		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikka		
Tiivistelmä <p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin konepajojen energiankulutusta ja energiatehokkuutta. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mihin energiaa kuluu erilaisilla konepajoilla ja mitkä tekijät vaikuttavat konepajan energiatehokkuuteen. Opinnäytetyössä esimerkiksi selvitettiin, millainen on energiatehokas valaistus, paineilmajärjestelmä, lämmitys ja ilmanvaihto. Tavoitteena oli myös löytää niin kaikille konepajoille yhteisiä, kuin konepajakohtaisiakin energiatehokkuuden parannuskohteita ja -keinoja. Työssä tutustuttiin lyhyesti myös aurinkoenergian hyödyntämiseen energiatehokkuuden parantamisessa.</p> <p>Opinnäytetyössä käytettiin hyödyksi esimerkkejä eri konepajoilla tehdyistä energiatehokkuustoimista. Kolmen mukana olleen konepajan yhteyshenkilöitä haastateltiin niin sähköpostin välityksellä, kuin vieraillemalla näillä konepajoilla. Haastattelujen ja vierailujen avulla saatiin tietoa konepajojen haasteista energiatehokkuuden kannalta ja näiden tietojen pohjalta mietittiin ratkaisuja energiatehokkuuden parantamiseksi. Kaikissa konepajoissa yhteiseksi energiatehokkuuden parannuskohteeksi nousi esiin tuotantohallien suuret nosto-ovet, joista lämpö pääsee karkaamaan ulos lisäten energiankulutusta. Konepajakohtaisina haasteina esiin nousivat esimerkiksi liian tehoton ilmanvaihto sekä vanha öljylämmitysjärjestelmä, joka kuluttaa huomattavan paljon energiaa. Yksi konepaja puolestaan nousi esiin jo toteutetuilla energiatehokkuustoimillaan, jolloin merkittäviä energiankulutusta vähentäviä toimenpiteitä ei löydetty.</p> <p>Opinnäytetyössä kävi ilmi, että konepajan energiatehokkuuden parantamisessa kannattaa yleensä kiinnittää huomiota esimerkiksi valaistuksen uusimiseen tai sen ohjaukseen, lämmön talteenottomahdollisuuksiin, paineilmajärjestelmän kuntoon, ilmanvaihdon tehokkuuteen ja toimivuuteen, koneiden ja laitteiden käyntiaikoihin sekä yleisiin käyttötottumuksiin. Välillä jo pienillä toimintatapojen muutoksilla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä ilman suuria ja kalliita investointeja.</p>		
Asiasanat energiankulutus, energiansäästö, energiatehokkuus, konepajat		

Author(s) Uusitalo, Riia	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2021
	Number of pages 55	Language of publication: Finnish
Title of publication Energy efficient machine shop		
Degree program Energy and Environmental Engineering		
Abstract <p>The aim of this thesis was to research energy consumption and energy efficiency of machine shops, and to also examine the use of energy in different machine shops and what variables affect the energy efficiency of the machine shop. In this thesis the energy efficiency of lighting, compressed air system, heating system and ventilation were also researched. The aim was to identify opportunities for energy efficiency improvement of both all machine shops and certain machine shops. This thesis also included information on the use of solar energy to improve energy efficiency.</p> <p>Energy efficiency measures already done in some machine shops were used in this thesis. Contact persons of three machine shops were interviewed by email and by visiting these companies. Using interviews and visits, the information of challenges in machine shops were provided. The information obtained from these interviews and visits were used to devise solutions to improve energy efficiency. Large roll-up doors were common energy consumer in all machine shops. Large roll-up doors cause heat losses and increase the energy consumption. There were also too inefficient ventilation in one machine shop and a very old oil heating system in one machine shop. One machine shop has already improved energy efficiency considerably and therefore significant means of improving their energy efficiency were not found.</p> <p>When improving energy efficiency in machine shops, it would be worthwhile to draw attention to renewal of lighting, lighting control systems, heat recovery, condition of compressed air system, effectiveness and proper functioning of ventilation, operating times of machines and behavior and actions of personnel. Sometimes even small changes in behavior will help to achieve significant savings without large and expensive investments.</p>		
<u>Key words</u> energy consumption, energy saving, energy efficiency, machine shops		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 ENERGIATEHOKKUUS.....	7
2.1 Miksi energiatehokkuus kannattaa?	7
2.2 Energiakatselmukset	9
2.3 Vapaaehtoiset energiatehokkuussopimukset.....	10
2.4 Energiatuki	11
3 KONEPAJAN ENERGIANKULUTUS	12
3.1 Konepaja 1	15
3.2 Konepaja 2	16
3.3 Konepaja 3	17
4 KONEPAJAN ENERGIATEHOKKUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	19
4.1 Ilmanvaihto	19
4.2 Paineilmajärjestelmä	20
4.3 Lämmitys.....	21
4.3.1 Kaukolämpö.....	21
4.3.2 Maalämpö	22
4.3.3 Ilma-vesilämpöpumppu	23
4.3.4 Ilma-vesilämpöpumppu vs. maalämpö.....	24
4.3.5 Öljylämmitys	25
4.3.6 Rakenteet	25
4.4 Valaistus.....	26
5 YHTEISET ENERGIATEHOKKUUSTOIMET	28
5.1 Henkilöstön koulutus ja tyhjäkäyntikävelyt.....	28
5.2 Veden kulutus.....	29
5.3 Ilmanvaihto	30
5.4 Energiatehokas paineilma	31
5.5 Lämmitys.....	32
5.5.1 Hukkalämmön hyödyntäminen.....	32
5.5.2 Tiiviit rakenteet.....	33
5.6 Valaistuksen ohjaus tai uusiminen	34
5.6.1 Ohjaus	34
5.6.2 Uusiminen.....	34
5.7 Sähkökäyttö.....	36
5.7.1 Laitteet	36
5.7.2 Aurinkoenergia	37

6 KONEPAJA 1 PARANNUSEHDOTUKSET	40
6.1 Hitsauskäryjen poisto	40
6.2 Isot nosto-ovet.....	41
6.3 Lämpötilan ja ilmanvaihdon ohjaus	42
6.4 Rakenteet ja tiiviys	44
6.5 Ikkunat.....	47
7 KONEPAJA 2 PARANNUSEHDOTUKSET	49
7.1 Öljylämmitysjärjestelmä	49
7.2 Öljylämmityksen ja ilma-vesilämpöpumpun kustannukset	49
8 KONEPAJA 3 PARANNUSEHDOTUKSET	52
9 JOHTOPÄÄTÖKSET	53
LÄHTEET	

1 JOHDANTO

Ilmastonmuutoksen ehkäiseminen, hiilineutraalius ja energiatehokas toiminta korostuvat nykypäivänä yhä enemmän ja enemmän esimerkiksi teollisuudessa. Varsinkin pienten ja keskisuurten yritysten on tärkeä pysyä kehityksessä mukana, jotta ne voivat säilyttää vakaan ja kilpailukykyisen aseman jatkuvasti kehittyvässä maailmantilanteessa. Yrityksillä on mahdollisuus vaikuttaa omaan kustannustehokkuuteensa ja kilpailukykyynsä esimerkiksi energiatehokkuutta lisäämällä. Jo pienilläkin energiankäyttöön liittyvillä muutoksilla on mahdollista saavuttaa esimerkiksi säästöjä ja vähentää päästöjä. Haasteeksi varsinkin pk-yritysten kohdalla saattaa muodostua se, että heillä ei välttämättä ole tarkkaa tietoa siitä, kuinka energiatehokasta heidän toimintansa on. Heiltä saattaa myös puuttua tietoa siitä, mistä tulisi lähteä liikkeelle ja mihin asioihin tulisi erityisesti kiinnittää huomiota tavoiteltaessa esimerkiksi parempaa energiatehokkuutta ja tämän myötä erilaisia hyötyjä.

Monille konepajoille tyypillisiä suuria energiankuluttajia ovat lämmitys, paineilma, ilmanvaihto sekä valaistus. Myös erilaiset koneet ja laitteet saattavat myös kuluttaa suhteellisen paljon energiaa, varsinkin niiden ollessa vanhoja tai huonokuntoisia. Konepajan energiankulutus riippuu kuitenkin paljon sen toiminnasta sekä toimintatavoista. On selvää, että suurten energiankuluttajien energiatehokkuutta parantamalla saavutetaan usein suuremmat säästöt ja hyödyt, kuin pienemmällä energiatehokkuustoimilla. Tällöin kuitenkin investoinnitkin ovat yleensä suurempia. Vaikka konepajoilla on tärkeää kiinnittää huomiota suuriin energiankuluttajiin, ei pidä aliarvioida pienempiäkään energiatehokkuustoimia. Monesti voi olla helpompaa lähteä liikkeelle juuri näistä pienemmistä muutoksista. Usein jo tietyillä toimintatapojen muutoksilla, työntekijöiden kouluttamisella ja opastuksella sekä pienilläkin investoinneilla on mahdollista parantaa konepajan energiatehokkuutta merkittävästi.

2 ENERGIATEHOKKUUS

Energiatehokkuuden kehittämisen yksi olennainen tavoite on kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen kustannustehokkaasti. Energiaa on tärkeää säästää myös siksi, että voidaan turvata sen saatavuus, alentaa energiakustannuksia, vähentää tuontienergiatarvetta, lisätä resurssitehokkuutta, suojella ympäristöä sekä kasvattaa uusiutuvan energian osuutta. (Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut 2020.) Energiatehokkuuden edistäminen on osa kansallista ja EU:n energia- ja ilmastopolitiikkaa. Energiatehokkuuden edistämällä pyritään vähentämään palvelujen, suoritteiden sekä tuotteiden tuottamiseen tarvittavaa energiamäärää. Energiatehokkuuden parantamisella voidaan pienentää energiankulutusta, vähentää hiilidioksidipäästöjä sekä tuottaa kustannussäästöjä. (Energiaviraston www-sivut 2020a.)

Digitalisaatiolla voidaan tehostaa konepajateollisuuden energiatehokkuusratkaisuja. Energiatehokkuus on mahdollista ottaa huomioon koko prosessissa automaation kehittämisen avulla. On hyvä huomioida, että konepajateollisuuden energiatehokkuus ei tarkoita vain laitteiden ja komponenttien tehokkuutta, vaan kaikenlaista muutakin toimintaa, kuten esimerkiksi erilaisten sivuvirtojen tehokasta hyödyntämistä. (Salokoski 2017, 27.)

2.1 Miksi energiatehokkuus kannattaa?

Erilaisilla energiatehokkuustoimilla yritykset voivat saavuttaa monia oheishyötyjä. Oheishyödyt voidaan jakaa esimerkiksi taloudellisiin, tuotannollisiin ja toiminnallisiin hyötyihin, ympäristö- ja mainehyötyihin sekä työolojen parantumishyötyihin. Energiatehokkuustoimien toteuttamisen kannalta yleensä suurin motivaattori on taloudellinen hyöty. Tehokas energiankäyttö parantaa lähes aina yrityksen tuotantotehokkuutta sekä vaikuttaa yrityksen kilpailukykyyn. Yrityksissä, joissa energiaa kuluu paljon, jopa 1 %:n säästö energiakuluissa voi kasvattaa tulosta sadoilla tuhansilla euroilla. Teollisuudessa tehokkaamman energiankäytön avulla esimerkiksi tuotantokapasiteettia on mahdollista nostaa ilman erillisiä investointeja. Energiatehokkuuden parantamisella myös esimerkiksi laitteiden käyttöikä ja huoltoväliä voidaan pidentää. (Energiatehokkuuden oheishyödyt yrityksissä 2018.)

Energiatehokkuuden parantamisen yksi tärkeä hyöty on myös hiilidioksidipäästöjen väheneminen, sillä energiantuotannon ja käytön osuus hiilidioksidipäästöjen syntymiseen on huomattava. Tuotannosta saattaa syntyä myös pienhiukkaspäästöjä, joiden on todettu aiheuttavan haitallisia terveysvaikutuksia erityisesti paikallisesti. Nykyään monille yrityksille vastuullisuus on merkittävä osa liiketoimintaa. Yrityksillä on mahdollisuus luoda hyvä yrityskuva esimerkiksi vastuullisella energiankäytöllä ja halulla kehittää energiatehokkuutta. Teollisuudessa lämmitysjärjestelmällä, ilmanvaihdolla ja valaistuksella on vaikutuksia työviihtyvyyteen ja tilojen käyttömukavuuteen. Hyvien työolosuhteiden perustana on terveellinen ja puhdas sisäilma, joten näin ollen esimerkiksi konepajoilla ilmanvaihtoon tulee kiinnittää erityistä huomiota. (Energiatehokkuuden oheishyödyt yrityksissä 2018.)

Kuvaan 1 on koottu suomalaisten teollisuus- ja palvelualan yritysten näkemyksiä energiatehokkuustoimien avulla saaduista oheishyödyistä. Esimerkiksi investointipäätöksiä valmisteltaessa sekä tehtäessä kannattaa tarkasteluissa ja laskelmissa ottaa huomioon myös erilaiset oheishyödyt. Energiatehokkuuden parantamisella on oheishyötyjä niin ilmastoon, kansantalouteen, resurssien käyttöön, energiajärjestelmiin sekä hyvinvointiin. Jo yksittäisellä energiatehokkuusinvestoinnilla saavutetaan yleensä useampia oheishyötyjä. On hyvä huomioida myös, että pienentyneet energiakulut parantavat suoraan yrityksen liiketoiminnan tulosta. (Energiatehokkuuden oheishyödyt yrityksissä 2018.)



Kuva 1. Teollisuus- ja palvelualan yritysten nimeämät keskeiset energiatehokkuus-toimien oheishyödyt. (Energiatehokkuuden oheishyödyt yrityksissä 2018.)

2.2 Energiakatselmuks

Energiatehokkuuslain mukaan yrityksen energiakatselmus on järjestelmällinen menettely, jonka avulla saadaan tarpeeksi tietoa yrityksen energiankulutusprofiilista. Energiakatselmuksen avulla tunnistetaan mahdollisuudet kustannustehokkaaseen energian säästämiseen, määritellään säästön suuruus sekä raportoidaan tuloksista. Katselmuksessa huomioidaan kaikki yrityksen energiankäyttökohteet, joita ovat liikenne, teollinen ja kaupallinen toiminta sekä rakennukset. (Energiatehokkuuslaki 1429/2014, 4 §.)

Monilla pk-yrityksillä ei välttämättä ole aikaa perehtyä tarkemmin omaan energiankulutukseensa tai riittävästi tietoa aiheeseen liittyen. Energiatehokkuuslaki ei velvoita pk-yrityksiä tekemään energiakatselmuksia, mutta se ei tarkoita, etteikö se olisi kannattavaa ja hyödyllistä. Energiatehokkuuslaki velvoittaa suuret yritykset tekemään energiakatselmuksen joka neljäs vuosi. Suureksi yritykseksi määritellään yritys tai konserni, jonka liikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa, tase yli 43 miljoonaa euroa tai työntekijämäärä yli 250. Energiakatselmusten tavoitteena on analysoida katselmukskohteen energiankäyttö, selvittää energiansäästöpotentiaali sekä esittää kustannustehokkaita toimenpide-ehdotuksia energiatehokkuuden parantamiseksi. Työ- ja

elinkeinoministeriö tukee pk-yritysten vapaaehtoista energiakatselmustoimintaa ja energiatuen myöntämisen edellytyksenä on katselmuksen tekeminen mallien ja toteutusohjeiden mukaisesti. (Energiaviraston www-sivut 2020b.)

2.3 Vapaaehtoiset energiatehokkuussopimukset

Energiatehokkuussopimukset ovat ensisijainen keino edistää energian tehokasta käyttöä Suomessa ja niiden tavoitteena on ohjata eri yrityksiä ja yhteisöjä parempaan energiatehokkuuteen. Energiatehokkuussopimukset ovat valtion ja toimialojen valitsema keino täyttää Suomelle asetetut kansainväliset energiatehokkuusvelvoitteet ilman pakkokeinoja tai uutta lainsäädäntöä, ja nämä sopimukset ovatkin tärkeä osa maamme energia- ja ilmastostrategiaa. Suomi on sitoutunut tiukkoihin tavoitteisiin parantaakseen energiatehokkuutta ja sitä onkin parannettu vapaaehtoisesti eri yrityksissä ja kunnissa jo monien vuosien ajan. Valtiolta voi saada tukea uuden energiatehokkaan teknologian käyttöönottoon sekä tapauskohtaisesti sopimukseen liittyneiden yritysten ja kuntien muihin energiatehokkuusinvestointeihin. Valtiolta on mahdollista saada tukea myös muiden kuin suurten yritysten energiakatselmuksiin. (Energiatehokkuussopimukset 2017–2025.)

Energiatehokkuussopimukseen liittyneet tahot asettavat määrällisen energiankäytön tehostamistavoitteen itselleen ja tämän tavoitteen saavuttamiseksi toteuttavat erilaisia toimenpiteitä. Sopimukseen liittyneet tahot raportoivat joka vuosi seurantajärjestelmään tehdyistä energiatehokkuustoimenpiteistä sekä muista energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävistä toiminnoista. Tämän raportoinnin avulla Suomi pystyy puolestaan raportoimaan energiasäästöjen toteutumisesta EU:lle. (Energiatehokkuussopimukset 2017–2025.) Vuonna 2017 käynnistyi energiatehokkuussopimuskausi vuosille 2017–2025 ja se on sarjassaan kolmas sopimuskausi. Vuosille 2017–2025 on solmittu neljä energiatehokkuussopimusta ja ne kattavat kiinteistöalan, kunta-alan, lämmityspolttonesteiden jakelun sekä elinkeinoelämän, johon puolestaan kuuluvat energia-ala, teollisuus ja yksityinen palveluala. Vapaaehtoiseen energiatehokkuussopimukseen arvelaan liittyvän useita satoja kuntia ja yrityksiä, jotka asettavat vuodelle 2025 omat energiakäytön tehostamistavoitteet. (Motivan www-sivut 2020a.)

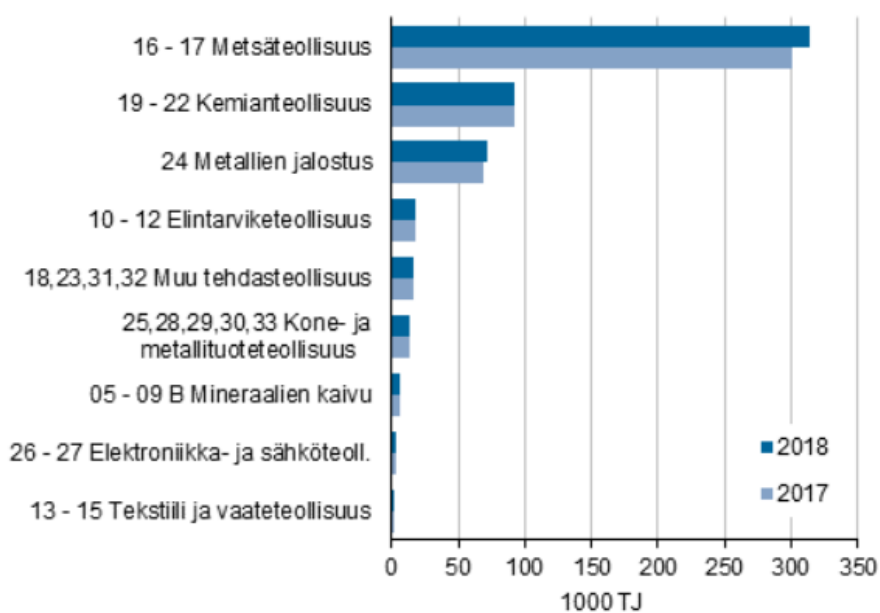
Energiatehokkuussopimuskaudella 2008–2016 sopimukseen liittyneet kunnat ja yritykset toteuttivat yhteensä yli 21 000 energiatehokkuustoimenpidettä ja yhteenlasketut energiatehokkuusinvestoinnit olivat yli 1,3 miljardia euroa. Näistä investoinneista 41 % toteutettiin teollisuudessa. Kuntien ja yritysten energiatehokkuustoimilla saavutettiin yli 560 miljoonan euron kustannussäästöt vuosittain. Saavutetusta energiasäästöstä 68 % toteutui teollisuudessa, joten energiatehokkuuteen panostaminen erityisesti teollisuuden eri aloilla on usein hyödyllistä ja kannattavaa. (Energiatehokkuussopimukset 2008–2016.)

2.4 Energiatuki

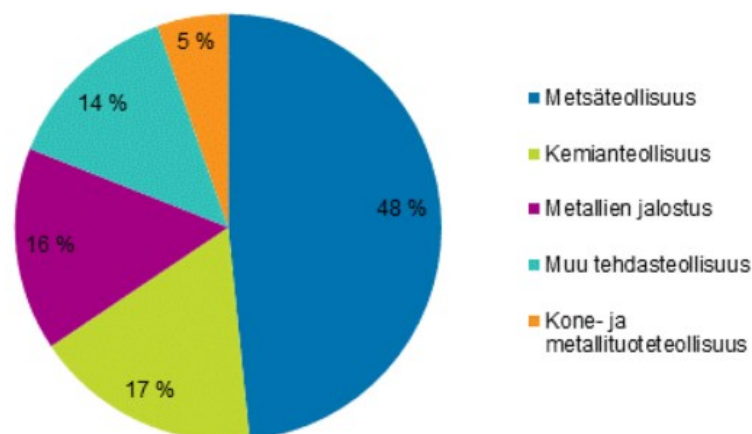
Energiatukea on mahdollista saada investointi- ja selvityshankkeisiin, jotka edistävät uusiutuvan energian käyttöä tai tuotantoa, energian tuotannon tai käytön tehostamista tai muulla tavoin energiajärjestelmän muuttumista vähähiiliseksi. Energiatuen pääta-voite on edistää uusien ja innovatiivisten ratkaisujen kehittämistä energiajärjestelmän muuttamiseksi vähähiiliseksi pitkällä aikavälillä. Energiatuen myöntämisessä etusijalla ovat uuden teknologian hankkeet. Tuen myöntäminen on harkinnanvaraista ja sillä on oltava merkittävä vaikutus hankkeen käynnistämiseen. Energiatukea ei myönnetä ennen tukipäätöstä käynnistetyille hankkeille. Energiatukea voivat saada niin suuret, kuin pienetkin teollisuusalan yritykset. Esimerkiksi aurinkosähkö- ja aurinkolämpöhankkeisiin on mahdollista saada tukea 20 %. On olemassa erilaisia rajoituksia, milloin tukea ei ole mahdollista myöntää. (Business Finland [www-sivut](http://www.businessfinland.fi) 2020.)

3 KONEPAJAN ENERGIANKULUTUS

Kuvasta 2 voidaan havaita, että kone- ja metallituoteteollisuuden energiankäyttö esimerkiksi vuosina 2017 ja 2018 on ollut melko vähäinen verrattuna moneen muuhun teollisuuden toimialaan. Kuvassa 3 on puolestaan esitetty sähkön kokonaiskäytön jakautuminen teollisuudessa. Kone- ja metallituoteteollisuuden sähkön kokonaiskäyttö on ollut 5 % koko teollisuuden sähkön kokonaiskäytöstä. Esimerkiksi metsä- ja kemianteollisuuden osuudet ovat huomattavasti suurempia. (Teollisuuden energiankäyttö 2018 2019, 7.) Näin ollen Suomessa kone- ja metallituoteteollisuus on siis melko vähäinen energiankuluttaja verrattuna moneen muuhun teollisuuden toimialaan. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö konepajoilla olisi tärkeä perehtyä energiankäyttöön.



Kuva 2. Teollisuuden energiankäyttö toimialoittain. (Teollisuuden energiankäyttö 2018 2019, 7.)



Kuva 3. Sähkön kokonaiskäyttö teollisuudessa. (Teollisuuden energiankäyttö 2018 2019, 7.)

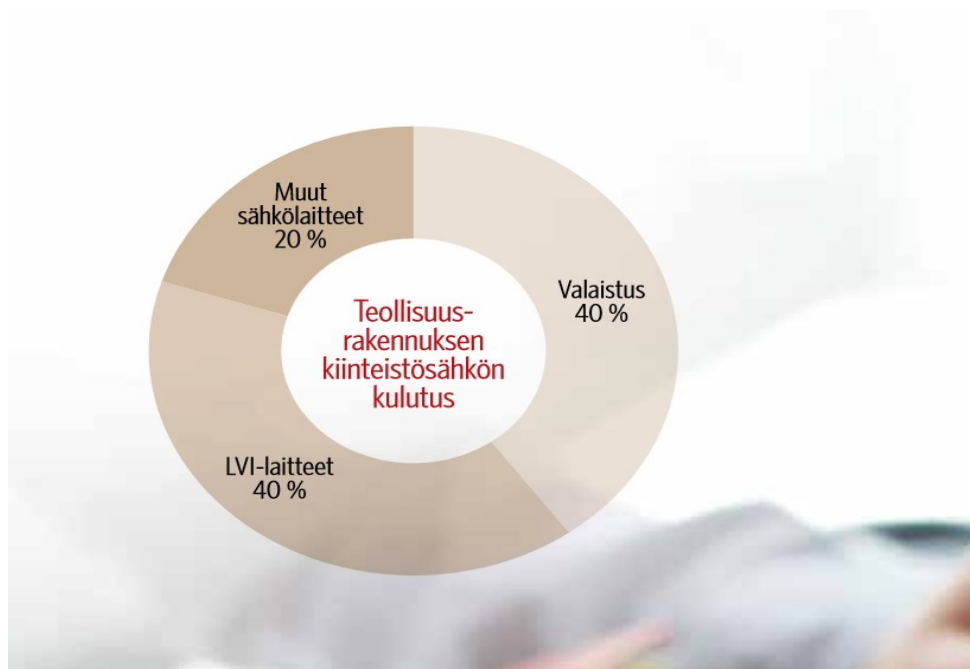
Konepajan energiankulutus riippuu suuresti siitä, minkälainen konepaja on kyseessä ja millaisia prosesseja ja toimintatapoja siellä on. On tärkeää huomioida, että joidenkin konepajojen tuotannon energiankulutus voi olla melko vähäinenkin, mutta itse teollisuuskiinteistön vaatimien olosuhteiden ylläpitämiseen voi kulua huomattava määrä energiaa. Yleensä esimerkiksi konepajateollisuuden tuotanto vaatii paineilmajärjestelmän, kohdeilmastoinnin sekä erilaisia lämmitysjärjestelmiä. Konepajoilla myös lämmönkäytön jakautuminen voi vaihdella paljon. Konepajalla voi olla käytössä monia eri lämpöenergiajakeita, kuten höyryä, kaasua, kaukolämpöä ja sekundäärlämpöä. (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013.)

Yleisesti konepajan energiankulutuksen voidaan ajatella muodostuvan ainakin tilojen ja rakennusten lämmityksestä ja jäähdytyksestä, ilmastoinnista, valaistuksesta, vedenkäytöstä sekä erilaisiin koneisiin ja laitteisiin tarvittavasta sähkö- ja lämpöenergiasta. On hyvin konepajakohtaista, kuinka paljon energiaa kuluu mihinkin osioon. Joissakin konepajoissa saattaa olla paljon vettä kuluttavia prosesseja, kun taas toisissa konepajoissa vettä ei välttämättä kulu prosesseihin juuri lainkaan. Ilmanvaihto on yleensä kaikille konepajoille tyypillinen, mahdollisesti isokin sähköenergian kuluttaja.

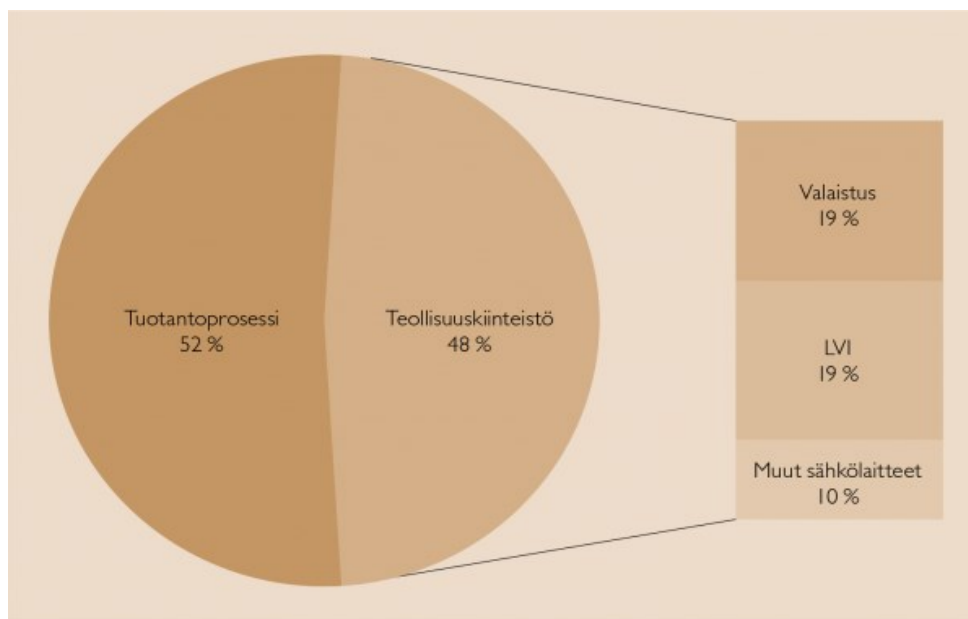
Konepajojen ja muidenkin teollisuuskiinteistöjen energiatehokkuuteen on hyvä kiinnittää huomiota, sillä joillakin teollisuudenaloilla kiinteistösähkön osuus koko

teollisuuskiinteistön sähköenergian kulutuksesta on jopa 70 %. Kiinteistösähkön osuutta ei kannata siis väheksyä, vaikka prosessit yleensä kuluttavatkin ison osan tuotantorakennusten tarvitsemasta sähköstä. (Mattila & Motiva 2012, 3–4.) Konepajojen tuotantotilan sähköenergiankulutus voidaan karkeasti jakaa kiinteistön hallintalaitteiden ja tuotantolaitteiston kulutukseen. Tuotannon sähkönkulutukseen vaikuttaa pitkälti se, minkälaisia tehdaspalvelu- ja apujärjestelmiä konepajalla tarvitaan. (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013.)

Kuvassa 4 on havainnollistettu erään teollisuusrakennuksen kiinteistösähkön jakautumista. Valaistus sekä LVI-laitteet muodostavat molemmat 40 % sekä muut sähkölaitteet viidenneksen kiinteistösähkön kulutuksesta. (Mattila & Motiva 2012, 6.) Näin ollen monesti kannattaa kiinnittää huomiota esimerkiksi teollisuusrakennuksen valaistukseen ja sen energiatehokkuuteen. Kuvassa 5 on puolestaan esitetty, miten koko sähkönkulutus jakautuu eräässä teollisuuskohteessa. Sähköstä 52 % kuluu tuotantoprosessiin ja 48 % kiinteistöön, jonka sähkönkulutus jakautuu taas valaistukseen, LVI-laitteisiin sekä muihin sähkölaitteisiin. (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013.) Näin ollen parempaa energiatehokkuutta tavoiteltaessa on hyvä kiinnittää huomiota niin teollisuusprosesseihin kuin itse teollisuuskiinteistöönkin.



Kuva 4. Esimerkki teollisuusrakennuksen kiinteistösähkön kulutuksesta. (Mattila & Motiva 2012, 6.)



Kuva 5. Esimerkki teollisuuskohteen sähkönkulutusjakaumasta. (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013.)

3.1 Konepaja 1

Konepajalla 1 sähköä ja lämpöä kuluu vuosittain melko saman verran. Sekä sähkön-, että lämmönkulutus on molemmat laskettu kolmen edeltävän vuoden keskiarvona. Sähkön osalta vuosikulutus on noin 689 MWh ja lämmön osalta noin 693 MWh. Suurin sähköenergiankuluttaja konepajalla on mitä todennäköisemmin hitsaus, mutta tarkkaa erottelua käyttötunneista ja virrankulutuksesta ei ole saatavilla. Konepajalla sähköenergiaa kuluu myös esimerkiksi valaistukseen sekä erilaisiin laitteisiin ja koneisiin, kuten kompressoreihin ja myös yksittäisiin sähköllä lämmitettäviin kohteisiin. Lämpöenergiaa puolestaan kuluu isoihin, vanhoihin ja energiatehokkuudeltaan melko huonoihin halleihin. Halleja on yhteensä kolme, joista yksi on asennettu jälkikäteen toisen hallin jatkoksi ja se on kylmä ja eristämätön tila. Halleissa ei ole esimerkiksi lämmöntalteenottojärjestelmää ja ne ovat korkeita, eristyksiltään heikkoja, tiiveydeltään puutteellisia sekä ovia pidetään usein auki. Tuotantohalleissa on molemmissa kolme huipputuuletin ja korvaava ilma tulee ovien alta, rakenteiden välistä ja erilaisista raoista. (Konepaja 1 yhteyshenkilö sähköposti 25.9.2020.)

Konepajan 1 tarkastelukohteenä olevan päätoimipaikan lämmitys tapahtuu kaukolämmöllä. Työnjohtajien tiloissa ja sosiaalityötiloissa on käytössä sähkölämmitys sekä molemmissa on ilmalämpöpumppu. Konttorin tiloissa valaisimet ovat pääosin perinteisiä

loisteputkia ja tuotantotiloissa pääosin teollisuusvalaisimia, joissa on suurpainenatriumlamppu. Konepajalla 1 vettä kuluu kokonaisina toimitettavien säiliöiden vuoto-tarkastuksiin. Säiliöiden koot ovat parhaimmillaan luokkaa 800 m³. Konepajalla on käytössä myös paineilmajärjestelmä, joka kuluttaa sähköenergiaa. Konepajan suurin haaste ja samalla tärkein parannettava asia on riittävä hitsauskäryjen poisto sekä hyvä energiatehokkuus, huomioiden kuitenkin realistinen investoinnin suuruus. (Konepaja 1 yhteyshenkilö sähköposti 25.9.2020.)

Konepajalla 1 hitsataan austeniittisia teräksiä, joiden hitsauskäryissä esiintyy kromia, joka puolestaan on terveystarve henkilöstölle (Konepaja 1 yhteyshenkilö sähköposti 25.9.2020). Kolmiarvoisia ja kuusiarvoisia kromiyhdisteitä muodostuu, kun hitsataan kromiseosteisia teräksiä. Kuusiarvoiset kromiyhdistelmät ovat haitallisempia kuin kolmiarvoiset kromiyhdistelmät. Kromiyhdisteitä sisältävät käryt voivat aiheuttaa esimerkiksi limakalvojen ärsytystä ja metallikuumetta. Ne voivat aiheuttaa myös erilaisia hengitystieoireita ja vaikuttaa keuhkoihin. Kromi saattaa aiheuttaa jopa keuhkosyöpää, sillä sitä pidetään karsinogeenisenä aineena. (Tuupanen n.d.)

Hitsatessa syntyvien aineiden laatuun ja määrään vaikuttaa esimerkiksi hitsausmenetelmä, hitsattava materiaali sekä hitsausaika. Hitsaajan altistumisen määrän kannalta merkittävä tekijä on yleensä hänen työtapansa. Hitsauskäryt sisältävät pieniä hiukkasia ja ne kykenevät tunkeutumaan syväälle keuhkoihin. Hitsauksessa syntyy myös esimerkiksi typen oksideja ja otsonia, jotka molemmat ovat terveydelle haitallisia hitsauskaasuja. Hitsauskaasut pyritään poistamaan yleensä kohdepoistolla ja tehokkaalla yleisilmastoinnilla. Kohdepoisto on hyvä asettaa lähelle hitsauskohtaa, jotta siitä saadaan mahdollisimman suuri hyöty. (Malliratkaisu Hitsaussuojaimet n.d.) Konepajalla 1 olisi ensiarvoisen tärkeää saada poistettua tehokkaasti syntyvät hitsauskäryt.

3.2 Konepaja 2

Konepajalla 2 energiaa kuluu kahteen tuotantohalliin noin 400 MWh vuodessa. Halkeissa lämpötila on noin 22 astetta. Konepajalla suurimpia yksittäisiä energiankuluttajia ovat kompressorit, joita on kaksi kappaletta sekä särmäyspuristin. Kompressorit ovat teholtaan 22 kW ja särmäyspuristin 72 kW. Konepajalla on koneellinen

ilmanvaihto ja ilmanvaihtokoneissa on lämmöntalteenottojärjestelmä. Tuotannossa on käytössä öljylämmitys, toimistoissa sähköpatterit ja ilmalämpöpumput. Tuotannon lisäksi konepajalle on tulossa uusi maalaamo, jossa tulee olemaan käytössä myös öljylämmitys. Öljyn kulutus on keskimäärin 22 000 litraa vuodessa. Tuotantotiloissa paineilmajärjestelmän linjapaine on 6 baaria, eikä järjestelmässä ole havaittu mitään suurempia vuotoja. (Konepaja 2 yhteyshenkilö henkilökohtainen tiedonanto 3.12.2020; Konepaja 2 yhteyshenkilö sähköposti 18.11.2020.)

Tuotantoon on vaihdettu viime kesänä led-valaistus, mutta valaistuksessa ei ole älykäästä ohjausta. Tuotantohalleissa työskennellään yhdessä vuorossa päivisin ja hallit ovat käytössä kokonaan, joten älykkäällä ohjauksella ei olisi merkittäviä vaikutuksia energiansäästöön. Konepajalla on käytössä jonkin verran käryimureita kohdepoistoon. Lämmitysjärjestelmässä ei ole jäähdytystä, joten halli lämpiää kesäisin melko paljon. Myös melko suuret nosto-ovet aiheuttavat lämmön karkaamista ja lisäävät näin ollen öljynkulutusta. Vettä konepajalla kuluu lähinnä vain käyttövetenä. Konepajaa kiinnostaa esimerkiksi vaihtoehtoiset lämmitysmuodot, sillä öljylämmityksestä luopuminen saattaa olla lähiaikoina edessä kaavailtujen lakimuutosten vuoksi. (Konepaja 2 yhteyshenkilö henkilökohtainen tiedonanto 3.12.2020; Konepaja 2 yhteyshenkilö sähköposti 18.11.2020.)

3.3 Konepaja 3

Konepajalla 3 energiaa kuluu lämmitykseen 493 MWh vuodessa. Sähköä kuluu 689 MWh vuodessa muun muassa erilaisten koneiden ja laitteiden käyttöön, ilmanvaihtoon ja valaistukseen. Konepajan 3 suurimmat energiankuluttajat ovat erilaiset työstökoneet, ilmanvaihto sekä kiinteistöjen lämmitys. Konepajan laitekanta on melko uudehko ja monet isot laitteet ovatkin 2010-luvulta. Konepajan vanhin halli on rakennettu 2000-luvun alussa ja uudemmat hallit puolestaan 2010-luvun puolella. Konepajalla on koneellinen ilmanvaihto ja lämmöntalteenotto sekä toimistotiloissa, että uudemmissa halleissa. Pyörivien talteenottockennojen hyötysuhde on noin 70 %. Paineilmajärjestelmässä ei ole havaittu merkittäviä vuotoja ja järjestelmän paine on noin 6 baaria. (Konepaja 3 yhteyshenkilö henkilökohtainen tiedonanto 23.2.2021; Konepaja 3 yhteyshenkilö sähköposti 17.2.2021.)

Konepajalla on käytössä kaukolämmitys, johon on liitytty 2010-luvun alkupuolella. Ennen kaukolämmitystä konepajalla oli käytössä oma öljykattila. Konepajan sisälämpötila on noin 20 astetta. Konepajalla työskennellään pääosin arkisin kello 7–16 välisenä aikana, joskus viikonloppuisin saattaa olla satunnaista toimintaa. Konepajalla vähennetään käyttölämpötilaa parilla asteella työajan ulkopuolella. Konepajan tuotantotiloissa on led-valaistus, sosiaalituloissa liiketunnistinvalaisimet sekä konepajan ulko- ja kulkuvalaistuksessa on käytössä kello- ja hämäräkytkinohjaus. Konepajaa 3 kiinnostaa energian kulutuksen pienentäminen sekä hyötysuhteen parantaminen. (Konepaja 3 yhteyshenkilö henkilökohtainen tiedonanto 23.2.2021; Konepaja 3 yhteyshenkilö sähköposti 17.2.2021.) Konepajalla 3 on kuitenkin tehty jo paljon energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä.

4 KONEPAJAN ENERGIATEHOKKUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

4.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdolla tarkoitetaan yksinkertaisesti sitä, että tilaan tuodaan ja sieltä poistetaan ilmaa. Teollisuusilmastoinnissa ilmanvaihdon tarve määräytyy yleensä prosessin mukaan. (Työterveyslaitoksen www-sivut 2020.) Toimiva ja riittävän hyvä ilmanvaihto on perusta tehokkaalle energiankäytölle ja esimerkiksi konepajateollisuudessa sen tärkeys korostuu vahvasti. Monet konepajat ovat haastavia työskentelypaikkoja ja niissä on yleensä paljon sellaista toimintaa ja työskentelyä, joka vaatii tehostettua ilmanvaihtoa. Mikäli ilmanvaihto ei toimi kunnolla, työntekijät altistuvat tuotannossa syntyville epäpuhtauksille. (Energiatehokas ilmanvaihto tuo teollisuudelle säästöjä ja työviihtyvyyttä 2016.)

Teollisuusrakennuksissa ilmanvaihto on yleensä iso energiankuluttaja. Teollisuuskiinteistöjen lämmönkäytöstä jopa 31 % kuluu ilmanvaihtoon. Positiivinen asia kuitenkin on, että konepajateollisuudessa ilmanvaihdon energiakäyttöä pystytään yleensä aina tehostamaan. Konepajan ilmanvaihdon energiatehokkuuteen vaikuttaa esimerkiksi ilmapirta, tuloilman lämpötila, puhaltimen käyntiaika ja säätötapa sekä lämmöntalteenotto ja sen tehokkuus. Hyvä ja tehokas ilmanvaihto on kustannustehokas, tarkoituksenmukaisesti toimiva, turvallinen, energiatehokas, työhyvinvointia edistävä ja lisäksi älykkäästi ohjattava. (Energiatehokas ilmanvaihto teollisuudessa n.d.)

Konepajateollisuudessa ilmanvaihdon tehokkuuteen tulisi kiinnittää erityistä huomiota, sillä se vaikuttaa oleellisesti työympäristön viihtyvyyteen ja terveellisyteen. Tehokas ilmanvaihto on oleellinen tekijä monissa konepajoissa ja sen toimivuuteen kannattaa panostaa. Myös työturvallisuuslaissa mainitaan työolosuhteista ja ilman epäpuhtauksista. Työturvallisuuslain mukaan työpaikalla työntekijää vahingoittavissa tai häiritsevissä määrin esiintyvien epäpuhtauksien leviäminen on mahdollisuuksien mukaan estettävä. Ilman epäpuhtaudet on riittävässä määrin koottava sekä poistettava tarkoituksenmukaisen ilmanvaihdon avulla. Tällaisia epäpuhtauksia ovat esimerkiksi pöly, höyry, savu ja erilaiset kaasut. (Työturvallisuuslaki 738/2002, 37 §.)

4.2 Paineilmajärjestelmä

Paineilmajärjestelmä on tyypillinen sivuprosessi esimerkiksi tuotannossa ja se jää helposti pääprosessin varjoon. Tuotantoprosessin paineilmajärjestelmä voi kuitenkin muodostaa jopa kolmasosan yrityksen energiakuluista. Paineilmavuodot voivat olla niin pieniä, että niitä ei huomata normaalitarkastuksien yhteydessä. Pienetkin paineilmavuodot kuitenkin pienentävät järjestelmän tehokkuutta ja ne voivat viedä järjestelmän tehosta jopa viidenneksen. Tuotantotiloissa on monesti kymmeniä vuotoja ja niiden yhteenlaskettu vuosikustannus voi nousta jopa tuhansiin euroihin. Paineilmajärjestelmän energiatehokkuuteen vaikuttaa esimerkiksi verkoston painetaso ja jo aiemmin mainitut paineilmavuodot. Paineilmajärjestelmän sähkönkulutusta on mahdollista vähentää esimerkiksi paineen alentamisella, vuotojen korjauksella sekä kompressorin säädöillä. Kuvassa 6 on esitetty suuntaa antava arvio paineilmajärjestelmän vuotoreikien koon vaikutuksesta vuotomääriin ja kustannuksiin. Paineilmajärjestelmä saattaa sisältää paljonkin vuotoreikiä ja kuvasta voi huomata, että jo melko pienienkin reikien korjaaminen saattaa tuottaa huomattavia säästöjä vuodessa. (Öster & Motiva 2012.)

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

Kuva 6. Paineilmajärjestelmän vuotoreiän koon vaikutus vuotomäärään ja kustannuksiin. (Öster & Motiva 2012.)

4.3 Lämmitys

Energiatehokkaalla lämmittämisellä on merkittävä vaikutus esimerkiksi kansantalouteen, sillä rakennusten lämmitykseen kuluva energia on noin kolmannes Suomen primäärienergian käytöstä. Lämmityksessä kannattaa muistaa, että esimerkiksi lämmityslaitteiden on toimittava hyvällä hyötysuhteella kaikissa tilanteissa. On myös huomiotava, että lämmönkehityslaitteistot ja lämminvesivaraajat sekä lämmitysverkoston putket, venttiilit ja pumput on lämmöneristettävä siten, että hallitsematonta lämmönluovutusta ei pääse tapahtumaan. (Rakennustietosäätiö RTS 2007, 3.)

Konepajateollisuudessa lämpöenergiaa kuluu esimerkiksi tilojen lämmitykseen sekä prosesseihin. Kiinteistöissä ja prosesseissa käytettävä lämpö voidaan joko ostaa tai tuottaa itse. Oman lämmöntuotannon kokonaiskustannuksiin vaikuttavat merkittävästi polttoaineet sekä tuotantotapa. Lämmönsiirrossa puolestaan pumput ovat merkittävässä asemassa, ja pumpun hankinnassa tulee ottaa huomioon koko pumppausjärjestelmä. Sen tulee putkistoineen ja säätölaitteineen olla energiatehokas, jotta pumpun valinnalla olisi merkitystä kokonaisuuden kannalta. (Mattila & Motiva 2012, 10–11.) Konepajan toimisto- ja tuotantotilojen lämmitykseen käytettävään energiamäärään vaikuttavat esimerkiksi lämmitettävän pinta-alan suuruus, rakennuksen eristystaso, käytössä oleva lämmitysjärjestelmä ja sen hyötysuhde, ulkoilman lämpötila sekä toimisto- ja tuotantotiloissa käytettävistä sähkölaitteista saatava lämpö. (Ympäristö-osaava www-sivut 2021).

4.3.1 Kaukolämpö

Teollisuudessa yleisesti käytetty lämmitysmuoto on kaukolämpö. Se on tehokas ja edullinen tapa lämmittää tiloja ja käyttövettä sekä se sopii hyvin erilaisiin teollisuusprosesseihin. Kaukolämmitys on yleensä hyvä lämmitysmuoto myös siksi, että se on helppo yhdistää muiden lämmöntuotantotapojen kanssa hybridilämmitykseksi. Tällöin lämmöntuotannossa voidaan hyödyntää esimerkiksi aurinkolämpöä. Kiinteistön lämmityksessä on mahdollista käyttää myös prosessin tuottamaa hukkalämpöä. Höyryä puolestaan käytetään monesti prosessitarpeisiin. Teollisuusrakennuksen päälämmönlähteenä ei yleensä ole taloudellisesti kannattavaa käyttää esimerkiksi sähkölämmitystä. (Mattila & Motiva 2012, 10; Rakennustietosäätiö RTS 2007, 8.)

Kaukolämmön etuina ovat ehdottomasti sen toimitusvarmuus sekä energiatehokkuus. Kaukolämpö on myös melko helppo, vaivaton ja huoltovapaa lämmitysmuoto. Mikäli kaukolämmön kanssa ilmenee ongelmia, apua on saatavana ammattilaisilta järjestelmän säätämiseen sekä korjaamiseen. Kaukolämmön jakelun keskeytykset ovat harvinaisia ja kaukolämmön toimintavarmuus Suomessa onkin melkein 100 %. Kaukolämmön hinnoittelu on myös selkeää ja mahdolliset hinnannuutokset ovat ennakoitavissa. Kaukolämmön aiheuttamat ympäristövaikutukset pienenevät, mikäli kaukolämpölaitoksessa käytetään polttoaineena uusiutuvaa energiaa. Näin ollen sitä pidetään myös suhteellisen ympäristöystävällisenä lämmitysmuotona. Kaukolämpöön voi liittyä, mikäli lähistöllä on kaukolämpöverkko tai sellainen on suunnitteilla. Kaukolämmön hinta muodostuu yleensä energiamaksusta, tehomaksusta ja kertaluontoisesta liittymismaksusta. (Lämpöhuollon www-sivut 2021a.)

Kaukolämpölaitteiston tekninen käyttöikä on useimmiten noin 20–25 vuotta. Laitteiston ja sen osien huolto tai vaihtaminen voi kuitenkin olla ajankohtaista jo ennen teknisen käyttöiän täyttymistä, joten niiden kunto on hyvä tarkistaa säännöllisesti, esimerkiksi vuosittain. Kaukolämpölaitteiston huoltotyöt on jätettävä ammattilaisen hoitettavaksi, jotta työ tehdään turvallisesti ja laitteisto toimii moitteettomasti. Kaukolämpölaitteiston teknisen käyttöiän aikana laitteisto kuluu sekä lämmönjohtokyky karsii. Myöskään epäpuhtauksilla pinttynyt laitteisto ei hyödynnä lämpöä riittävän hyvin. Lämmityskustannuksissa voidaan säästää sillä, että kaukolämpölaitteisto sekä sen säädöt ovat kunnossa. Kaukolämmön optimaalisessa käytössä kaukolämpöveden jäähtymä on mahdollisimman suuri. Jäähtymä tarkoittaa kaukolämpöverkosta kiinteistöön tulevan sekä sieltä kaukolämpöverkkoon palaavan veden lämpötilaeroa. Kaukolämpöveden jäähtymän lasku onkin yleensä merkki jostakin laitteiston viasta. Kaukolämpölaitteisto voi hajota monella tapaa ja vikojen havaitseminen voi olla vaikeaa. Näin ollen kaukolämpölaitteistoa on hyvä valvoa säännöllisesti, jotta mahdolliset viat havaitaan ja niihin voidaan reagoida tarpeeksi ajoissa. (Lämpöhuollon www-sivut 2021a; Lämpöhuollon www-sivut 2021b.)

4.3.2 Maalämpö

Maalämpö ottaa lämpöenergiansa kalliosta, maasta tai vedestä. Käytännössä kuitenkin reilut 95 % maalämpöpumpuista ottaa energiansa kallioon poratusta ja noin 100–400

metrin syvyydestä kaivosta. Yleensä jos lämmitysjärjestelmää ollaan uusimassa, saattaa maalämpöön investointi olla hyvä ratkaisu. Monissa 1950–1990-luvuilla rakennetuissa kiinteistöissä on edessä lämmitysjärjestelmän päivitys. Tällaisissa kiinteistöissä maalämmön avulla on mahdollista saavuttaa jopa 60–80 %:n kustannussäästöt. Maalämmön käyttämisellä on kuitenkin tietyt rajoitukset. Kiinteistön tulisi olla riittävän kokoinen maalämpöä varten, jotta se olisi kustannustehokas lämmitysmuoto. Kiinteistön lämmönjakotavan on oltava vesikiertoinen patteri- tai lattialämmitys. Vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä on myös mahdollista rakentaa kohteeseen. (Valitse oikein: Maalämpö- vai ilma-vesilämpöpumppu n.d, 2.) Maalämpöjärjestelmä on myös mahdollista liittää lämmönvaihtimella ilmakiertoiseen lattialämmitykseen tai ilmalämmityskanavistoon (Urakkamaailman www-sivut 2021).

Maalämmön valitseminen lämmitysmuodoksi on mahdollista, mikäli kiinteistö sijaitsee alueella, jossa on mahdollista tehdä porauksia. Kiinteistölle voidaan porata useampia lämpökaivoja, mikäli energiantarve on suuri. Kiinteistön sijaitseminen pohjavesialueella saattaa kuitenkin joskus estää maalämmön hyödyntämisen. Maalämpöön siirryttäessä myös kallion tulisi olla kohtuullisen etäisyyden päässä maanpinnasta. Mitä kauempana kallio sijaitsee maanpinnasta, sitä kalliimpaa lämpökaivon poraaminen on. Mikäli alueella on myös esimerkiksi paljon maapeitteitä, ne voivat hankaloittaa poraamista. Pehmeään maahan joudutaan tällöin asentamaan suojaputkitus, mikä nostaa kustannuksia. Maalämpöön siirryttäessä on myös haettava kiinteistökohtaista toimenpidelupaa. Oikein asennetun, optimoidun ja huolletun maalämpöjärjestelmän käyttöikä on yleensä noin 20–30 vuotta. Pumpun kompressorin käyttöikä puolestaan on yleensä noin 10–15 vuotta ja sen vaihtaminen lisää kustannuksia. Usein kompressori joudutaan vaihtamaan vain kerran laitteen elinkaaren aikana. (Urakkamaailman www-sivut 2021; Valitse oikein: Maalämpö- vai ilma-vesilämpöpumppu n.d, 2 & 4.)

4.3.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpun kysyntä kasvaa kovaa vauhtia. Yksi syy kasvavaan suosioon on laitteen ekologisuus. Ilma-vesilämpöpumppulämmityksessä tarvitaan ainoastaan auringon lämmittämää puhdasta ilmaa, vettä sekä nykyaikaista tekniikkaa. Ilma-vesilämpöpumpun suosioon vaikuttavat myös alan teknologian kehittyminen, laitteen

tuotekehitys, investoinnin houkuttelevuus sekä suuri energiansäästöpotentiaali. Ilma-vesilämpöpumpun avulla voidaan säästää energiakustannuksissa jopa 50 %. Ilma-vesilämpöpumppu on monikäyttöinen ja se sopii hyvin esimerkiksi öljylämmityksen rinnalle tai tilalle. Laite sopii niin erilaisiin asuinrakennuksiin, kuin teollisuushalleihin. (Valitse oikein: Maalämpö- vai ilma-vesilämpöpumppu n.d, 5.) Ilma-vesilämpöpumpuissa kannattaa kuitenkin huomioida, että pumpun lämpökerroin ja antoteho heikkenevät huomattavasti kovimmilla pakkasilla. Monet ilma-vesilämpöpumput sammuttavat itsensä automaattisesti noin -20 – -30 asteessa riippuen laitteesta. (Motivan www-sivut 2020b.)

4.3.4 Ilma-vesilämpöpumppu vs. maalämpö

Molemmat lämmitysmuodot ovat melko huolettomia, turvallisia ja luotettavia (Valitse oikein: Maalämpö- vai ilma-vesilämpöpumppu n.d, 6). Sekä ilma-vesilämpöpumpun, että maalämpöpumpun lämpökertoimeen eli hyötysuhteeseen vaikuttaa lämmönjakojärjestelmän lämpötilat. Lämmitysverkkoon menevän menoveden korkea lämpötila heikentää lämpöpumpun hyötysuhdetta. Lattialämmityksen avulla saadaankin paras lämpökerroin, sillä menoveden lämpötila on yleensä matala. Patterilämmityksessä puolestaan saadaan yleensä huonoin lämpökerroin, sillä menoveden lämpötila on korkea. (Motivan www-sivut 2020b.)

Ilma-vesilämpöpumpun etu maalämpöön on se, että laite ottaa energian ympäröivästä ilmasta ja näin ollen ei tarvita porakaivoa ja keruuputkistoa. Ilma-vesilämpöpumppu sopii siis yleensä samoihin kohteisiin kuin maalämpökin, mutta lisäksi sellaisiin kohteisiin, joihin ei pystytä poraamaan kaivoa. Maalämpöpumpun sekä ilma-vesilämpöpumpun voi asentaa päälämmönlähteeksi tai lisälämmönlähteeksi. Ilma-vesilämpöpumppu on investointina maalämpöä pienempi ja se ei vaadi niin suuria toimenpiteitä, kuin maalämmön käyttöönotto. Maalämpöpumppu on kuitenkin yleensä edullisempi hankinta pitkällä tähtäimellä. Mitä suurempi kohde, sitä nopeammin ja isommalla hyötysuhteella hankinta muuttuu kannattavaksi. Molempien järjestelmien kannattavuus riippuu myös esimerkiksi kiinteistön energiatehokkuudesta, koosta sekä lämmönjakoverkon kunnosta. Ilma-vesilämpöpumpun käytössä tulee ottaa huomioon, että sen hyötysuhde ja lämmitysteho laskevat ulkolämpötilan laskiessa. Näin ollen sen tueksi

tarvitaan vaihtoehtoinen lämmitysjärjestelmä. (Valitse oikein: Maalämpö- vai ilma-vesilämpöpumppu n.d, 5–8.)

4.3.5 Öljylämmitys

Öljylämmitysjärjestelmä on energiatehokas lämmitysjärjestelmä ja sen hyötysuhde on yleensä jopa noin 95 %. Öljylämmitysjärjestelmä tarvitsee kuitenkin säännöllistä huoltoa, jotta se toimisi taloudellisesti ja luotettavasti. Puhdistetut ja huolletut laitteet takaavat puhtaan palamistuloksen, jolloin saman lämmön tuottamiseen kuluu vähemmän energiaa. Savuhormi tulisi nuohota ja öljykattila puhdistaa vuosittain. Öljypoltin puolestaan tulisi huoltaa joko 5000 öljylitran kulutuksen jälkeen tai 2 vuoden välein. Myös öljysäiliö tulisi puhdistaa aina välillä, sillä sinne kertyy ajan myötä erilaisia epäpuhtauksia. (Lämmitysenergia Yhdistys ry:n www-sivut 2020.)

Öljykattilan käyttöikä on yleensä noin 25 vuotta. Öljykattilan uusimista kannattaa yleensä harkita, kun sen ikä ylittää 20 vuoden rajan. Öljypolttimen käyttöikä on yleensä noin 12–15 vuotta ja uuden polttimen vaihtoa kannattaa harkita, kun sen ikä ylittää 10 vuoden rajan. Vanhan öljykattilan ja -polttimen uusimisella järjestelmän hyötysuhde ja toimintavarmuus paranevat. Öljykattilan uusimisella investointi on suurempi kuin pelkän öljypolttimen uusimisella. (Motivan www-sivut 2020c.)

Kesäisin öljylämmityksen hyötysuhde verrattuna muihin lämmitysmuotoihin on melko huono, mutta öljylämmitys on kuitenkin suhteellisen hyvä ja energiatehokas lämmitystapa talven lämmityshuippuina. Vuotuisen öljynkulutuksen ollessa suuri on esimerkiksi ilma-vesilämpöpumppu yleensä varteenotettava vaihtoehto öljylämmityksen rinnalle. Se on helppo säätää siirtymään automaattisesti öljylle ulkolämpötilan las-
kiessa esimerkiksi alle -18 asteen. (Ekolämmöx Oy www-sivut 2020.)

4.3.6 Rakenteet

Vanhojen rakennusten ulkovaipan kautta tapahtuva lämmönhukka on huomattavasti suurempi kuin nykypäivän rakennusten. Vanhojen rakennusten korjaaminen pelkästään energiansäästön vuoksi ei kuitenkaan usein ole kannattavaa. Monesti suurin hyöty saadaan, kun lämmöneristävyiden merkittävät parannukset tehdään jonkin muun

korjauksen yhteydessä. Ulkoseinillä on merkittävä osuus rakennuksen lämpöhäviöistä, sillä ne muodostavat rakennuksen vaipasta suurimman osan ja esimerkiksi vanhoissa rakennuksissa niiden lämmöneristävyys on melko huono. (Hekkanen, Hemmilä, Holopainen & Norvasuo 2007, 21.) Myös katon kautta karkaa yleensä paljon lämpöä ja monissa vanhoissa teollisuushalleissa kattojen eristysarvot ovat huonoja. Myös erilaiset kosteus- ja rakenneauriot eristyksissä lisäävät lämmönkarkaamista. (Heikkinen, Järvenpää, Keinänen-Toivola & Lähde 2020a.)

Rakennuksen ulkovaipan hyvä ilmapitävyys on tärkeä osa rakennuksen energiatehokkuutta ja sen parantaminen vähentää yleensä hallitsematonta sekä energiankulutusta lisäävää vuotoilmanvaihtoa. Rakennusosien liitoskohdat, elementtisaumat, hormit, erilaiset läpiviennit, tiivisteiden puutteet sekä ikkunoiden ja ovien liitokset ovat tyypillisiä ilmapuottoa aiheuttavia kohtia. Ilmapuodoilla on suuri vaikutus myös ilmanvaihdon oikeaan toimintaan sekä lämmöntalteenoton tehokkuuteen. Korkeissa teollisuusrakennuksissa sisä- ja ulkolämpötilaerosta aiheutuva terminen paine-ero aiheuttaa sisäilman virtaamisen ulos erityisesti rakennuksen yläosasta ja puolestaan ulkoilman virtaamisen sisään rakennuksen alaosaan. (Heikkinen, Järvenpää, Keinänen-Toivola & Lähde 2020b; Hekkanen ym. 2007, 31.)

4.4 Valaistus

Konepajan teollisuus- ja tuotantotilojen valaistus voi vaikuttaa niin tuottavuuteen, työhyvinvointiin, kuin työturvallisuuteenkin. Tämän vuoksi on hyvä kiinnittää huomiota kunnolliseen ja toimivaan valaistukseen. Monet konepajat voivat kuitenkin olla valaistuksen kannalta haasteellisia ympäristöjä ja oikeanlaisten valaisimien valintaan ja sijoitteluun kannattaa perehtyä kunnolla. Nykyään valaistuksessa keskitytään sen toimivuuden ja sopivuuden lisäksi myös esimerkiksi sen taloudellisuuteen ja ympäristöystävällisyyteen. Energiatehokas valaistus on mahdollista saada parantamalla valaisimien rakennetta, mutta ensisijaisesti energiatehokkuutta kannattaa lähteä parantamaan yksinkertaisemmilla ratkaisuilla. On tärkeää, että oikeat valaisimet sijoitetaan oikeisiin paikkoihin ja mahdollisuuksien mukaan vielä oikealla tavalla ohjattuina. (Mononen 2020.)

On hyvä huomioida, että kaikki valaisintyypit eivät välttämättä sovi kaikkiin teollisuusympäristöihin. Esimerkiksi joillakin konepajoilla esiintyy korkeita lämpötiloja ja pölyisyyttä, joten tämäntyyppisiin tiloihin on monesti asennettava erikoisvalaisimia. Tällaisissa ympäristöissä lämpö ja likaantuminen saattavat vaikuttaa valaisimien toimivuuteen, mikä kannattaa ottaa huomioon. Teollisuusvalaistuksessa tulee käyttää mahdollisimman tehokkaita ja vaikeissakin olosuhteissa toimivia valaisimia. Tärkeintä on saada tarpeeksi valoa sinne, missä sitä tarvitaan. Vaikka monissa konepajoissa on hyvä kiinnittää huomiota valaistuksen energiatehokkuuteen, niin on kuitenkin muistettava myös turvallisuusasiat. Teollisuusympäristöissä joitakin tiloja ei välttämättä voida pitää kokonaan pimeinä, mutta esimerkiksi joidenkin tilojen valotehoja voidaan usein vähentää ainakin jonkin verran. (Mononen 2020.)

5 YHTEISET ENERGIATEHOKKUUSTOIMET

Konepajateollisuudessa esimerkiksi tuotantotilojen energiansäästöissä kannattavimmat tehokkuustoimet liittyvät yleensä kiinteistötekniikan ohjaustapojen muutoksiin ja yleisiin käyttötottumuksiin. Suurimmat säästöpotentiaalit löytyvät yleensä lämmöntalteenottomahdollisuuksista, valaistuksesta sekä ilmanvaihdon ohjauksesta. Energiatehokkuuden tehostamispotentiaali riippuu itse toiminnasta, mutta teollisuuskiinteistöissä lämpöä voidaan usein säästää noin 20–30 %. Konepajateollisuudessa on hyvä muistaa, että esimerkiksi kiinteistöjen lämmitys voidaan joissakin tilanteissa hoitaa melkein kokonaan valmistusprosessien ylijäämälämmöllä. (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013.) Kaikilla konepajateollisuuden tuotantotiloilla on oma lämmön- ja sähköenergiankulutusprofiilinsa. Jotta energiatehokkuustoimet kohdistuisivat kaikista oleellisimpiin kohteisiin, on tärkeä tuntea tarkasteltavan kohteen profiili mahdollisimman hyvin. (Mattila & Motiva 2012, 4.)

5.1 Henkilöstön koulutus ja tyhjäkäyntikävelyt

Monesti ei ajatella, että esimerkiksi konepajan henkilöstöllä on merkittävä rooli energiatehokkuudessa ja sen parantamisessa. Energiankulutukseen voidaan vaikuttaa jo pelkillä laitteiden ja koneiden oikeanlaisella käytöllä sekä oikeanlaisilla toimintatavoilla. Henkilöstö voi itse vaikuttaa energiatehokkuuteen esimerkiksi ilmoittamalla epäkunnossa olevista laitteista ja koneista tai vaikka tuomalla omia ideoitaan esille energiatehokkuuden parantamiseen liittyen. Henkilöstöä voi motivoida energiatehokkuustoimiin esimerkiksi erilaisten koulutusten, perehdytysten, tiedotusten sekä kannustuksen avulla. Varsinkin hieman suuremmilla konepajoilla olisi hyvä olla joku vastuhenkilö, joka seuraa energiankulutusta sekä on kiinnostunut löytämään erilaisia keinoja energiatehokkuuden parantamiseksi. Myös konepajan johdolla on tärkeä rooli energiatehokkuuden kehittämisen kannalta. Konepajan henkilöstö sekä muut sidosryhmät on helpompi saada mukaan, kun johto on myös sitoutunut. Energiatehokkuuden parantamisessa parhaisiin tuloksiin päästään yleensä jatkuvalla parantamisella sekä kokonaisvaltaisella johtamisella. Konepajojen tulisi siis ottaa energiatehokkuus huomioon niin toimintatavoissa, hankinnoissa, kuin investoinneissakin. (Heikkinen, Järvenpää, Keinänen-Toivola & Lähde 2020c.)

Konepajoilla voi olla järkevää järjestää myös niin sanottuja tyhjäkäyntikävelyjä, jolloin tuotannon hiljaisena aikana työajan ulkopuolella kierretään tuotantotilat. Tarkoituksena on löytää turhaan energiaa kuluttavia kohteita. Ryhmän voi muodostaa esimerkiksi konepajan johdosta sekä tuotannon ja huollon henkilöstöstä. Ryhmä kiertää esimerkiksi tuotantohallit kerran vuodessa ja huoltohenkilöstö voi suorittaa tarkastuksia useamminkin. Konepajoilla kannattaa havainnoida esimerkiksi, onko koneita tai laitteita turhaan päällä, onko ilmanvaihto pienemmällä, kuin työaikana, vuotaako jotkin hanat tai venttiilit ja onko aukinaisia ikkunoita tai selviä aukkoja rakenteissa. Hiljaisessa tilassa on helpompi havainnoida asioita, kuten esimerkiksi paineilmajärjestelmän suhisevia vuotoja. Tyhjäkäyntikävely on käytännössä ilmainen energiatehokkuustoimi ja sen avulla voidaan huomata monia epäkohtia ja energiansäästökohteita. (Heikkinen, Järvenpää, Keinänen-Toivola & Lähde 2020d.)

5.2 Veden kulutus

Monissa konepajoissa veden kulutus ei välttämättä ole oleellinen osa prosessia, jolloin se jää helposti huomioimatta energiatehokkuustoimissa. Mikäli veden lämmittämistä ei erikseen mitata, saattaa se piiloutua tilojen lämmityslaskun joukkoon. Lämpimän veden käyttö voi kuitenkin olla suhteellisen iso energiankuluttaja, mikäli siihen ei kiinnitetä huomiota. Konepajoilla kannattaa siis kiinnittää huomiota veden kulutukseen ja käyttötottumuksiin. Mikäli konepajalla esimerkiksi puhdistetaan joitakin tiloja tai piha-alueita, kannattaa puhdistaminen ja lian poistaminen suorittaa esimerkiksi harjalla ja käyttää vettä vain välttämättömään huuhteluun. Tällä tavoin vettä voidaan säästää yllättävänkin suuria määriä. Konepajalla olevat vesikalusteet kannattaa myös tarkistaa säännöllisesti. Esimerkiksi WC-istuimissa voi olla vuotoja ja jo pienikin jatkuva vuoto voi maksaa suuria määriä vuodessa. Veden piilokuluttajat on mahdollista selvittää esimerkiksi automaatioon kytkettyjen vesimittareiden avulla, jolloin yöaikaista kulutusta on helppo seurata. (Heikkinen, Järvenpää, Keinänen-Toivola & Lähde 2020e.)

5.3 Ilmanvaihto

Teollisuudessa on hyvä muistaa, että ilmanvaihdon toimivuus edellyttää laitteiden oikeanlaista käyttöä, säännöllistä huoltoa ja ilmanvaihdon säätämistä erilaisiin tilanteisiin ja tarpeisiin sopivaksi. Konepajoilla ei siis riitä pelkästään se, että siellä on jonkinlainen ilmanvaihto, vaan sen toimintaa tulee tarkkailla sekä ylläpitää säännöllisesti. Konepajoilla on mahdollista säästää energiaa ja tuotantokustannuksia esimerkiksi minimoimalla epäpuhtauksien syntyminen. Tämä onnistuu monesti esimerkiksi valitsemalla oikeanlaiset työskentelymenetelmät, tukkimalla vuodot sekä poistamalla epäpuhtaudet kohdepoistolla heti niiden syntyessä. Mahdollisuuksien mukaan on myös hyvä ja kannattava valita mahdollisimman niukkapäästöiset koneet ja laitteet. (Työterveyslaitoksen www-sivut 2020.)

Energiatehokkaassa ilmanvaihdossa ilmanvaihtoa ohjataan todellisen tarpeen mukaan. Tarpeetonta ilmanvaihtoa on hyvä välttää, kun tilat eivät ole käytössä. Tällöin on kuitenkin muistettava huolehtia esimerkiksi rakennuksesta itsestään syntyvien epäpuhtauksien poistamisesta. Ilmanvaihto kuluttaa usein paljon sähköä, joten esimerkiksi puhaltimien sähkönkulutukseen on hyvä kiinnittää huomiota tavoiteltaessa energiatehokkaampaa ilmanvaihtoa. Ilmanvaihtojärjestelmän läpi kulkevan ilman lämmittämiseen kuluva energia on mahdollista saada lämpöä talteen lämmöntalteenottojärjestelmän avulla. Palvelusektorin rakennuksissa tämä lämmöntalteenoton avulla saatu hyöty on yleensä noin 50–75 %. Teollisuudessa on usein paljon korkeammat lämpötilat, joten vuosihyötysuhdekin voi olla suurempi. Energiatehokkaassa ilmanvaihdossa ilmavirtojen tulee olla lämpökuormiin ja epäpuhtauksiin nähden riittävät. Niiden tulee vastata todellista tarvetta ja täyttää määräyksissä olevat minimivaatimukset. Ilmanvaihtoon kuuluvia laitteita tulee myös huoltaa ja puhdistaa säännöllisesti, jotta ilmanvaihto toimii oikealla ja halutulla tavalla. (Energiatehokas ilmanvaihto teollisuudessa n.d.)

Energiatehokas ilmanvaihto muodostuu siis monesta eri tekijästä. Ilmataseen tulee olla tasapainossa, esimerkiksi voimakkaasti alipaineiset tuotantotilat aiheuttavat usein ongelmia työskentely- ja tuotanto-olosuhteissa. Eri tilojen väliset suuret paine-erot aiheuttavat helposti likaisen ilman pääsemisen ei-toivotuille alueille. Ilmanvaihdon huolto sekä kunnossapito tulee olla säännöllistä ja likaantumisen tulee olla hallinnassa.

Mikäli suodatin- ja laiteratkaisut ovat vääränlaisia tai puutteellisia, niin ilmanlaatu sekä energiatehokkuus heikkenevät ja huoltokustannukset nousevat. Energiatehokkaaseen ilmanvaihtoon konepajoilla liittyy myös oleellisesti toimivat kohdepoistot. On hyvä kiinnittää huomiota myös konepajan automaatioon sekä IV-tekniikan energiatehokkuuteen. Konepajoilla tuotantoprosessien ja kiinteistön ilmanvaihdon kokonaisuuden hallinnalla on iso merkitys. Puutteellinen hallinta johtaa usein ilmanlaadun vaihteluihin tai ilmanlaadun heikkouteen tietyillä työskentelyalueilla. Ilmanvaihdon energiatehokkuudessa kannattaa kiinnittää huomiota myös henkilöstön kouluttamiseen. (Energiatehokas ilmanvaihto teollisuudessa n.d.)

5.4 Energiatehokas paineilma

Paineilma on melko kallis hyödyke, mutta monille konepajayrityksille välttämätön. Paineilmaa hyödykseen käytävillä konepajoilla on yleensä aina mahdollista pienentää energiankulutusta liittyen paineilmajärjestelmään. Yritysten on mahdollista säästää energiaa helposti jopa yli 30 % optimoimalla paineilmajärjestelmänsä. Joissakin tapauksissa säästöt voivat olla jopa 50 %. Yksi keino lisätä energiatehokkuutta paineilmajärjestelmään liittyen on vähentää paineilma vuotoja ja parantaa paineilman tuoton hyötysuhdetta. Tämä onnistuu yleensä pudottamalla koko järjestelmän painetta. Yleensä kaikissa paineilmaverkostoissa on vuotoja ja niiden kokonaismäärä riippuu verkoston paineesta ja vuotokohtien määrästä. Esimerkiksi 1 baarin alennus 7 baarin paineessa vähentää vuotojen määrää keskimäärin noin 11 %:lla. (Keski-Honkola 2014; Oy Atlas Copco Ab www-sivut 2020.)

Konepajoissa ja muissakin teollisuusyrityksissä on kuitenkin tärkeää muistaa, että paineilmaverkoston paineen tulee riittää tuotannon eri toimintoihin. Jotkin yksittäiset toimilaitteet saattavat tarvita korkeampaa painetasoa kuin muut toimilaitteet. Tällöin kustannustehokkain vaihtoehto on yleensä vaihtaa kyseiset toimilaitteet tai nostaa niiden painetta paikallisesti. Tämän takia koko verkoston painetta ei tarvitse pitää korkeana. (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013.)

Paineilmajärjestelmässä energiankulutusta voidaan vähentää myös minimoimalla tyhjäkäyntiä, painehäviöitä sekä käyttöpaineita. Energiansäästöjä lisää myös puristus-,

kuivaus- ja suodatustekniikan käyttö sekä keskusohjauksen käyttäminen. Paineilman tuottamisessa käytetään sähköenergiaa, joka muutetaan lämpöenergiaksi. Lämmöstä on mahdollista ottaa talteen jopa 90–95 % ja hyödyntää se vaikka tuotantotilojen lämmittämiseen. On hyvä ottaa huomioon, että esimerkiksi paineilmajärjestelmässä paineen pudottaminen toimii yleensä vain ensiapuna vuotoihin. Tärkeintä olisi saada poistettua vuodot niiden ilmaantuessa, mutta vuotojen paikallistaminen esimerkiksi ultraäänianturilla tai kuulomääräisesti on yleensä työläs prosessi ja siihen ei aina ymmärretä ryhtyä tarpeeksi ajoissa. (Keski-Honkola 2014; Oy Atlas Copco Ab [www-sivut 2020](http://www.atlascopco.com).) Paineilmajärjestelmän vuotojen korjaamisella ja verkostopaineen laskemisella on yleensä mahdollista saavuttaa huomattavia säästöjä lähes olemattomalla takaisinmaksuajalla (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013).

5.5 Lämmitys

Teollisuusrakennusten energiatehokkuuteen on mahdollista vaikuttaa monin eri tavoin. Lämmitysenergiaa voidaan säästää erilaisilla toimenpiteillä, eikä lämmitysjärjestelmää ole läheskään aina järkevä lähteä kokonaan uusimaan. Konepajarakennusten energiatehokkuutta voidaan lisätä esimerkiksi lämmitysjärjestelmän säädöillä, ikkunoiden ja ovien tiivistyksillä, lämmöntalteenoton hyödyntämisellä sekä vedenkulutuksen vähentämisellä. Mikäli teollisuuden tiloissa on puutteita ikkunoiden ja ovien tiivistyksissä, energiaa menee turhaan hukkaan. Jos konepajalla on joissakin tiloissa käytössä sähkölämmitys, voidaan sitä täydentämään asentaa esimerkiksi ilmalämpöpumppu. Yleensä ensimmäisenä kannattaa kiinnittää huomiota yrityksen eri tilojen lämpötiloihin. Sisälämpötilan laskeminen on yksinkertainen tapa säästää lämmitykseen kuluva energia sekä lämmityksestä aiheutuvia kuluja. Sisälämpötilan laskeminen jo yhdellä asteella voi vähentää lämmityskustannuksia noin 5 %:lla. (Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa 2018.)

5.5.1 Hukkalämmön hyödyntäminen

Suomen teollisuuden käyttämästä energiasta noin 37 % menee hukkalämmöksi. Ylijäämälämmön hyödyntämisellä on paljon potentiaalia, sen hyötykäyttö voi vähentää teollisuuden energiakustannuksia jopa 200 miljoonalla eurolla vuodessa. Esimerkiksi

konepajojen eri tuotantovaiheissa muodostuu usein paljon lämpöä. Tätä lämpöä on mahdollista ottaa talteen ja hyödyntää, jolloin tuotannon energiankäytön tehokkuutta voidaan parantaa. Talteen otetulla lämmöllä on usein monenlaisia käyttökohteita. Yleensä se hyödynnetään omissa prosesseissa tai sen avulla lämmitetään teollisuusalueen kiinteistöjä. Aina ylijäämälämmön käyttö ei kuitenkaan ole mahdollista omissa prosesseissa. Ylijäämälämpöä voidaan myös myydä esimerkiksi lähialueen kauko- tai aluelämpöverkkoon. Teollisuuden ja kaukolämpöyhtiöiden yhteistyö on Suomessa kuitenkin vielä melko vähäistä. (Kontu 2013.)

5.5.2 Tiiviit rakenteet

Teollisuuskiinteistöjen lämpöhäviöihin vaikuttavat eniten rakenteiden lämmöneristävyys, kylmäsillat ja rakennusvaipan ilmatiiveys. Nämä voivat heikentää tai parantaa huomattavasti energiatehokkuutta. Jokaisen tulisi siis huolehtia omalta osaltaan esimerkiksi ovien ja ikkunoiden huolellisesta sulkemisesta. Monissa konepajoissa on myös suuria nosto-ovia, joten niiden automatisoimista olisi hyvä harkita. Henkilöstön kannattaa kiinnittää huomiota myös siihen, että nosto-ovien sijaan käytettäisiin henkilöovia mahdollisuuksien mukaan. Myös kaikki turhat aukot tulisi tukkia, korjata huonot tiivisteet sekä tiivistää läpiviennit ja rakenteiden saumat. Myös veden ja kosteuden kanssa tulee olla tarkkana, sillä märkä eriste ei eristä. Näihin asioihin on hyvä kiinnittää konepajoissa huomiota, sillä hallitsematon vuotoilma lisää energiankulutusta merkittävästi. (Mattila & Motiva 2012, 8.)

Esimerkiksi ulkoseiniä on mahdollista lisälämmöneristää ja se on usein helpointa tehdä rakennuksen ulkopuolelta. Ulkoseinien ulkopuolinen lisälämmöneristäminen on kannattavaa esimerkiksi silloin, kun ulkoverhous joudutaan muutenkin uusimaan tai korjaamaan. Joissakin kohteissa myös alapohjan lisäeristäminen on mahdollista vaihtamalla lämmöneriste paremmin eristäväksi tai lisäämällä alapohjaan lämmöneriste-kerroksia. Yleensä kuitenkin helpoin ja energiatehokkain tapa on tehdä rakennuksen yläpohjaan lisälämmöneristys. Tällöin on kuitenkin huolehdittava riittävästä yläpohjan tuulettavuudesta. (Hekkanen ym. 2007, 22 & 26–27.)

5.6 Valaistuksen ohjaus tai uusiminen

5.6.1 Ohjaus

Kaikilla konepajoilla on tärkeää olla tehokas ja riittävä valaistus, joka sopii käyttökoh- teeseen optimaalisesti. Energiatehokkuuden parantamista tavoitellessa, konepajan kannattaa kiinnittää huomiota valaistukseen. Sitä on yleensä mahdollista parantaa jo melko pienilläkin muutoksilla ja investoinneilla, riippuen konepajasta. Valaistuksen energiankulutusta on mahdollista pienentää esimerkiksi optimoimalla sen voimak- kuutta sekä käyttöaika. Valaistuksen käyttöaika voi rajoittaa esimerkiksi aikaoh- jauksen, hämäräkytkinten sekä käyttöpastuksen avulla. Valaistuksen ohjauksella on mahdollista säästää jopa 50–80 %, säästöjen suuruus riippuu kuitenkin esimerkiksi ti- lasta, ohjauksesta sekä käyttötarkoituksesta. Valaistus on mahdollista säätää toimi- maan läsnäolotunnistimien avulla, jolloin valot menevät päälle silloin, kun tiloja käy- tetään. Valaistuksen voimakkuus voidaan säätää myös siten, että perusvalaistus on himmeämpi ja se muuttuu kirkkaammaksi liiketunnistimien avulla. (Heikkinen, Jär- venpää, Keinänen-Toivola & Lähde 2020f.)

Vaihtoehtoja on monia ja jo yksittäiselläkin valaistuksen ohjauksella on mahdollista saavuttaa säästöjä. Kohteeseen voidaan tehdä juuri sille sopiva valaistuksen säätö, ku- ten valaisinkohtainen ohjaus, pieni ryhmäkohtainen ohjaus tai kokonainen valaistuk- sen hallintajärjestelmä. Pienissä kohteissa valojen ryhmäohjaus on yleensä riittävä. Tällöin valon määrää eri tilanteissa voidaan säädellä sekä läsnäolotunnistimien käyttö on mahdollista. Isoissa kohteissa kokonaisvaltainen ohjausjärjestelmä on monesti hyvä valinta. Kattava ohjausjärjestelmä on hyvä valinta myös silloin, jos kiinteistössä on paljon tiloja ja alueita, joissa ei oleskella koko ajan. Näin ollen siis älykkäällä ohjauk- sella voidaan seurata teollisuusvalaistuksen todellista energiankulutusta sekä opti- moida valaistus vastaamaan todellista käyttötarvetta. (Peltoranta 2018, 18.)

5.6.2 Uusiminen

Vaikka monet teollisuusyritykset ovat jo parantaneet valaistusolosuhteitaan, on mo- nissa yrityksissä silti käytössä vielä vanhoja valaisintyyppisiä, jotka kuluttavat paljon

energiaa. Vanhojen valaisimien uusiminen maksaa yleensä itsensä takaisin nopeasti ja samalla yritys säästää energiakustannuksissaan sekä parantaa työntekijöiden työturvallisuutta ja työtehoa. Led-valaistus on monesti hyvä vaihtoehto, sillä se on energiatehokas ja nykYTEKNIIKAN avulla myös valon säätö on mahdollista. Siirtyminen led-valaistukseen voi pudottaa yrityksen valaistusenergiakustannuksia jopa 80 %. Tämän mahdollistaa ledien energiatehokkuus, älykäs ohjelmointimahdollisuus, valaistuksen säätömahdollisuus sekä liiketunnistimien käyttäminen. Led-valaistuksen etuna on myös sen pitkä käyttöikä. (Peltoranta 2018, 16.)

On kuitenkin hyvä ottaa huomioon konepajaympäristön lämpötila valaisimia valitessa. Erittäin korkeat työskentelylämpötilat saattavat olla hankalia led-valaistuksen kannalta. Korkeissa lämpötiloissa saattaa toimia paremmin esimerkiksi monimetalli- tai suurpainenatriumvalaisimet. (Peltoranta 2018, 16–18.) Suurpainenatriumvalaisimien käytössä kannattaa kuitenkin kiinnittää huomiota esimerkiksi siihen, että loppuun palaneena ne kuluttavat silti sähköä, vaikka eivät enää valaisekaan. Korkeissa teollisuushalleissa täytyy myös huomioida led-valaisimien riittävä valaisukyky ja yleensä tällaisissa kohteissa investointi led-valaistukseen on kalliimpi kuin matalissa kohteissa. Led-valaistuksen käyttömahdollisuus sekä hyödyt kannattaa kuitenkin selvittää, sillä ledeillä on yleensä matala energiankulutus. (Heikkinen, Järvenpää, Keinänen-Toivola & Lähde 2020g.) Led-valaisimien pitkä käyttöikä voi kuitenkin vähentää merkittävästi korkeiden hallien katossa olevien valaisimien kalliita ja työläitä vaihtoja (Peltoranta 2018, 16).

Suomessa on tehty selvityksiä liittyen valaistuksen uusimiseen teollisuudessa. Yksi selvitys liittyi metalli- ja konealan yrityksen hitsauslinjan valaistuksen uusimiseen. Uusi valaistus paransi tuotantolinjan tehokkuutta lähes 30 %. Näin iso tuottavuuden kasvu lisää varmasti yrityksen kilpailukykyä. (Peltoranta 2018, 16.) Outotecin Turulan konepajalla alettiin jokin aika sitten kiinnittää enemmän huomiota energiatehokkuuteen ja sen parantamiseen. Suurimmaksi sähkönkuluttajaksi paljastui valaistus ja tarikan mietinnän seurauksena konepaja päätti hankkia uuden valaistuksen leasingpalveluna. Leasingpalvelun avulla Outotecin ei tarvinnut sitoa omia pääomiaan investointiin. Outotec maksaa kiinteän kuukausimaksun valaistuksesta kolmen vuoden sopimuskauden ajan ja tämän jälkeen valaisinjärjestelmä siirtyy yrityksen omistukseen. Kuukausitasolla tarkasteltuna valaistuksen energiansäästö ylittää leasing-sopimuksen

tuomat kulut. Uusien asennettujen led-valaisimien energiankulutus on noin 70 % pienempi aiempiin valaisimiin verrattuna. Yksi syy näin isoon säästöön on liiketunnistimien käyttö. Uusi valaistus säästää energiaa ja tehostaa korkeiden teollisuushallien valaistusta, jolloin työturvallisuus ja työn laatu varmasti paranevat. (Remes 2019.)

5.7 Sähkökäyttö

Konepajoilla olisi tärkeä tietää ja tunnistaa oma sähkönkulutusprofiili, mihin kaikkiin toimintoihin ja laitteisiin sähköä kuluu ja kuinka suuria määriä. Jotta konepajoilla on mahdollista saada selville paljon sähköä kuluttavat laitteet, tulisi harkita tila- tai laitekohtaisia mittauksia. Esimerkiksi yllättävä sähkönkulutuksen kasvaminen voi olla merkki laiterikosta. Tällöin tarkemmalla mittauksella on mahdollista tunnistaa nopeammin ja helpommin mahdollista korjausta tai uusimista vaativat laitteet. (Heikkinen, Järvenpää, Keinänen-Toivola & Lähde 2020h.) Konepajoilla tyypillisesti suuria sähköenergiankuluttajia ovat ilmanvaihto, valaistus sekä paineilmajärjestelmä. Näiden energiatehokkuuteen kannattaa siis kiinnittää erityistä huomiota. Konepajoilla voi olla käytössä myös esimerkiksi sähköpattereita toimistotiloissa tai sähkölämmittimiä tuotannossa. Erilaisten sähkölämmityslaitteiden kunto on hyvä tarkistaa säännöllisesti ja uusien vanhat ja huonokuntoiset laitteet. Myös esimerkiksi sähköllä lämpiävissä toimistotiloissa kannattaa harkita esimerkiksi ilmalämpöpumpun hankkimista sähköpattereiden rinnalle. (Heikkinen, Järvenpää, Keinänen-Toivola & Lähde 2020i.)

5.7.1 Laitteet

Monissa konepajoissa saattaa olla vanhoja laitteita, jotka vielä jotenkin toimivat, mutta kuluttavat ja hukkaavat paljon energiaa. Suositeltavaa on, että vanhojen laitteiden kunto tarkistetaan ja ne huolletaan tarpeen mukaan tai vaihdetaan uusiin. Usein esimerkiksi puhaltimien, pumppujen ja lämmittimien ohjaus ei ole tarkoituksen mukainen ja niiden hyötysuhde saattaa olla huono. Sähkömoottorit ovat suuria sähkönkuluttajia, sillä ne kuluttavat teollisuuden sähköstä noin 60–70 % ja niiden kuluista jopa 98 % muodostuu sähkön kulutuksesta. Tästä johtuen sähkömoottoreiden toimivuuteen ja kuntoon kannattaa kiinnittää huomiota. Konepajoilla kannattaa harkita laitteiden kytkemistä esimerkiksi automaatiojärjestelmään. Konepajoilla voi olla kannattavaa myös

mitata omaa energiankulutustaan sekä varmistaa oikeanlaiset toiminnot, esimerkiksi laitteiden tarkoituksenmukaiset käyntiajat. (Heikkinen, Järvenpää, Keinänen-Toivola & Lähde 2020j.)

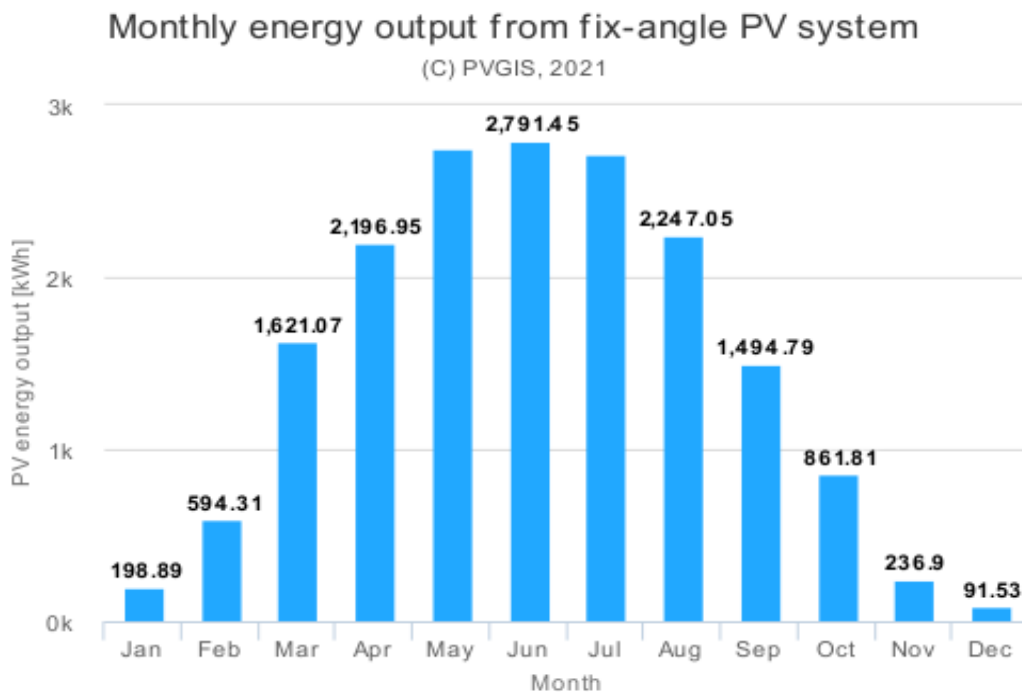
5.7.2 Aurinkoenergia

Suomen olosuhteissa aurinkoenergiaa pystytään hyödyntämään suhteellisen hyvin. Aurinkosähkön hyödyntäminen perustuu auringon säteilyenergian muuttamiseen sähkövirraksi. Kesäisin valoa on enemmän tarjolla kuin talvisin, joten näin ollen aurinkosähköä saadaan tuotettua enemmän kesäisin. Aurinkoenergian hyödyntäminen on nykypäivänä yhä tärkeämpää ja kannattavampaa, sillä se on uusiutuvaa, päästötöntä sekä ehtymätöntä energiaa. Aurinkopaneelien ylläpitokustannukset ovat pienet, sillä ne eivät edellytä aktiivista kunnossapitoa. Niiden käyttöikä on yleensä noin 20–30 vuotta. Aurinkopaneelijärjestelmää harkitessa kannattaa käyttää ammattilaisen apua, sillä järjestelmä tulee mitoittaa mahdollisimman sopivaksi omaan käyttötarkoitukseen. Järjestelmä on optimaalisesti mitoitettu, kun tuotetun sähkön pystyy suurimmaksi osaksi hyödyntämään itse. Tällöin järjestelmästä on eniten hyötyä taloudellisesti, sillä silloin yritys säästää sähkön myynti- ja siirtomaksuja sekä veroja. Aurinkoenergialla on tärkeä rooli tulevaisuutta ajatellen ja näin ollen eri teollisuusyritysten olisikin hyvä harkita aurinkoenergian hyödyntämistä omassa toiminnassaan kohti energiatehokkaampaa ja kestävämpää toimintaa. (Vattenfallin [www-sivut 2020](#).)

Lehtosen Konepaja toimii esimerkkinä aurinkoenergian hyödyntämisessä konepajateollisuudessa. Konepajan 2500 m²:n suuruisen levytyö- ja hitsaushallin katolle on asennettu 112 aurinkopaneelia. Asennetun järjestelmän avulla konepaja pystyy tuottamaan itse jopa puolet vuoden hitsausprosessin sähköntarpeesta. Konepajalla kuluu kesäkaudella eniten sähköä tuotantotilan jäähdytykseen sekä ilmastointiin, joten ostosähkön korvaaminen omatuotannolla kesäisin tekee investoinnista kannattavan. Lehtosen konepaja mainostaa pyrkivänsä jatkuvasti parantamaan toimintaansa ja pienentämään omaa ympäristökuormitustaan ja siksi he ovat myös mukana Suomen energia- ja ilmastostrategian mukaisissa toimissa saavuttaa EU:ssa sovitut tavoitteet vuoteen 2030 mennessä. (Lehtosen Konepaja Oy [www-sivut 2020a](#).)

Kuvaajassa 1 on esitetty PVGIS-laskurin avulla saatu 20 kilowattipiikin aurinkosähkölajärjestelmän tuotto eri kuukausina. Sijainniksi on laitettu Pori sekä aurinkopaneelityypiksi on valittu pii-aurinkokenno, joka onkin yleisin käytössä oleva aurinkopaneelityyppi. Paneelien nimellistehoksi on valittu 20 kWp ja järjestelmän hyötysuhdeviön suuruus on arvioitu olevan 14 %. Aurinkopaneelit on asennettu maahan, seinälle tai katolle kiinnitysjärjestelmän varaan. Paneelien asennuskulma on 35 astetta ja suuntaus kohti etelää. (Aurinkosähköä kotiin www-sivut 2021.) Kuvaaja 1 on vain suuntaa antava ja karkea esimerkki siitä, kuinka suuri tietyn kokoisen aurinkosähkölajärjestelmän sähköntuotto kuukaudessa voi olla sekä miten tuotto jakautuu eri kuukausille ja vuodenajoille. On huomioitava, että aurinkopaneelien tuotantoon vaikuttavat esimerkiksi kohteen sijainti, paneelien suuntaus ja kaltevuus sekä erilaiset varjot, kuten puiden ja rakennusten varjot (Hyödyllistä tietoa aurinkopaneeleista 2020).

Kuvaajasta 1 nähdään, että suurin tuotto saadaan touko-, kesä- ja heinäkuussa. Tuotannon määrä on yleensä korkeinta juuri touko-kesäkuussa, sillä ilma on silloin vielä viileää. Kuumuus puolestaan laskee aurinkopaneelien tehoa. Tyypillisesti paneeleilla saadaan hyvää tuottoa maalisi-syyskuun välisenä aikana ja kuten kuvaajasta 1 näkee, niin näinä kuukausina tuotto on reilusti yli 1000 kWh, suurimmaksi osaksi yli 2000 kWh kuukaudessa. Lokakuusta alkaen tuotto alkaa selvästi laskea ja tuotto on yleensä hyvin vähäistä marraskuusta helmikuulle tai sitä ei ole ollenkaan. Aurinkosähkölajärjestelmää harkitessa suositeltava järjestelmän koko on arviolta noin 20–35 % vuosittaisesta sähkönkulutuksesta. (Hyödyllistä tietoa aurinkopaneeleista 2020; Opas aurinkopaneelien hankintaan 2020.) Kuvassa 7 on suuntaa antava taulukko siitä, kuinka suuri järjestelmä mahdollisesti tarvitaan vuosittaisen sähkönkulutuksen perusteella.



Kuvaaja 1. 20 kWp aurinkosähköjärjestelmän tuotto Porin alueella eri kuukausina. (Euroopan komission www-sivut 2019.)

Paneeleita	Paneeliteho Wp	Sähkönkulutus kWh/v
6	1560	4000 - 5000
10	2600	7000 - 9000
12	3120	9000 - 11000
18	4680	16000 - 20000
24	6240	25000 - 30000
32	8320	35000 - 40000
40	10400	40000 - 50000

Kuva 7. Suositeltava aurinkosähköjärjestelmän koko vuosittaisen sähkönkulutuksen perusteella. (Hyödyllistä tietoa aurinkopaneeleista 2020.)

6 KONEPAJA 1 PARANNUSEHDOTUKSET

6.1 Hitsauskäryjen poisto

Konepajalla 1 isona ongelmana koetaan hitsauskäryt, jotka saattavat aiheuttaa erilaisia terveyshaittoja työntekijöille. Konepajalla on käytössä huippuimurit, mutta niiden teho ei riitä imemään kaikkea käryä pois, vaan käryt jäävät leijailemaan tuotantohalleihin. Huippuimurit ovat myös melko vanhoja, joten niiden voidaan olettaa kuluttavan energiaa melko paljon. Konepajalla valmistettavat tuotteet ovat kooltaan välillä melko suuria ja hitsauspaikat vaihtelevat sekä saattavat sijaita hankalissakin paikoissa. (Konepaja 1 haastateltavat henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2020.) Tämän vuoksi kohdepoisto ei välttämättä ole erityisen sopiva ratkaisu kyseiselle konepajalle, sen hyöty voi tässä tapauksessa jäädä helposti liian pieneksi.

Konepajan tuotantohallit on rakennettu 70-luvun lopulla ja 80-luvun alussa, joten ilmanvaihtojärjestelmän päivitys olisi oleellinen askel kohti energiatehokkaampaa toimintaa. Konepajan ilmanlaatua on mahdollista parantaa kunnollisella ilmanvaihdolla, sillä nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä ei yksinkertaisesti ole tarpeeksi tehokas. Konepajan 1 tilanteessa ilmanvaihdon tulisi ehdottomasti olla oikein mitoitettu ja riittävä, jotta haitalliset hitsauskäryt saataisiin poistettua ja näin ollen tuotantohallien ilmanlaatua saataisiin parannettua. Koneellista ilmanvaihtoa käytettäessä on myös huolehdittava, että laitteet ovat toimintakunnossa ja ne puhdistetaan sekä huolletaan riittävän usein (Lehtosen Konepaja Oy www-sivut 2020b).

Konepajan 1 tapauksessa voisi olla hyvä pyytää ammattilaista tarkistamaan ja arvioimaan tuotantohallien tilanne ja mahdollisesti suunnittelemaan sopiva ratkaisu, jonka avulla ilmanvaihto saataisiin riittävälle tasolle ja näin ollen myös hitsauskäryt saataisiin poistettua mahdollisimman tehokkaasti. Hitsauskäryjen tehokkaan poiston ansiosta myös valaistuksen tehoa voisi olla mahdollista pienentää, kun hitsauskäryt eivät estäisi valon pääsyä lattiatasolle asti. Tällöin esimerkiksi led-valaistukseen siirtyminen lisäisi energiatehokkuutta ja voisi pienentää energiankulutusta huomattavasti.

Ilmanvaihto tiloissa, joissa hitsataan paljon, on vaativaa ja ilman tulisi vaihtua tunnin aikana 2,5–3,5 kertaa hallitilavuuden verran. Esimerkiksi Lehtosen Konepajalla

mainostetaan olevan Suomen puhtain ilma tarkasteltaessa hitsaamoita. Konepajalla olevan ilmanvaihtojärjestelmän perusidea on syrjäyttävä ilmanjakotapa. Tässä menetelmässä epäpuhtauksia sisältävä poistoilma imetään pois hitsausalueen yläpuolelta ja tuore ilma tuodaan sisään lattia-rajasta. Järjestelmä on varustettu poistoilman lämmön talteenotolla ja automaattisella pesujärjestelmällä. Poistoilmasta saadaan talteen lämpöenergiaa jopa 85 %:n hyötysuhteella. Tulo- ja poistoilmaa käsittelemällä voidaan myös hallita ilman lämpötilaa, kosteutta sekä ilman liikettä. Konepajalla käytössä oleva ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltu erityisesti hitsaamojen ja maalaamoiden tarpeisiin ja se on ympäristöystävällinen ratkaisu, jonka avulla yritys voi saada merkittäviä säästöjä. Myös henkilökunnalta on tullut positiivista palautetta, ja he ovat havainneet puhtaan ilman vaikutuksen työskentelytiloissa välittömästi. (Lehtosen Konepaja Oy www-sivut 2020b.)

6.2 Isot nosto-ovet

Konepajalla 1 suurista nosto-ovia avataan usein, mikä aiheuttaa lämmön karkaamista, vetoisuutta sekä lisää energiankulutusta merkittävästi. Monissa teollisuusrakennuksissa on yleistä pitää yhtäjaksoisesti ovia auki pitkäänkin johtuen esimerkiksi tavara-liikenteestä. Tällöin lämmin ilma karkaa ulos ja kylmä ilma pääsee sisälle. Erityisesti syksyisin ja talvisin tilanne korostuu ja esimerkiksi tilojen hyödyntäminen ja yleinen työskentely oviaualueilla saattaa olla ongelmallista ja epämiellyttävää. Konepajalla 1 ovia ei ole mahdollista avata vain osittain, esimerkiksi pienempien tuotteiden kuljettamista varten, vaan ovet on avattava aina kokonaan. (Konepaja 1 haastateltavat henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2020.)

Kyseiselle konepajalle yksi vaihtoehto voisi olla ilmaverhojen asentaminen isoihin oviaukkoihin. Ilmaverhokoneet estävät kylmän ulkoilman pääsemisen hallin sisälle ja myöskään lämmin ilma ei pääse karkaamaan hallista ulos. Näin tilasta olisi mahdollista saada vedoton sekä energiaa säästävä. Tässä menetelmässä tulee ottaa huomioon, että ilmaverhon tulee olla oikein mitoitettu sekä tarpeeksi tehokas. (Stravent Oy www-sivut 2020.) Mikäli halli on esimerkiksi kovin alipaineinen, liian tehon ilmaverho saattaa päästää ulkoilmaa halliin suuriakin määriä. Vastaavasti jos halli on ylipaineinen, niin sisäilma saattaa karata nopeastikin ovista ulos. Ilmaverhoissa kannattaa

kiinnittää huomiota kuitenkin siihen, että nosto-ovien ollessa isoja, on ilmaverhojen tehonkin oltava melko suuri. Tällöin ongelmaksi voi muodostua se, että suuritehoisten ilmaverhojen hankkiminen ja ylläpitäminen ei ole enää kovin energiatehokas tai kannattava investointi.

Erytyisesti vanhoissa teollisuusrakennuksissa lämmitys on monesti yksi suurimpia energiankuluttajia. Esimerkiksi konepajalla 1 vanhojen tuotantohallien lämmitykseen kuluu paljon energiaa, joten oviaukkojen lämmön karkaamisen rajoittaminen tai estäminen voi tuoda merkittäviä säästöjä yritykselle. Kustannussyistä yksi vaihtoehto on myös pelkkien muovisten oviverhojen hankkiminen tuotantotiloihin. Niiden avulla vetoisuutta voidaan pienentää ja estää jonkin verran lämpöä karkaamasta ulos. Myös sellaisia nosto-ovia, joita on mahdollista avata vain osittain pienempiä kuljetuksia varten, on hyvä harkita yhtenä vaihtoehtona.

6.3 Lämpötilan ja ilmanvaihdon ohjaus

Tuotantohallien lämpötila on yleensä noin 17–21 astetta ja henkilöstö pystyy itse säättämään lämpötiloja. Konepajan tuotanto pyörii arkipäivisin kahdessa vuorossa, viikonloppuna tuotantoa ei ole. (Konepaja 1 haastateltavat henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2020.) Näin ollen samat tuotanto-olosuhteet ovat päällä luultavasti koko viikonlopunkin, vaikka tuotantohalleissa ei työskennellä silloin. Konepajan olisi tärkeää siis kartoittaa oma ilmanvaihdon ja lämmityksen tarve tilojen käyttöasteen mukaisesti. Kyseisellä konepajalla tuotannon ulkopuolisena aikana ilmanvaihdon ja lämmityksen tarve on varmasti pienempi kuin tuotannon aikana. (Jääskeläinen & Turunen 2013.)

Esimerkiksi moottorien kierrosnopeuksia tai käyntiaikoja alentamalla on mahdollista saavuttaa huomattavia sähkön- ja lämmönsäästöjä. Saavutettavissa olevat säästöjen suuruudet ovat kuitenkin riippuvaisia esimerkiksi tuotannon ulkopuolisen ajan pituudesta ja vallitsevasta ulkolämpötilasta. (Jääskeläinen & Turunen 2013.) Mikäli hallin lämpötilaa ja ilmanvaihdon määrää lisätään aina ennen aamuvuorolaisten saapumista töihin, aiheuttaa toiminta suuria piikkejä lämmönkulutukseen, jos se toteutetaan kaikissa halleissa samanaikaisesti. Näitä kulutuspiikkejä on mahdollista pienentää esimerkiksi rytmittämällä ohjaustapaa. (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013.)

Esimerkkinä on iso 500 000 m³:n tehdassali, jossa lämmityksen ja ilmanvaihdon optimoinnilla voidaan saavuttaa 700–1000 euron säästöt vain yhden yön aikana. Tällöin tuotantoa ei ole klo 22–06 välillä ja ulkolämpötila on 0–5 astetta. (Jääskeläinen & Turunen 2013.)

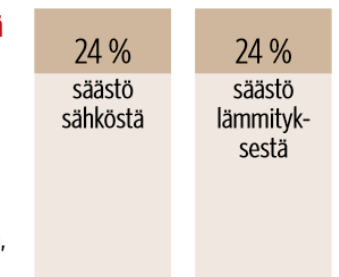
Tuotantohallien sisälämpötilaa voisi myös laskea, jolloin energiankulutuskin laskisi. Myös esimerkiksi säätöjärjestelmät olisi hyvä olla sellaisessa paikassa, johon kaikki eivät pääse asetuksia muuttamaan oman mielensä mukaan. Työntekijöiden opastuksella oikeanlaisiin toimintatapoihin ja energiaa säästävään toimintaan voi olla isokin merkitys energiatehokkuuden näkökulmasta.

Yksi esimerkki konepajan energiatehokkuuden kehittymismahdollisuuksista on myös erään konepajan maalaamon lämpöenergian säästöpotentiaalin analysointi. Aluksi konepajalla suoritettiin kenttämittauksia ja niiden avulla saatiin määritettyä maalaamosalin lämpötase tuotannon aikana ja sen ulkopuolella. Tuotanto toimi arkipäivisin kahdessa vuorossa. Ilmanvaihdon puhaltimien virtamittauksilla huomattiin, että ilmanvaihto toimii samassa toimipisteessä tuotannon ulkopuolellakin. Tässä tapauksessa ilmanvaihdon kapasiteetin rajoittaminen tuo energiakustannussäästöjä jopa noin 6000–8000 euroa vuodessa ja vielä ilman investointeja. (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013.)

Kuvassa 8 on esimerkki ilmanvaihtokoneen käyntiajan muutoksella saavutettavasta säästöstä. Tässä esimerkissä jo pelkillä ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen oikeanlaisilla asetuksilla voidaan säästää sekä lämmityksessä, että sähkössä. (Mattila & Motiva 2012, 19.) Esimerkki osoittaa, että jo pienillä muutoksilla on mahdollista säästää energiaa. Aina ei välttämättä tarvita suuria ja kalliita investointeja energiatehokkuuden parantamiseen.

Esimerkki käyntiajan muutoksella saatavasta säästöstä

Ilmanvaihtokone käy ma-to jatkuvasti ja pe klo 00–22. Käyntiajat eivät vastaa tilojen käyttöä, joten uusiksi käyntiajoiksi voidaan asettaa ma-pe klo 04–22. Simulointiohjelmalla laskettuna käyntiaikojen muutos säästäisi lämmönkulutuksessa 42 MWh/vuodessa, joka lämmön hinnalla 40 €/MWh on 1 680 € vuodessa. Vastaavasti sähkön kulutuksessa säästetään 13 MWh vuodessa, joka sähkön hinnalla 57 €/MWh on 741 € vuodessa.



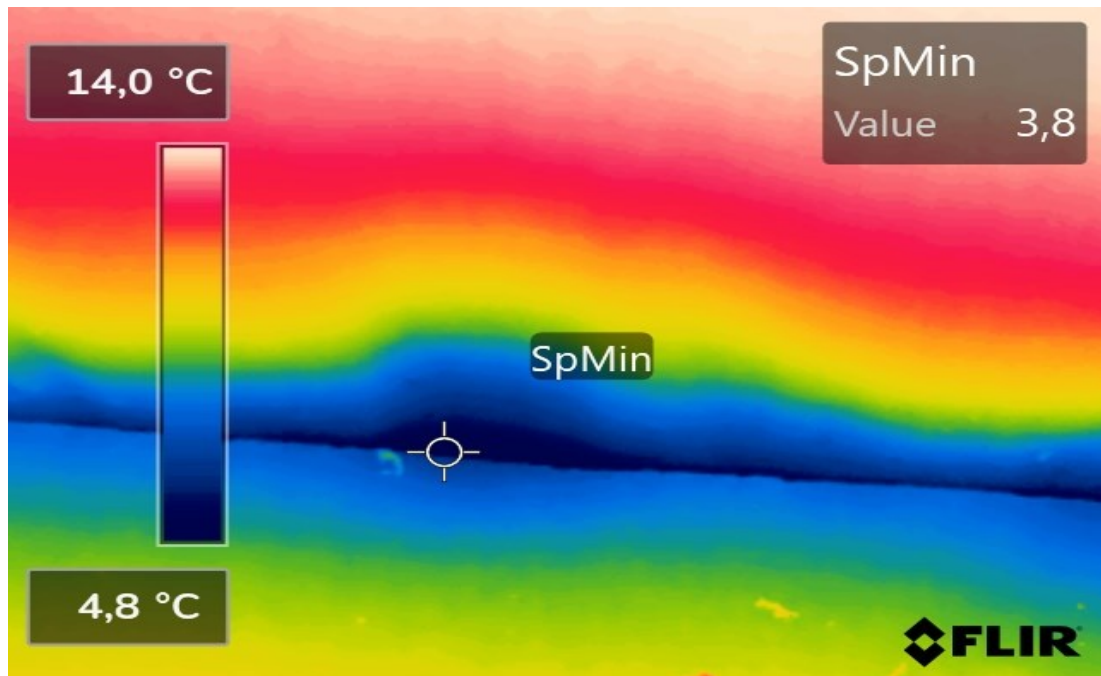
Kuva 8. Esimerkki ilmanvaihtokoneen käyntiajan muutoksella saavutettavasta säästöstä (Mattila & Motiva 2012, 19.)

6.4 Rakenteet ja tiiviys

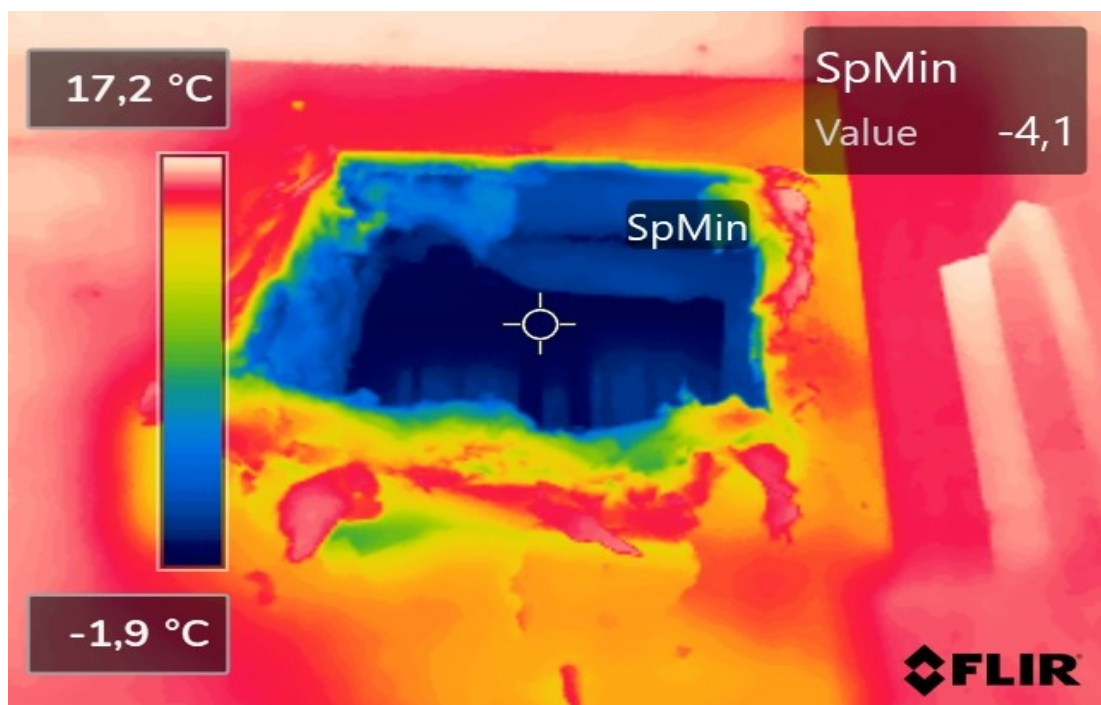
Konepajan 1 tuotantohallien tiiveydessä on puutteita sekä eristykset ovat heikkoja. Lämmityskaudella tällaiset ongelmat aiheuttavat yleensä merkittävää ja turhaa energiankulutusta. Näin ollen konepajan energiatehokkuutta voitaisiin lisätä esimerkiksi mahdollisuuksien mukaan lisälämmöneristyksellä ja erilaisten vuotoilmojen vähentämisellä. Rakenteiden saumauksia olisi hyvä tiivistää ja korjata vaurioituneet ja kuluneet tiivisteet. Konepajalla korvaava ilma tulee ovien alta, rakenteiden välistä ja erilaisista raoista. On siis otettava huomioon riittävä korvausilman saanti ilmavuotoja tiivistäessä. Lämpökamerakuvauksen avulla olisi mahdollista selvittää ulkovaipan sekä sisäpintojen lämpö- ja ilmavuodot. Lämpökamerakuvaus tulee tehdä lämmityskaudella ja sen tekijäksi kannattaa valita asiantuntija, joka osaa tulkita kuvia ja analysoida niihin vaikuttavia häiriötekijöitä. (Kohti energiatehokasta tuotantotilaa 2013; Mattila & Motiva 2012, 8.)

Konepajalla 1 vierailtiin vielä toisen kerran, jolloin siellä suoritettiin lämpökamerakuvaus ja sen avulla havaittiin teollisuusrakennuksille tyypillisiä ilmavuotoja. Tuotantohalleissa oli rakenteissa jonkin verran erilaisia koloja, joista eristeet olivat lähteneet ja näin ollen esimerkiksi nämä kohdat aiheuttavat turhia ilmavuotoja. Kuvasta 10 voidaan havaita seinärakenteiden eristepuutteet. Myös ovien kohdilla sekä rakennuksen seinien ja lattian rajoilla ja niiden välillä havaittiin kylmäsiltoja. Kuvassa 9 näkyy lattian ja seinän välinen ilmavuoto sekä kuvassa 11 ovien kylmäsiltoja ja ilmavuodot. Lämpökamerakuvauksen perusteella ikkunoiden saumat vaikuttivat olevan melko

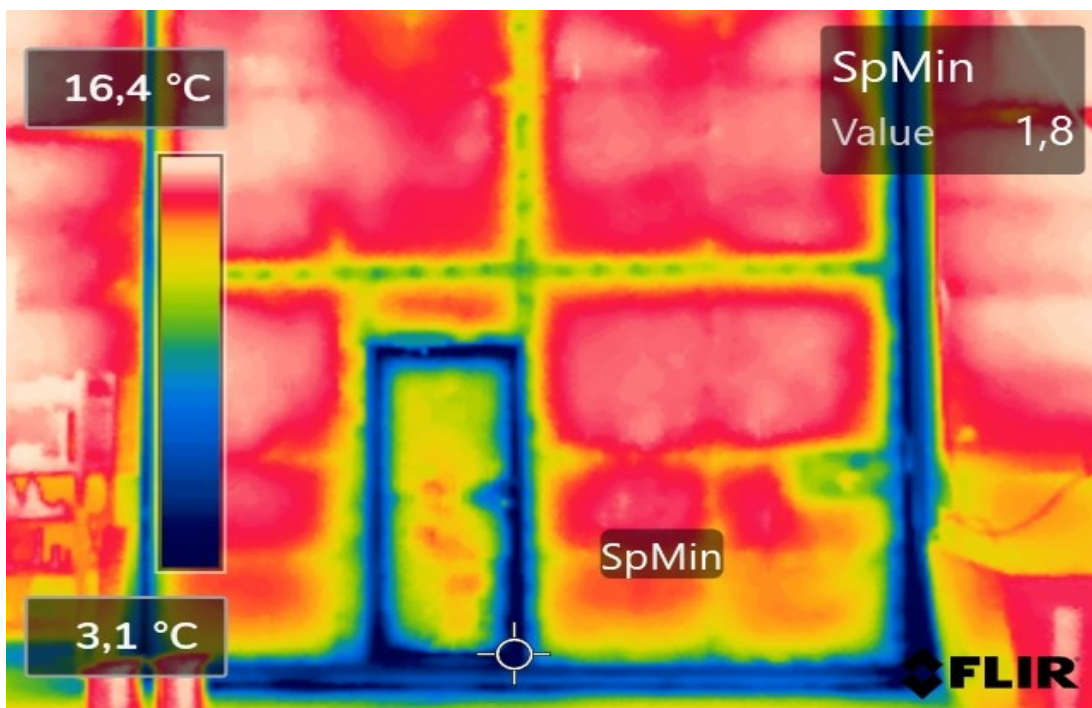
tiivittä. Ikkunat kuitenkin sijaitsivat melko korkealla, joten niitä ei päästy erityisen luotettavasti lämpökuvaamaan.



Kuva 9. Seinän ja lattian välinen ilmavuoto. (Kukka sähköposti 8.4.2021.)

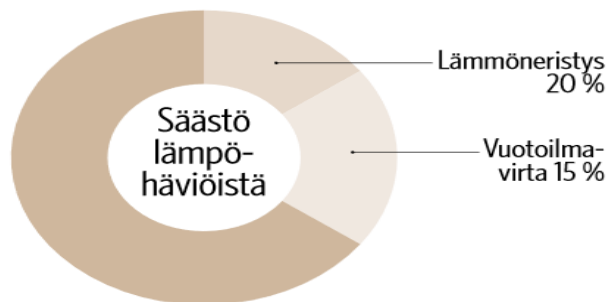


Kuva 10. Seinärakenteiden eristepuutteet. (Kukka sähköposti 8.4.2021.)



Kuva 11. Ovien ilmavuodot ja kylmäsillat. (Kukka sähköposti 8.4.2021.)

Kuvassa 12 on esimerkki erään teollisuushallin lämpöhäviöstä ja kuvaan on kirjattu myös tarvittavat perustiedot. Vuotoilmavirran puolittamisella saadaan vähennettyä ostetun lämpöenergian määrää 15 %:lla sekä rakenteiden lämmöneritystä parantamalla vuoden 2011 rakentamismääräystasoon saadaan vähennettyä ostoenergian tarvetta 20 %. Näillä molemmilla toimenpiteillä säästöjen suuruus on yhteensä noin 14 000 euroa vuodessa. (Mattila & Motiva 2012, 9.)



Esimerkki teollisuushallin lämpöhäviöstä

Kun vuotoilmavirta puolitetaan, vähenee ostetun lämpöenergian määrä 15 %, säästö n. 6 000 €* vuodessa. Kun rakenteiden lämmöneristävyyttä parannetaan vuoden 2011 rakentamismääräystasoon, vähenee ostoenergian tarve 20 %, säästö yli 8 000 €* vuodessa. *Energian hinta 60 €/MWh

PERUSTIEDOT: Rakennusvuosi 1980, Helsinki | Käyttö, kahdessa vuorossa 4 000 h | Tilavuus 18 000 m³ | Pinta-ala 3 000 m² | Kevytöljykattilaitoksen vuosihyötysuhde 85 % | Rakenteiden U-arvot: ulkoseinät 0,30 W/m²K, yläpohja 0,21 W/m²K, maanvarainen alapohja 0,71 W/m²K, ikkunat ja ovet 2,0 W/m²K | Vuotoilma 0,2 l/h | Sisälämpötila 21 °C | Kokonaistulo-/poistoilmamäärä 5,0/5,1 m³/s | Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde 45 % | Tuloilman lämpötila 20 °C | Ostetun lämpöenergian tarve 669 MWh | Ominaislämpöenergiankulutus (osto) 37 kWh/m³, 223 kWh/m²

Kuva 12. Esimerkki erään teollisuushallin lämpöhäviöstä. (Mattila & Motiva 2012, 9.)

6.5 Ikkunat

Tuotantohallien yläosassa on paljon isoja ikkunoita, joista lämpö pääsee karkaamaan. Suuri ikkunapinta-ala lisää yleensä ulkovaipan lämpöhäviötä, sillä ikkunoiden lämmöneristävyys on huomattavasti ulkoseinän lämmöneristävyyttä huonompi. Joissakin tapauksissa on mahdollista kääntää ikkunapinta-alan vaikutus energiatehokkuuden hyväksi esimerkiksi hyödyntämällä aurinkoenergiaa passiivisesti lämmityskaudella. Aurinkoenergian passiivinen hyödyntäminen edellyttää kuitenkin ikkunalaseilta erittäin hyvää lämmöneristävyyttä sekä auringonsäteilyn kokonaisläpäisevyyttä kuvaavan g-arvon korkeaa lukua. Lämmöneristävyyden ollessa heikko, lisää suuri ikkunapinta-ala energiankulutusta. (Andersson, Kiuru, Lylykangas, Nieminen & Päätalo 2015, 32 & 41.)

Konepajalla 1 ikkunat ovat vanhoja, joten niiden U-arvon voidaan olettaa olevan melko huono. Ikkunoiden yhteenlaskettu pinta-ala on myös melko suuri, joten ikkunat lisäävät lämmitysenergian tarvetta lämmönkarkaamisen vuoksi. Ikkunoista tulevan

7 KONEPAJA 2 PARANNUSEHDOTUKSET

7.1 Öljylämmitysjärjestelmä

Konepajalla 2 öljylämmitysjärjestelmä on vanha ja järjestelmälle ei ole tehty erityisiä huoltotoimenpiteitä nuohousta lukuun ottamatta. Öljylämmitysjärjestelmän kattila on otettu käyttöön vuonna 1973 ja öljynpoltin on vaihdettu viimeksi vuonna 2001. (Konepaja 2 yhteyshenkilö henkilökohtainen tiedonanto 3.12.2020.) Näin ollen sekä öljykattila, että öljypoltin ovat molemmat ylittäneet teknisen käyttöiän reilusti. Konepajan 2 tapauksessa kyseessä on vanha öljykattila ja -poltin, joten molemmat olisi pitänyt myös huoltaa säännöllisin väliajoin, mieluiten vuosittain (Lämmitysenergia Yhdistys ry:n www-sivut 2020).

Konepajan 2 tapauksessa öljylämmityksen päivittäminen on oleellinen askel kohti parempaa energiatehokkuutta ja pienempiä lämmityskustannuksia. Öljylämmitys on mahdollista vaihtaa kokonaan uuteen lämmitysmuotoon tai säilyttää nykyinen öljylämmitysjärjestelmä ja hankkia sen rinnalle täydentävä lämmitysmuoto, kuten esimerkiksi ilma-vesilämpöpumppu. Päätökseen vaikuttaa suuresti nykyisen öljykattilan sekä öljypoltin ikä sekä kunto ja konepajan 2 tapauksessa molemmat ovat jo ylittäneet teknisen käyttöikänsä. (Ekolämmöx Oy www-sivut 2020.)

Mikäli öljylämmityksestä aiotaan luopua kokonaan, on vaihtoehtoina esimerkiksi kaukolämpö, ilma-vesilämpöpumppu tai maalämpöpumppu, sillä konepajan öljynkulutus on melko suuri. Näistä vaihtoehtoista ilma-vesilämpöpumppu vaatii rinnalleen varajärjestelmän, maalämpöä varten alueelle on voitava porata kaivo tai kaivoja ja kaukolämpöön liittyminen vaatii lähistöllä olevan kaukolämpöverkon. Konepajalle 2 on kuitenkin tulossa uusi maalaamo, joka lämpiää myös öljyllä, joten tässä kohtaa öljylämmityksestä luopuminen kokonaan ei välttämättä ole kannattavaa.

7.2 Öljylämmityksen ja ilma-vesilämpöpumpun kustannukset

Konepajalla 2 öljyä kuluu vuodessa noin 22 000 litraa. Tämä vastaa energiana 220 MWh. Öljylämmitysjärjestelmä on vanha, joten sen hyötysuhteeksi voidaan arvioida noin 70 %. Näin ollen todellinen lämmitystarve on siis:

$$0,7 \times 220 \text{ MWh} = 154 \text{ MWh}$$

Tällöin energiaa menee hukkaan jopa 66 MWh. Lämmitystarve on siis 154 MWh ja ilma-vesilämpöpumpun lämpökertoimeksi voidaan olettaa 2,5. Tämä tarkoittaa, että 1 kW:lla sähköenergiaa voidaan tuottaa 2,5 kW lämpöenergiaa. Tällöin 154 MWh lämmitysenergian tuottamiseen konepajalla 2 tarvitaan sähköenergiaa:

$$154 \text{ MWh} \div 2,5 \approx 62 \text{ MWh}$$

Konepajan 2 sähkön kokonaishinta on noin 10 snt/kWh (Konepaja 2 yhteyshenkilö sähköposti 18.11.2020). Öljyn hintana on käytetty 1 €/litra. Taulukossa 2 on vertailtu karkeasti konepajan 2 nykyisen öljykattilan, uuden öljykattilan sekä ilma-vesilämpöpumpun kulutusta sekä laskettu näiden eri lämmitysten vuosittaiset kustannukset. Taulukosta voidaan päätellä, että jo uuden ja näin ollen hyötysuhteeltaan huomattavasti paremman öljykattilan hankkiminen vähentää lämmitykseen kuluvaan energian määrää sekä pienentää lämmitykseen kuluvia kustannuksia vuodessa jopa 5000 eurolla. Myös ilma-vesilämpöpumpun hankkiminen saattaa olla hyvinkin kannattava ratkaisu ja konepajan 2 tapauksessa vuosittaiset säästöt voivat olla erittäin merkittäviä.

Taulukko 2. Uuden ja vanhan öljykattilan sekä ilma-vesilämpöpumpun vuosikustannusten vertailu.

	öljy, nykyinen kattila	öljy, uusi kattila	IVLP
hyötysuhde	0,7	0,9	2,5
kulutus	220 MWh	171 MWh	62 MWh
lämmitystarve	154 MWh	154 MWh	154 MWh
hinta	22 000 €/a	17100 €/a	6 200 €/a

Ilma-vesilämpöpumppua harkitessa kannattaa kuitenkin huomioida esimerkiksi ulkolämpötilan vaikutus hyötysuhteeseen. Monien ilma-vesilämpöpumppujen ilmaisenergian määrä pienenee kovilla pakkasilla, mutta pumppujen välillä saattaa kuitenkin olla suuriakin eroja tämän suhteen. Kovimmilla pakkasilla laite sammuttaa itsensä ja näin ollen se vaatiikin rinnalleen aina varajärjestelmän, joka on mitoitettu lämmitystehontarpeen mukaan. Konepajan 2 tapauksessa varajärjestelmänä voisi siis olla vanha öljylämmitysjärjestelmä. Mikäli öljystä kuitenkin luovuttaisiin niin varajärjestelmänä voisi toimia esimerkiksi sähkökattila.

Konepajalla 2 tulisi siis harkita sekä öljykattilan, että öljypolttimen uusimista, sillä molemmat ovat ylittäneet teknisen käyttöikänsä jo huomattavasti. Vanhan öljykattilan ja -polttimen vaihto auttaa lisäämään energiatehokkuutta sekä säästämään lämmityskustannuksissa. Yhtenä potentiaalisena vaihtoehtona on myös valita öljyjärjestelmän rinnalle uusi päälämmönlähde, jolloin öljylämmitys voitaisiin jättää kattamaan huipputehontarve kylmillä ilmoilla. Konepajan 2 tapauksessa voisi siis olla järkevää käyttää päälämmönlähteenä esimerkiksi ilma-vesilämpöpumppua ja mitoittaa vanha öljykattila huipputehontarpeen mukaan, kun ilma-vesilämpöpumppu sammuttaa itsensä.

8 KONEPAJA 3 PARANNUSEHDOTUKSET

Konepajalla 3 on tehty jo paljon erilaisia energiatehokkuustoimia, joiden avulla energiaa voidaan säästää. Konepajalla vierailun yhteydessä tehtiin energiakävelyn tapainen tarkastelu eikä mitään erityisiä tai suurempia kehittämiskohteita energian säästämiselle löydetty. Kuitenkin esimerkiksi laajamittaisen energiakatselmuksen avulla voisi olla mahdollista löytää joitakin toimenpiteitä energiatehokkuuden lisäämiseksi. Voidaan olettaa, että yleensä uudemmat ja modernimmat laitteet ovat myös energiatehokkuudeltaan vanhempia laitteita parempia. Konepajalla 3 monet koneet ja laitteet ovat suhteellisen uusia ja joitakin vanhempia laitteita on modernisoitu tai niiden ohjausta on uudistettu. Konepajalla 3 laitteista ja koneista pidetään myös hyvää huolta, mikä varmasti lisää niiden käyttöikä ja toimivuutta. Myös paineilmajärjestelmä tarkistetaan tietyin väliajoin esimerkiksi mahdollisten vuotojen varalta. Konepajalla on aikoinaan siirrytty myös öljylämmityksestä kaukolämpöön, joka on energiatehokas lämmitysmuoto. (Konepaja 3 yhteyshenkilö henkilökohtainen tiedonanto 23.2.2021.)

Konepajalla 3 on panostettu ilmanvaihdon toimivuuteen ja oikeanlaiseen ohjaukseen. Konepajalla ei ole varsinaisia kohdepoistoja, vaan ne on suunniteltu kokonaisilmanvaihtoon. Ilmanlaatu konepajalla on poikkeuksellisen hyvä verrattuna moneen muuhun konepajaan, sillä ilmanvaihto on hyvin suunniteltu ja oikein mitoitettu. Konepajan tuotantotiloissa on aikanaan siirrytty led-valaistukseen, joka on energiatehokas vaihtoehto ja yleensä myös kannattava investointi. Tuotantohallit ovat kaikki 2000-luvun puolella rakennettu, joten niiden voidaan olettaa olevan tiiveydeltään ja rakenteiltaan suhteellisen hyviä, jolloin energiaa ei pääse karkaamaan halleista merkittäviä määriä. (Konepaja 3 yhteyshenkilö henkilökohtainen tiedonanto 23.2.2021.) Konepajalla vierailun yhteydessä tehtiin nopea lämpökuvaus ja sen perusteella mitään erityisiä ilma- vuotokohtia ei rakenteissa havaittu. Konepaja 3 toimii hyvänä esimerkkinä monelle muulle konepajalle. Esimerkiksi sekä konepajalla 1, että konepajalla 3 hitsataan erilaisia kappaleita, jolloin syntyy erilaisia hitsauskaasuja. Konepajalla 1 haittaa aiheuttaa halliin sisälle jäävät hitsauskäryt, kun taas konepajalla 3 hitsauskaasut saadaan tehokkaasti poistettua hyvän ja toimivan ilmanvaihdon avulla.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Erityisesti monilla vanhemmilla konepajoilla lämmitysjärjestelmä, ilmanvaihto ja valaistus saattavat olla alkuperäisiä ja näin ollen vanhoja. Esimerkiksi ilmanvaihtoa ei välttämättä ole päivitetty vastaamaan nykyistä tarvetta, lämmitysjärjestelmä saattaa olla jo ylittänyt käyttöikänsä reilusti tai valaistus on vanha ja energiatehokkuudeltaan huono. Tällaisilla konepajoilla energiatehokkuuden parantamista suunniteltaessa pääpaino kohdistuu usein juuri näihin suuriin energiankuluttajiin. Näin on myös konepajan 1 tapauksessa, jossa ilmanvaihtojärjestelmä kaipaa päivitystä, sillä se ei ole riittävän tehokas konepajan tarpeisiin. Konepajan 2 tapauksessa puolestaan lämmitysjärjestelmä on jo ylittänyt teknisen käyttöiän ja se tulisi uusiksi tai vaihtaa uuteen lämmitysmuotoon. Nämä konepajat toimivat hyvinä esimerkkeinä, milloin suurempia energiatehokkuusinvestointeja kannattaa harkita.

Konepajoilla 2 ja 3 on huomioitu valaistuksen energiatehokkuus ja siirrytty aikoinaan led-valaistukseen. Konepajan 1 kohdalla ilmanvaihdon päivittäminen vastaamaan todellista tarvetta auttaisi poistamaan hitsauskäryt tehokkaammin, jolloin esimerkiksi led-valaistukseen siirtyminen voisi olla mahdollista ja kannattavaa. Konepajoilla 2 ja 3 on käytössä ilmanvaihdon lämmöntalteenotto, joka on yleensä potentiaalinen energiatehokkuustoimi teollisuudessa. Konepajalla 3 käytössä on myös ilmanvaihdon käytönaikainen ohjaus, jolloin ilmanvaihto toimii pienemmällä teholla käytönaikojen ulkopuolella. Konepajan 2 tapauksessa ajankohtainen ja merkittävä energiatehokkuustoimi liittyy lämmitysjärjestelmään. Järkevin ratkaisu voisi olla ilma-vesilämpöpumpun valitseminen päälämmönlähteeksi ja vanhan öljylämmitysjärjestelmän jättäminen kattamaan kylmimpien ilmojen lämmitystarve. Tällöin konepajan on mahdollista saavuttaa erittäin merkittäviä säästöjä lämmityskustannuksissa.

Konepajan 3 tapauksessa erityisiä energiatehokkuustoimia ei löydetty, sillä konepaja on selvästi panostanut energiatehokkuuteen esimerkiksi led-valaistukseen ja energiatehokkaampaan lämmitysmuotoon siirtymisellä, tehokkaalla ilmanvaihdolla sekä laitteiden hyvällä kunnossapidolla. Konepajan 3 tuotantohallit ovat myös uudempia, kuin monien muiden konepajojen tuotantohallit, joten niiden voidaan olettaa olevan hyvässä kunnossa rakenteiden ja tiiveyden osalta. Kaikkien kolmen konepajan kohdalla

kuitenkin esiin nousi tuotantohallien suuret nosto-ovet, joiden kautta lämpöä karkaa välillä huomattaviakin määriä. Tämä on yleinen ongelma konepajahalleissa ja siihen kannattaa kiinnittää huomiota. Nosto-ovia ei yleensä ole mahdollista vaihtaa pienemmiksi, sillä monilla konepajoilla valmistetaan suuria kappaleita, jotka täytyy kuljettaa nosto-ovien kautta ulos. Lämmön karkaamista voi kuitenkin pienentää esimerkiksi nosto-ovien automatisoinnilla tai osittaisella avaamisella pienempiä kuljetuksia varten, henkilöovien käyttämisellä mahdollisuuksien mukaan tai ilmaverhojen asentamisella.

Kaikissa konepajoissa on yleensä jonkin verran erilaisia koneita ja laitteita ja niiden oikeanlainen käyttäminen, huoltaminen sekä vanhojen ja huonokuntoisten laitteiden uusiminen auttavat lisäämään energiatehokkuutta. Monet laitteet kuluttavat paljon sähköenergiaa, minkä vuoksi niiden energiatehokkuuden parantamiseen kannattaa panostaa. Monet konepajahallit ovat suhteellisen vanhoja ja näin ollen myös esimerkiksi rakenteiden lämmöneristävyys sekä rakennuksen ilmatiiveys saattavat heikentää energiatehokkuutta merkittävästi. Myös isot, vanhat ja tarpeettomat ikkunat voivat olla suuria energiankuluttajia, sillä niiden kautta lämpöä saattaa karata suuriakin määriä. Konepajahallien lämmöneristävyuden ja ilmatiiveyden parantamiseen on yleensä monia erilaisia keinoja ja jokaisen konepajan tulisi kartoittaa itselleen parhaimmat ja hyödyllisimmät menetelmät.

Konepajateollisuudessa monesti kannattavat energiatehokkuustoimet kohdistuvat esimerkiksi käyttötottumusten ja toimintatapojen muutoksiin, valaistuksen ohjaukseen ja uusimiseen, ilmanvaihdon ohjaukseen sekä lämmöntalteenottomahdollisuuksiin. Monilla konepajoilla syntyy esimerkiksi paljon hukkalämpöä ja sen hyödyntämisen mahdollisuus kannattaa selvittää. Konepajoilla on myös tärkeää tietää, mihin energiaa kuluu ja millaisia määriä, jotta energiatehokkuustoimia voidaan suunnitella oleellisimpiin ja hyödyllisimpiin kohteisiin. Konepajoilla esiin nousevat usein suuret energiankuluttajat, mutta myös pienillä energiatehokkuustoimilla voi olla suurikin merkitys. Tällaisia ovat esimerkiksi henkilöstön opastaminen oikeanlaisiin ja energiatehokkaisiin toimintatapoihin, lämmityksen sekä ilmanvaihdon pienentäminen työajan ulkopuolella sekä paineilmajärjestelmän paineen laskeminen ja vuotojen korjaaminen.

Vaikka monet energiantehostamiskohteet ovat tyypillisiä useille konepajoille, on jokaisen konepajan energiatehokkuustoimet ja niiden avulla saavutettavat hyödyt ja säästöt kuitenkin yksilöllisiä ja riippuvaisia monista eri tekijöistä. Energiatehokkuus kannattaa ottaa huomioon kokonaisvaltaisesti, eikä ajatella sitä esimerkiksi vain kertaluontoisena investointina tai parannuksena. Yleensä energiatehokkuuden huomioimisella kaikessa toiminnassa sekä sen jatkuvalla kehittämisellä saavutetaan parhaimmat tulokset.

LÄHTEET

- Andersson, A., Kiuru, J., Lylykangas, K., Nieminen, J. & Päätaalo, J. 2015. Rakenteellinen energiatehokkuus -opas 8.9.2015. Viitattu 15.2.2021. https://www.rakenteellisuus.fi/globalassets/opaat-ohjeet/ret_opas_20150917.pdf
- Asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 2017. A20.12.2017/1009.
- Aurinkosähköä kotiin www-sivut. 2021. Viitattu 10.2.2021. <https://aurinkosahkoa-kotiin.fi/aurinkosahkolaskurin-kayttoohjeet/>
- Business Finland www-sivut. 2020. Viitattu 4.1.2021. <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki>
- Ekolämmöx Oy www-sivut. 2020. Viitattu 4.1.2021. <https://ekolammox.fi/tietopaketti/oljylammituksen-korvaaminen-tai-vaihto/>
- Energiatehokas ilmanvaihto teollisuudessa. n.d. Teollisuuskiinteistöjen ilmanvaihdon energiatehokkuus -hankkeen verkkojulkaisu. Motiva. Viitattu 16.10.2020. <https://www.motiva.fi/files/15564/Teollisuuden-energiatehokas-ilmanvaihto-verkkomateriaali.pdf>
- Energiatehokas ilmanvaihto tuo teollisuudelle säästöjä ja työviihtyvyyttä. 2016. Motiva tiedotteet 15.11.2016. Viitattu 16.10.2020. https://www.motiva.fi/ajankoh- taista/tiedotteet/2016/energiatehokas_ilmanvaihto_tuo_teollisuudelle_saastoja_ja_ty- oviihtyvyytta.10084.news
- Energiatehokkuuden oheishyödyt yrityksissä. 2018. Motiva. Viitattu 28.9.2020. https://www.motiva.fi/files/15389/Energiatehokkuuden_oheishyodyt_yrityksissa.pdf
- Energiatehokkuuslaki. 2014. L 30.12.2014/1429 muutoksineen.
- Energiatehokkuussopimukset 2008–2016. Viitattu 8.2.2021. <https://energiatehok- kuussopimukset2008-2016.fi/mita-saavutimme-vuosina-2008-2016>
- Energiatehokkuussopimukset 2017–2025. Viitattu 15.12.2020. <https://energiatehok- kuussopimukset2017-2025.fi/sopimus/>
- Energiaviraston www-sivut. 2020a. Viitattu 28.9.2020. <https://energiavirasto.fi/ener- giatehokkuus>
- Energiaviraston www-sivut. 2020b. Viitattu 30.9.2020. <https://energiavirasto.fi/ener- giakatselmukset>
- Euroopan komission www-sivut. 2019. PVGIS-aurinkosähkölaskuri. Viitattu 10.2.2021. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#PVP

Heikkinen, T., Järvenpää, T., Keinänen-Toivola, M M. & Lähde, P. 2020a. Lämmöneristyksen parantaminen. SataMarin päätöksentekotyökalu energiansäästöön. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 8.3.2021. <https://news.sub.samk.fi/satamari/tilat/>

Heikkinen, T., Järvenpää, T., Keinänen-Toivola, M M. & Lähde, P. 2020b. Ilmavuotojen pienentäminen. SataMarin päätöksentekotyökalu energiansäästöön. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 8.3.2021. <https://news.sub.samk.fi/satamari/tilat/>

Heikkinen, T., Järvenpää, T., Keinänen-Toivola, M M. & Lähde, P. 2020c. Henkilöstön motivointi ja koulutus. SataMarin päätöksentekotyökalu energiansäästöön. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 23.3.2021. <https://news.sub.samk.fi/satamari/toiminnot/>

Heikkinen, T., Järvenpää, T., Keinänen-Toivola, M M. & Lähde, P. 2020d. Tyhjäkäyntikävelyt. SataMarin päätöksentekotyökalu energiansäästöön. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 23.3.2021. <https://news.sub.samk.fi/satamari/toiminnot/>

Heikkinen, T., Järvenpää, T., Keinänen-Toivola, M M. & Lähde, P. 2020e. Veden kulutuksen minimointi. SataMarin päätöksentekotyökalu energiansäästöön. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 25.3.2021. <https://news.sub.samk.fi/satamari/toiminnot/>

Heikkinen, T., Järvenpää, T., Keinänen-Toivola, M M. & Lähde, P. 2020f. Valaistuksen ohjaus. SataMarin päätöksentekotyökalu energiansäästöön. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 8.3.2021. <https://news.sub.samk.fi/satamari/tilat/>

Heikkinen, T., Järvenpää, T., Keinänen-Toivola, M M. & Lähde, P. 2020g. Valaistustekniikan päivitys. SataMarin päätöksentekotyökalu energiansäästöön. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 8.3.2021. <https://news.sub.samk.fi/satamari/tilat/>

Heikkinen, T., Järvenpää, T., Keinänen-Toivola, M M. & Lähde, P. 2020h. Sähkönkulutuksen mittaaminen, seuranta ja analysointi. SataMarin päätöksentekotyökalu energiansäästöön. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 8.3.2021. <https://news.sub.samk.fi/satamari/tilat/>

Heikkinen, T., Järvenpää, T., Keinänen-Toivola, M M. & Lähde, P. 2020i. Sähkölämmityslaitteiden optimointi. SataMarin päätöksentekotyökalu energiansäästöön. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 8.3.2021. <https://news.sub.samk.fi/satamari/tilat/>

Heikkinen, T., Järvenpää, T., Keinänen-Toivola, M M. & Lähde, P. 2020j. Tekniikan uusiminen ja laitehuollot. SataMarin päätöksentekotyökalu energiansäästöön. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Viitattu 23.3.2021. <https://news.sub.samk.fi/satamari/toiminnot/>

Hekkanen, M., Hemmilä, K., Holopainen, R. & Norvasuo, M. 2007. Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit. VTT tiedotteita 2377. Viitattu 15.2.2021. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2007/T2377.pdf>

Hyödyllistä tietoa aurinkopaneeleista. 2020. Keravan energia 11.11.2020. Viitattu 10.2.2021. <https://www.keravanenergia.fi/artikkeli/hyodyyllista-tietoa-aurinkopaneeleista/>

Jääskeläinen, J. & Turunen, T. 2013. Energiansäästöä ja työturvallisuutta teollisuuskiinteistön ilmastointitutkimuksella. Promaint kunnossapidon ja tuotannon erikoislehti 13.9.2013. Viitattu 23.11.2020. [https://promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Energiansaastoa-ja-tyoturvallisuutta-teollisuuskiinteiston-ilmastointitutkimuksella/\(offset\)/9](https://promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Energiansaastoa-ja-tyoturvallisuutta-teollisuuskiinteiston-ilmastointitutkimuksella/(offset)/9)

Keski-Honkola, P. 2014. Energiatehokas paineilma haastaa tuotantolaitokset. Promaint kunnossapidon ja tuotannon erikoislehti 21.10. 2014. Viitattu 16.11.2020. <https://promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Energiatehokas-paineilma-haastaa-tuotantolaitokset>

Kohti energiaterhokasta tuotantotilaa. 2013. Promaint kunnossapidon ja tuotannon erikoislehti 11.12.2013. Viitattu 22.10.2020. <https://promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Kohti-energiaterhokasta-tuotantotilaa>

Konepaja 1 yhteyshenkilö. Tehokas konepaja. Vastaanottaja: riia.b.uusitalo@samk.fi. Lähetetty 25.9.2020 klo 11.33. Viitattu 15.10.2020.

Konepaja 1 haastateltavat. 2020. Henkilökohtainen tiedonanto 9.11.2020.

Konepaja 2 yhteyshenkilö. Energiakävely. Vastaanottaja: riia.b.uusitalo@samk.fi. Lähetetty 18.11.2020 klo 14.12. Viitattu 27.11.2020.

Konepaja 2 yhteyshenkilö. 2020. Henkilökohtainen tiedonanto 3.12.2020.

Konepaja 3 yhteyshenkilö. Tehokas konepaja -hanke. Vastaanottaja: riia.b.uusitalo@samk.fi. Lähetetty 17.2.2021 klo 15.22. Viitattu 2.3.2021.

Konepaja 3 yhteyshenkilö. 2021. Henkilökohtainen tiedonanto 23.2.2021.

Kontu, J. & Motiva. 2013. Tuotannon hukkalämpö hyödyksi. Motiva. Viitattu 9.11.2020. https://www.motiva.fi/files/8501/Tuotannon_hukkalampo_hyodyksi.pdf

Kukka, M. Opinnäytetyö energiaterhokas konepaja. Vastaanottaja: riia.uusitalo@student.samk.fi Lähetetty 8.4.2021 klo 20.51. Viitattu 28.4.2021

Lehtosen Konepaja Oy www-sivut. 2020a. Viitattu 5.1.2021. <https://www.leko-group.fi/www/fi/2019/04/01/lehtosen-konepaja-hyotykayttaa-alykasta-aurinkosahkoa/>

Lehtosen Konepaja Oy www-sivut. 2020b. Viitattu 5.1.2021. <https://www.leko-group.fi/www/fi/2019/10/11/lehtosen-konepajan-hitsaamossa-suomen-puhtain-ilmalla/>

Lämmitysenergia Yhdistys ry:n www-sivut. 2020. Viitattu 17.12.2020. <https://oljylammitus.fi/oljylammitajan-arki/lammitysjarjestelman-huolto/>

Lämpöhuollon www-sivut. 2021a. Viitattu 11.2.2021. <https://lampohuolto.com/kaukolampo-vastauksia-yleisimmin-kysytyihin-kysymyksiin/>

- Lämpöhuollon www-sivut. 2021b. Viitattu 11.2.2021. <https://lampohuolto.com/4-faktaa-kaukolampolaitteistosta/>
- Malliratkaisu Hitsaussuojaimet. n.d. Työterveyslaitos. Viitattu 5.10.2020. https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/11/Malliratkaisu_Hitsaussuojaimet.pdf
- Mattila, V-V. & Motiva. 2012. Energiatehokas teollisuuskiinteistö. Motiva. Viitattu 22.10.2020. https://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf
- Mononen, A. 2020. Hyvä teollisuusvalaistus edellyttää kunnollista suunnittelua. Prometalli. Teollisuusvalaistus. Viitattu 23.10.2020. <https://www.prometalli.fi/aihe/41/teollisuusvalaistus>
- Motivan www-sivut. 2020a. Viitattu 15.12.2020. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/energiatehokkuussopimukset>
- Motivan www-sivut 2020b. Viitattu 3.5.2021. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/ilma-vesilampopumppu
- Motivan www-sivut 2020c. Viitattu 17.12.2020. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/remontoi_ja_huolla/oljylammittajalle
- Opas aurinkopaneelien hankintaan. 2020. Keravan energia 11.11.2020. Viitattu 10.2.2021. <https://www.keravanenergia.fi/artikkeli/opas-aurinkopaneelien-hankintaan/>
- Oy Atlas Copco Ab www-sivut. 2020. Viitattu 16.11.2020. <https://www.atlas-copco.com/fi-fi/compressors/paineilman-perusteet/paineilmalaitteisto-energiatehokkuus>
- Peltoranta, J. 2018. Oikealla valaistuksella tuottavuutta, turvallisuutta ja työtyytyväisyyttä. Prometalli 4/2018, 16–18. Viitattu 27.10.2020. <https://www.publico.com/magazine/pdf/876.pdf>
- Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa. 2018. Ilmasto-opas artikkeli 19.6.2018. Viitattu 5.11.2020. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/73fa2827-42d1-4fd7-a757-175aca58b441/rakennusten-lammitys-kuluttaa-runsaasti-energiaa.html>
- Rakennustieto RTS. 2007. Rakennusten lämmitysjärjestelmät. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Remes, M. 2019. Outotec: Uusista valaisimista 70 prosentin energiasäästö. Energiatehokkuussopimukset 2017–2025. Liittyjän tarina 24.4.2019. Viitattu 28.10.2020. <https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/outotec-uusista-valaisimista-70-prosentin-energiansaasto/>
- Salokoski, P. 2017. Tulevaisuuden energia 2030...2050. Taustaraportti. Helsinki: Tekes. Tekesin katsaus 332/2017. Viitattu 13.10.2020. https://www.businessfinland.fi/globalassets/julkaisut/tulevaisuuden-energia_2030_2050_332_2017.pdf

Stravent Oy www-sivut. 2020. Viitattu 18.11.2020. https://stravent.fi/fi/ratkaisut/logistiikka_ja_teollisuus.html

Teollisuuden energiankäyttö 2018. 2019. Helsinki: Tilastokeskus. Energia 2019. Viitattu 8.10.2020. https://www.stat.fi/til/tene/2018/tene_2018_2019-11-01_fi.pdf

Tuupanen, E. n.d. Suojakaasukäsikirja. AGA. A Member of The Linde Group. Viitattu 19.10.2020. <https://peda.net/p/esa.tuupanen%40edu.mikkeli.fi/tekninen-ty%C3%B6/sujakaasuk%C3%A4sikirja/sl/as>

Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut. 2020. Viitattu 7.10.2020. <https://tem.fi/energiatehokkuus>

Työterveyslaitoksen www-sivut. 2020. Viitattu 13.10.2020. <https://www.ttl.fi/tyoym-paristo/sisaymparisto/toimiva-ilmanvaihto/teollisuusilmastointi/>

Työturvallisuuslaki. 2002. 23.8.2002/738 muutoksineen.

Urakkamaailman www-sivut. 2021. Viitattu 3.5.2021. <https://www.urakkamaailma.fi/maalampo-hinta>

Valitse oikein: Maalämpö- vai ilma-vesilämpöpumppu. n.d. Lämpöykkönen opas. Viitattu 16.2.2021. <https://lampoykkonen.fi/wp-content/uploads/2018/09/Opas-maal%C3%A4mp%C3%B6pumpun-ja-ilma-vesil%C3%A4mp%C3%B6pumpun-valintaan.pdf>

Vattenfallin www-sivut. 2020. Viitattu 5.1.2021. <https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/tuotantomuodot/aurinkovoima/>

Ympäristöosaava www-sivut. 2021. Viitattu 3.2.2021. <https://www.ymparistosaava.fi/kone-ja-metalliala/index.php?k=22648>

Öster, H. & Motiva. 2012. Paineilma-analyysi tuo säästöjä. Motiva. Viitattu 22.10.2020. https://www.motiva.fi/files/6017/Paineilma-analyysi_tuo_saastoja.pdf