

Terttu Huuhka

Konesalien energiatehokkuus

Kyselytutkimus IT-konesalitulojen energiatehokkuudesta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK)

Automaatioteknologia (YAMK)

Insinöörityö

12.11.2012

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Terttu Liisa Huuhka Konesalien energiatehokkuus: Kyselytutkimus IT-konesalitulojen energiatehokkuudesta 88 sivua + 5 liitettä 12.11.2012
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	automaatioteknologia (YAMK)
Suuntautumisvaihtoehto	-
Ohjaaja	lehtori Kai Virta
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää keinoja, joilla tietotekniikan konesalien energiatehokkuutta voidaan parantaa. Tutkimuksen tarkoituksena oli myös lisätä konesalien energiatehokkuutta parantavien toimien tunnettuutta.</p> <p>Opinnäytetyö sisältää teoriaosan ja empiirisen osan. Teoriaosan aineistona on käytetty aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, tutkimusraportteja ja Internet-lähteitä. Työhön on kerätty tietoa strategisesta toiminnan johtamisesta, konesalien energiatehokkuudesta ja mittaamisesta. Teoriaosa toimi pohjana kvantitatiiviselle kyselytutkimukselle, jossa selvitettiin kohdejoukon konesalien energiatehokkuuden nykytilaa, käytäntöjä ja jatko-suunnitelmia sekä energiatehokkuuden parantamisen esteitä. Kyselytutkimuksessa oli mukana suomalaisia teknologiateollisuuden yrityksiä eri kokoluokista ja toimialoilta.</p> <p>Empiirisessä tutkimuksessa havaittiin, että yrityksissä on kiinnitetty huomiota energiatehokkuuteen ja otettu käyttöön tehostamistoimenpiteitä. Kaikkia energiatehokkuuden edistämisen keinoja yritykset eivät kuitenkaan vielä tunnista. Tutkimustulosten mukaan energiatehokkuuden edistämisen huomattavimpia esteitä ovat tiedon puute ja taloudelliset esteet. Todettiin, että konesaleissa eniten energiaa kuluu IT-laitteisiin ja niiden jäähdytykseen. Energiankulutuksen kannalta suurimmat säästöt saadaan yleensä palvelimien virtualisoinnilla ja jäähdytysjärjestelmän optimoinnilla.</p> <p>Hyvä strategia ja johtaminen mahdollistavat energiatehokkuuden jatkuvan parantamisen. Energiakatselmuksent ja auditoinnit auttavat yrityksiä tunnistamaan kannattavat säästökohteet ja keinot, joilla energiankäyttöä voidaan tehostaa ja vähentää kustannuksia. Energiatehokkuus tulee sisällyttää yrityksen kaikkiin toimintoihin, joista tärkeimpiä ovat investoinnit ja hankinnat.</p>	
Avainsanat	energiatehokkuus, tietotekniikka, konesali, palvelinhuone, jäähdytys, kyselytutkimus

Author Title	Terttu Liisa Huuhka Data Center Energy Efficiency: a questionnaire study about the energy efficiency of server rooms in Finnish technology industry companies
Number of Pages Date	88 pages + 5 appendices 12 November 2012
Degree	Master's Degree in Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	-
Instructor	Kai Virta, Principal Lecturer
<p>The aim of this master's thesis was to examine the energy efficiency of server rooms and how the company's energy efficiency could be improved. An additional aim of the research was to increase the knowledge of server rooms energy efficiency.</p> <p>The thesis includes a theory part and an empirical part. The theoretical frame for the thesis has been compiled from literature of the field, research reports and online sources. The theory part discusses strategic management, data center energy efficiency and energy measurement. A quantitative research method was used with data collected via a questionnaire, which examined the current state of the energy efficiency of the server rooms and development needs and plans in Finnish technology industry companies.</p> <p>The empirical part showed that while energy efficiency has received attention in enterprises and actual efficiency measures had been implemented, all the measures for energy efficiency were not recognized by the enterprises. The theory part showed that most of the energy consumed in data centers is used on IT equipment and their cooling. The biggest savings are usually attained by virtualising servers and optimising the cooling system.</p> <p>This study indicated that good strategy and management enable continuous improvement of energy efficiency. Energy audits help companies to identify the most profitable saving targets and means, with which it is possible to improve energy efficiency and reduce costs. Energy efficiency should be included in the company's measures, of which the most important are investments and purchases.</p>	
Keywords	energy effectiveness, information technology, data center, server room, cooling, questionnaire study

Sisällys

Lyhenteet	i
Kuviot	ii
Taulukot	iii
Käsitteet	iv
1 JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen taustaa	1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet, tutkimusaineisto ja -menetelmät	2
1.3 Aikaisempia tutkimuksia	3
1.4 Työn rakenne	4
2 ENERGIANKÄYTÖN NYKYTILANNE JA LÄHTÖKOHDAT	5
2.1 Energiankulutuksen kehitys	5
2.2 Sähkönkulutuksen kehitys	6
3 ENERGIATEHOKKUUS	7
3.1 Energiatehokkuuden käsite	7
3.2 Energiatehokkuuden parantamisen hyödyt	7
3.3 Energiatehokkuuden seurannan nykytila	9
3.4 Energiansäästöpotentiaali teollisuudessa	10
4 ENERGIATEHOKKUUDEN JOHTAMISEN TYÖKALUT	12
4.1 Strateginen toiminnan johtaminen	12
4.1.1 Strategian käsite	12
4.1.2 Energia-asioiden johtaminen ja johtamisjärjestelmät	13
4.2 Energiantehokkuusjärjestelmä ETJ ja jatkuva parantaminen	15
4.3 Energiakatselmukset	17
4.3.1 Teollisuuden energiakatselmukset	18

4.3.2	Konesalien energiakatselmukset	19
4.4	Sisäiset auditoinnit	19
4.5	Johdon katselmus	22
4.6	Benchmarking	23
5	ENERGIATEHOKAS KONESALI	25
5.1	Konesalin ominaisuudet	25
5.2	Palvelinten energiatehokkuus	26
5.3	Palvelinten virtualisointi	27
5.4	Jäähdytysjärjestelmät	28
5.4.1	Ilmajäähdytys ja ilmankierron optimointi	29
5.4.2	Vapaajäähdytys	32
5.4.3	Palvelintelinekohtainen nestejäähdytys	33
5.4.4	Jäähdytys erillisille palvelinkaapeille	34
5.4.5	Kaukojäähdytys	34
5.5	Hukkalämmön hyödyntäminen	35
5.6	Sähköjärjestelmät	35
5.6.1	Virranjakelun optimointi	35
5.6.2	Virransyötön varmistaminen	37
5.6.3	Valaistus	38
5.7	Tietotekniikkahankinnat ja energiatehokkuus	38
6	KONESALIN ENERGIATEHOKKUUDEN MITTAAMINEN	40
6.1	Energiatiheys	40
6.2	PUE (Power Usage Effectiveness)	40
6.3	NPUE (Net Power Usage Effectiveness)	42
6.4	ρ PUE (Partial Power Usage Effectiveness)	42
6.5	CUPS (Computer Units per Second)	43
6.6	CADE (Corporate Average Data Center Efficiency)	44
6.7	Yhteenvedo konesalien mittareista	46

7	KYSELYTUTKIMUS JA SEN TUTKIMUSTULOKSET	47
7.1	Tutkimuksen toteutustapa	47
7.2	Tutkimuksen pätevyys ja luotettavuus	48
7.3	Tutkimustulokset	49
7.3.1	Taustatietoa vastaajista	49
7.3.2	Strateginen johtaminen	51
7.3.3	Taustatietoa konesalituloista	54
7.3.4	Energiatehokkuuden seuranta	58
7.3.5	Toteutetut energiatehokkuustoimenpiteet	60
7.3.6	Energiatehokkuuden parantaminen tulevaisuudessa	61
7.3.7	Energiatehokkuuden huomioiminen hankinnoissa	63
7.3.8	Energiatehokkuuden parantamisen esteet	65
7.3.9	Energiatehokkuus ja yrityksen kilpailukyky	66
8	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	67
8.1	Strateginen johtaminen ja energiatehokkuus	67
8.2	Konesalien energiatehokkuuden nykytila	68
8.3	Energiatehokkuuden parantamisen esteet	69
8.4	Konesalien energiatehokkuuden parantaminen tulevaisuudessa	69
9	POHDINTA	72
	LÄHTEET	74
	Liitteet	
	Liite 1. Kyselylomake	

Lyhenteet

AC	Alternating Current, vaihtovirta
ASHRAE	The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CADE	Corporate Average Data Center Efficiency
CO ₂	Hiilidioksidi
CUPS	Computer Units Per Second
DC	Direct Current, tasavirta
DCiE	Data Center infrastructure Efficiency
DP	Dew Point, kastepiste (-lämpötila)
NPUE	Net Power Usage Effectiveness
IT	Information Technology, tietotekniikka
pPUE	Partial Power Usage Effectiveness
PUE	Power Usage Effectiveness
RH	Relative Humidity, suhteellinen kosteus
UPS	Uninterruptible Power Supply

Yksiköt

kWh	Kilowattitunti, energian yksikkö, 10 ³
MWh	Megawattitunti, 10 ⁶
GWh	Gigawattitunti, 10 ⁹
TWh	Terawattitunti, 10 ¹²
PJ	Patajoule, 1 PJ ≈ 0,278 TWh tai 1 TWh = 3,6 PJ
W	Watti, tehon yksikkö
MW	Megawatti

Kuviot: teoriaosuus

Kuvio 1. Energian kokonaiskulutus ja loppukäyttö 1970–2011	5
Kuvio 2. Sähkönkulutus Suomessa 1970 – 2010	6
Kuvio 3. Arvio parhaista keinoista CO ₂ -päästöjen vähentämiseksi	8
Kuvio 4. Energiatohokkuuden seuranta sektoreittain PK-yrityksissä	9
Kuvio 5. Energia-asioiden johtamisen alueet	14
Kuvio 6. Energiatohokkuuden jatkuva parantamisen vaiheet	16
Kuvio 7. Energiakatselmuksen vaiheet	17
Kuvio 8. Sisäisen auditoinnin periaate	20
Kuvio 9. Jäähdytysilman kulku ilmajäähdytteisessä konesalissa	30
Kuvio 10. PUE-arvo ja Partial PUE	42
Kuvio 11. Konesalien kokonaisvaltainen energiatohokkuuden mittari CADE	44

Kuviot: kyselytutkimuksen tutkimustulokset

Kuvio 12. Kyselyyn osallistuneiden yritysten toimialajakauma	49
Kuvio 13. Yrityksen henkilöstön määrä	50
Kuvio 14. Yrityksen sijainti	50
Kuvio 15. Vastaajan asema yrityksessä	51
Kuvio 16. Energiastrategian tai energiapolitiikan laatineiden yritysten osuus	51
Kuvio 17. Energiatohokkuussopimukseen liittyneet tai liittymässä olevat yritykset	52
Kuvio 18. Yritysten käytössä olevat johtamisjärjestelmät	52
Kuvio 19. Energiatohokkuusasiat liitetty yrityksen olemassa olevaan johtamisjärjestelmään (% yrityksistä)	53
Kuvio 20. Energiatohokkuuden vastuuhenkilön nimenneiden yritysten osuus	53
Kuvio 21. Vastaajayritysten nykyisten palvelintilojen/konesalien jakauma	54
Kuvio 22. Palvelintilojen pinta-ala	54
Kuvio 23. Palvelinten määrä	55

Kuvio 24. Virtualisoitujen palvelinten osuus kaikista palvelimista	56
Kuvio 25. Palvelintilan hallintaohjelmisto käytössä (% yrityksistä)	56
Kuvio 26. Palvelintilan jäähdytystapa	57
Kuvio 27. Palvelintilan lämpötila	57
Kuvio 28. Konesaltilan energiakatselmuksen tehneiden yritysten osuus	58
Kuvio 29. Konesaltilan energian kulutuksen tietoisien seurannan osuus	58
Kuvio 30. Energiankulutuksen seurantajaksot	59
Kuvio 31. Energiatehokkuuden parantamiseksi tehdyt toimenpiteet	60
Kuvio 32. Konesaltilojen energiaterokkuuden parantamiseen kohdistuva mielenkiinto	62
Kuvio 33. Ulkoistuspalveluiden käytön arvioitu kehitys vuoteen 2016 mennessä	62
Kuvio 34. Pilvipalveluiden käytön arvioitu kehitys vuoteen 2016 mennessä	63
Kuvio 35. Hankintapäätösten vastuutaho	63
Kuvio 36. Energiaterokkuuden ja kulutuksen huomioiminen hankinnoissa	64
Kuvio 37. Palvelintilojen energiaterokkuuden parantamisen esteet	65
Kuvio 38. Vastaajien näkemys palvelintilojen energiaterokkuustoimenpiteiden vaikutuksesta yrityksen kilpailukykyyn ja kannattavuuteen	66

Taulukot

Taulukko 1. Teollisuuden PK-yritysten keskimääräinen säästöpotentiali	10
Taulukko 2. Suositeltavat ja sallitut konesalin tuloilman raja-arvot luokille A1 ja A2	31
Taulukko 3. PUE- ja DCiE-tunnusluvut	41
Taulukko 4. PUE-kategoriat	41
Taulukko 5. CUPS-arvon laskentamalli	43
Taulukko 6. CADE-tasot	45
Taulukko 7. Yhteenveto energiaterokkuuden mittareista	46

Käsitteet

Energiatehokkuus

Energiatehokkuudella tarkoitetaan yleensä energian käytön tehokkuuden parantamista siten, että energian ominaiskulutus alenee. Ominaiskulutuksella tarkoitetaan suhteellista energiankulutusta tuoteyksikköä tai tiettyä palvelua kohti laskettuna.

Energiatehokkuusjärjestelmä (ETJ)

Energiatehokkuusjärjestelmä on osa yrityksen johtamisjärjestelmää, joka sisältää energia-asioita koskevan organisaatorakenteen, suunnittelun, vastuut, toimintatavat, prosessit ja resurssit sekä kehittää esimerkiksi yrityksen laatimaa erillistä energiapolitiikkaa tai yrityksen ympäristöpolitiikkaa energia-asoiden osalta.

Energiapolitiikka

Energiapolitiikka on yrityksen johdon tahdon ilmaisu energiatehokkuuden tason parantamiseksi. Erillistä energiapolitiikkaa ei tarvita, jos yrityksen sitoutuminen energiatehokkuuden jatkuvaan parantamiseen sisältyy esimerkiksi ympäristöpolitiikkaan tai tulee esiin yrityksen arvoista.

Konesalitila

Konesalitilalla tarkoitetaan erityistä laitetilaa tai konesalia, jonka laitteisto koostuu palvelimista, tietoliikenteen aktiivilaitteista (kuten runkokytkimet, reitittimet) sekä tallennus- ja varmistuslaitteista. Pienempiä konesaleja kutsutaan yleisesti palvelinhuoneiksi ja suuria datakeskuksiksi.

Teknologiateollisuus

Teknologiateollisuuden yritykset toimivat viidellä päätoimialalla, jotka ovat elektroniikka- ja sähköteollisuus, kone- ja metallituoteteollisuus, metallien jalostus, tietotekniikka-ala sekä suunnittelu ja konsultointi.

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan konosalien energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä sitä, miten energiatehokkuutta voidaan parantaa ja samalla vähentää konosalien sähkönkulutusta. Työhön sisältyy myös kyselytutkimus, jonka avulla selvitetään suomalaisten teknologiateollisuusyritysten tietotekniikan konesalitilojen energiatehokkuuden nykytilaa, käytäntöjä ja tulevaisuuden suunnitelmia.

1.1 Tutkimuksen taustaa

EU:ssa ja kansallisella tasolla on asetettu useita tavoitteita energian käytön tehostamiseksi. EU:n yhteisenä tavoitteena on energiatehokkuuden parantaminen 20 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Euroopan kokonaisenergiasta teollisuus käyttää noin 20 prosenttia. Tähän verrattuna Suomen teollisuus on hyvin energiavaltaista, sillä se käyttää noin puolet Suomen kokonaisenergiasta.

Teknologiateollisuus ry on useiden muiden alojen tavoin tehnyt valtion kanssa sopimuksen energiatehokkuuden parantamiseksi. Sopimukseen liittyneet yritykset tavoittelevat sopimuksen mukaista 9 prosentin energiatehokkuuden parantamista aikajaksolla 2008–2016. Yrityksille sopimukseen liittyminen on vapaaehtoista. Kuitenkin energian käyttöä koskevien säädösten kiristyminen ja energian hinnan nousu pakottaa yrityksiä tehostamaan entisestään energiankäyttöä. [31; 53, s. 1-2; 54, s. 49.]

Yritykset kaipaavat usein apua energiatehokkuutensa parantamiseksi. Tähän tarkoitukseen on kehitetty energiakatselmukset, joiden koordinoinnista Suomessa vastaa valtion omistama asiantuntijayritys Motiva Oy. Katselmukset ja parannusehdotukset kohdistuvat yleensä paineilmajärjestelmiin, käyttövesijärjestelmiin, ilmanvaihtoon, ilmastointiin, lämmitykseen, jäähdytykseen ja valaistukseen. Tietotekniikan konosalien jäähdytyksen, valaistuksen ja IT-laitteiden sähkönkulutuksen pienentämisen keinoja ei sen sijaan aina ole tutkittu perusteellisesti. Kaikki, mitä energiankulutuksessa säästetään, lisää kuitenkin yritysten nettotulosta. Tämän vuoksi yrityksissä kannattaisi kiinnittää huomiota myös tietotekniikan konesalitilojen energia-asioihin.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet, tutkimusaineisto ja -menetelmät

Tässä tutkimuksessa selvitetään konosalien energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä sitä, miten energiatehokkuutta voidaan parantaa ja samalla vähentää konosalien sähkönkulutusta.

Tutkimuksen päätavoitteena on selvittää:

- Miten konesalitilojen energiatehokkuutta voidaan parantaa?

Lisäksi tutkimuksen avulla pyritään vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Miten energiatehokkuus on huomioitu yritysten strategisessa johtamisessa?
- Miten energiatehokkuus on huomioitu kohdeyritysten konesalitiloissa?
- Onko energiatehokkuuden parantamiselle esteitä?

Tutkimus koostuu teoreettisesta ja empiirisestä osuudesta. Teoreettisessa osuudessa käytetään aineistona aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, aikaisempia tutkimusraportteja ja Internetistä löytyvää tietoa. Kirjallisuustutkimuksessa tutustutaan muun muassa yritysstrategian ja energia-asioiden välisiin yhteyksiin sekä konesalin energiatehokkuuteen vaikuttaviin tekijöihin ja energiankulutuksen mittaamiseen.

Tutkimusmenetelmänä empiiriselle tutkimusaineistolle on määrällinen kyselytutkimus, joka toteutetaan e-lomakkeena. Kyselytutkimuksella halutaan selvittää suomalaisten teknologiateollisuusyritysten tietotekniikan konosalien energiatehokkuuden nykytilaa, käytäntöjä ja tulevaisuuden suunnitelmia. Kyselytutkimuksen kohderyhminä ovat kone- ja metallituoteteollisuuden, elektroniikka- ja sähköteollisuuden, metallien jalostuksen ja tietotekniikka-alan yritykset sekä suunnittelu ja konsulttitehtävissä toimivat yritykset.

Tieto- ja viestintäteknikan energiankäytöstä ja ympäristövaikutuksista on tehty jonkin verran maailmanlaajuisia ja kansallisia tutkimuksia. Tutkimuksissa on esitetty muun muassa suuntaa antavia tieto- ja viestintäteknikan energiankäyttöarvioita. Toimistolaitteiden sähkönkulutuksen mittaamisesta ja konesalipalveluiden energiatehokkuudesta on julkaistuja kokemuksia myös Suomesta.

Tämän tutkimuksen lisäarvo aikaisempiin nähden on suomalaisten yritysten konesalien energiatehokkuuden nykytilan tutkiminen. Tutkimuksen lisätavoitteena on tuottaa tietoa ja esittää työvälaineitä, joiden avulla yritykset voivat tulevaisuudessa toteuttaa konesali-tilojen energiatehokkuuteen liittyviä tavoitteitaan.

1.3 Aikaisempia tutkimuksia

Tässä luvussa tarkastellaan lyhyesti aikaisemmin tehtyjä tutkimuksia, jotka sivuavat opinnäytetyöni aihetta.

Kansainvälinen tutkimus- ja konsultointiyritys Gartner on tutkinut tieto- ja viestintätekniikan ympäristövaikutuksia. Vuonna 2007 tutkimustuloksista kertovassa lehdistötiedotteessa arvioitiin, että tieto- ja viestintätekniikka tuottaa teollisuudenalana noin 2 prosenttia maailman hiilidioksidipäästöistä eli melkein yhtä paljon kuin lentoliikenne. Gartner oli sisällyttänyt arvioon palvelimet, tietokoneet, jäähdytyslaitteet, LAN-verkot, toimiston puhelinlaitteet ja oheislaitteet. [16.]

Kansainvälinen konsultointitoimisto McKinsey & Company julkaisi vuonna 2008 oman tutkimuksensa tieto- ja viestintätekniikan ympäristövaikutuksista. McKinseyn tutkimus tukee Gartnerin tutkimustuloksia tieto- ja viestintätekniikan globaalista päästötasosta. Lisäksi McKinsey arvioi palvelinten ja tietoliikennelaitteiden aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen nelinkertaistuvan vuoteen 2020 mennessä. [27, s. 1.]

Muukkonen tutki vuonna 2009 diplomityössään tietotekniikan ympäristövaikutuksia ja ympäristöjohtamista. Työn empiirisessä osuudessa hän selvitti haastatteluin tieto- ja viestintäteknologian parantamisen kannustimia ja käytäntöjä sekä yleistä suhtautumista ympäristö- ja energia-asioihin. Kohderyhminä olivat suomalaiset käyttö- tai laskenta-palveluja tarjoavat yritykset, teleoperaattoriyritykset sekä itse konesalejaan hallinnoivat organisaatiot. Muukkonen totesi tutkimuksessaan konesalien energiatehokkuuden parantamisen tärkeimmäksi syyksi liiketaloudelliset syyt. [35, s.47, 70-71.]

Koomey on tutkinut palvelinten ja konesalien energiankäyttöä Yhdysvalloissa ja maailmanlaajuisesti. Koomeyn vuoden 2011 tutkimustulosten mukaan konesalien sähkönkäyttö on kaksinkertaistunut vuosina 2000–2005, mutta kasvuvauhti on hidastunut merkittävästi vuosien 2005 ja 2010 välillä. Hidastuminen johtui vuosien 2008–2009

talouskriisistä, palvelinten lisääntyneestä virtualisoinnista ja teollisuuden pyrkimyksistä parantaa tehokkuutta vuodesta 2005 lähtien. [24, s. 9.]

1.4 Työn rakenne

Opinnäytetyö koostuu yhdeksästä luvusta. Ensimmäisessä luvussa kuvataan tutkimuksen tausta, tavoitteet ja tutkimusmenetelmät sekä esitellään lyhyesti käsillä olevan tutkimuksen kannalta relevantit aiemmat tutkimukset ja työn rakenne. Toisessa luvussa tutustutaan energian- ja sähkönkulutuksen kehitykseen Suomessa.

Kolmannessa luvussa määritellään ensin energiatehokkuuden käsite. Tämän jälkeen käydään läpi energiatehokkuuden parantamisen hyötyjä. Lisäksi luvussa tarkastellaan energiatehokkuuden seurannan nykytilaa, teollisuuden energiansäästöpotentiaalia sekä tietotekniikkalaitteiden sähkönsäästöpotentiaalia.

Neljännessä luvussa käydään läpi energia-asioiden johtamisen työkaluja. Ensin käsitellään strategista toiminnan johtamista, jonka jälkeen esitellään energiatehokkuusjärjestelmä, energiakatselmukset, sisäiset auditoinnit, johdon katselmukset ja benchmarking.

Viidennessä luvussa selvitetään konesalien energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä. Luvussa käsitellään ensin konesalien yleisiä ominaisuuksia. Seuraavaksi perehdytään palvelinten energiatehokkuuteen ja kuvataan erilaisia jäähdytys- ja sähköjärjestelmiä. Lopuksi pohditaan vielä energiatehokkuuden huomioimista tieto- ja viestintätieteiden hankinnoissa. Kuudennessa luvussa esitellään tärkeimmät konesalien energiatehokkuuden mittarit.

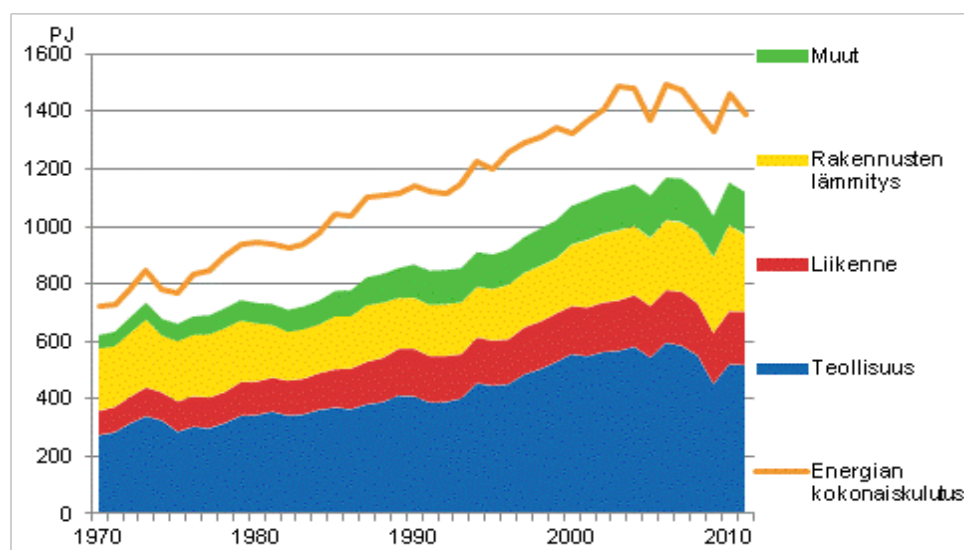
Seitsemännessä luvussa kuvataan lyhyesti tutkimusmenetelmä, kohderyhmä ja otos, tutkimuksen tekemisen vaiheet ja tutkimuksen luotettavuus. Lopuksi esitellään tutkimustulokset. Kahdeksannessa luvussa tiivistetään tutkimuksen tulokset johtopäätöksiksi. Tulosten analysoinnin ja tulkinnan perusteella tehdyillä johtopäätöksillä haetaan vastauksia tutkimuskysymyksiin.

Viimeisessä luvussa pohditaan tutkimusta ja sen tuloksia, tutkimuksen antia ja tulosten yleistettävyyttä. Lisäksi esitetään muutama jatkotutkimusaihe.

2 Energiankäytön nykytilanne ja lähtökohdat

2.1 Energiankulutuksen kehitys

Energian kokonaiskulutus on Suomessa noin kaksinkertaistunut vuosien 1970–2010 välisenä aikana (kuvio 1). Vuonna 2011 energian kokonaiskulutus oli noin 1 389 PJ eli 386 terawattituntia (TWh). Teollisuuden osuus energiankulutuksesta vuonna 2011 oli 46 prosenttia. [51.]



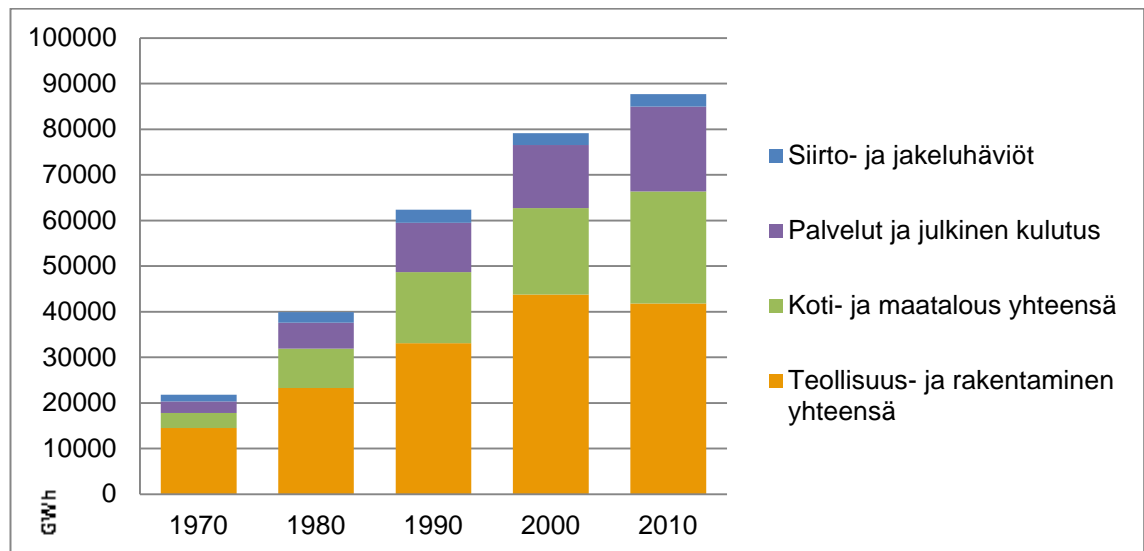
Kuvio 1. Energian kokonaiskulutus ja loppukäyttö 1970-2011 [51].

Suomessa energiansäätöön ja energiatehokkuuteen on panostettu 1970-luvun öljykriiseistä lähtien. Valtio on kehittänyt energian käytön tehostamiseen erilaisia menetelmiä ja myös tukenut rahallisesti niiden käyttöönottoa. Toiminnan painopiste on ollut vapaaehtoisissa edistämistoimissa. [54, s. 24.] Yksi keskeinen vapaaehtoisuuteen perustuva ohjauskeino viime vuosina on ollut energiatehokkuussopimukset.

Vuoden 2005 energia- ja ilmastostrategian mukaisesti Suomi on käynnistänyt useita toimia energiatehokkuuden parantamiseksi, mutta toistaiseksi niiden vaikutukset eivät ole näkyneet kokonaisenergian kulutuksessa. Suomen tavoitteena on olla vuonna 2020 kansainvälisesti johtava maa energiatehokkuudessa. Tällöin koko kansantaloutemme hyötyisi syntyneestä kilpailuedusta myös pitemmällä aikavälillä. [19, s. 41, 43.]

2.2 Sähkönkulutuksen kehitys

Sähkön kokonaiskulutus Suomessa on vuosien 1970–2010 aikana yli nelinkertaistunut ja teollisuuden sähkön kulutus samana aikana noin kolminkertaistunut (kuvio 2). Vuonna 1970 sähkön kokonaiskulutus oli 21,8 TWh ja vuonna 2010 se oli 87,7 TWh. Teollisuuden osuus sähkönkulutuksesta vuonna 1970 oli 66 prosenttia ja vuonna 2010 se oli 48 prosenttia. Tämä tarkoittaa sitä, että teollisuus on hyvin keskeinen sähkön kokonaiskulutuksen kannalta. [52.]



Kuvio 2. Sähkönkulutus Suomessa 1970 – 2010 [52].

Vuonna 2011 sähkön kokonaiskulutus oli 84,4 TWh, mikä oli 3,8 prosenttia vähemmän kuin vuotta aiemmin. Kulutuksen vähennys johtui ensisijaisesti leudosta talvesta ja teollisuuden tuotannon alenemisesta. Kokonaiskulutuksesta teollisuus käytti edelleen noin 48 prosenttia. Teollisuuden sähköstä metsäteollisuus kulutti 25 prosenttia, kemianteollisuus 8 prosenttia, metallinjalostus 10 prosenttia ja muut 5 prosenttia. [52; 10, s. 20.]

Teollisuuden vuotuinen sähkönkulutuksen kasvu on viimeisen kymmenen vuoden aikana vaihdellut, ollen keskimäärin 2 prosenttia. [54, s. 48]. Kulutuksen arvellaan kasvavan edelleen ilman uusia toimenpiteitä. Jos mitään ei tehdä, sähkönkulutus kasvaa Suomessa noin 10 prosenttia vuoteen 2020 mennessä, ja vuonna 2050 se olisi jo noin neljänneksen nykyistä korkeampi. [19, s. 5.]

3 Energiatehokkuus

3.1 Energiatehokkuuden käsite

Energiatehokkuus on käsite, jonka sisältö vaihtelee eri käyttöyhteyksissä ja riippuen siitä, mistä näkökulmasta asiaa tarkastellaan. Yleensä energiatehokkuuden parantaminen tarkoittaa uuden teknologian tai käyttötottumuksen omaksumista, joka vaatii vähemmän energiaa saman tuotteen tai palvelun tuottamiseksi. [49, s. 56].

Energiatehokkuus käsite voidaan jossain määrin erottaa energiansäästöstä. Energiansäästöllä tarkoitetaan aktiivisilla toimenpiteillä aikaansaattua energiankulutuksen vähentämistä alkutasosta tai tulevan kulutuksen vähentämistä verrattuna siihen energiankulutukseen, joka toteutuisi ilman näitä toimenpiteitä. Energiatehokkuutta parantavia toimintoja ovat kaikki ne energiansäästötoimet, joista seuraa mitattavissa tai arvioitavissa olevaa energiansäästöä. Toiminnot voivat olla teknisiä tai ne voivat liittyä energiaa kulluttavien laitteiden käyttöön, toimintatapoihin, toimintaympäristöön tai ihmisten käyttäytymiseen. Energiatehokkuutta parantavat toimet ovat siis määritelmänä laajempi käsite kuin energiansäästötoimet. Niiden keskeinen kriteeri on toimenpiteiden toteuttaminen nimenomaan energiatehokkuuden parantamiseksi. [55, s. 6.]

3.2 Energiatehokkuuden parantamisen hyödyt

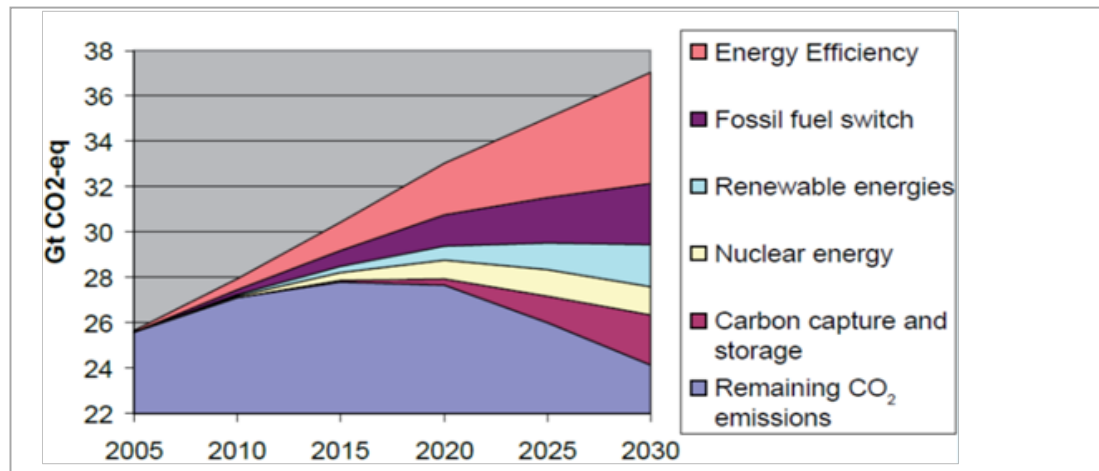
Energiatehokkuuteen panostaminen vähentää pidemmällä aikavälillä energiankäyttöön liittyviä kustannuksia ja parantaa yritysten kilpailukykyä. Energiatehokkuuden parantamisen hyödyt eivät kuitenkaan rajoitu yksin investointeja tehneeseen yritykseen, vaan hyötyjä voidaan nähdä globaalilla tasolla. Keskeinen energiatehokkuuden lisäämisen hyöty on hiilidioksidipäästöjen (CO₂) väheneminen.

Hiilidioksidipäästöjen vähentyminen

Ihmisen toiminta tuottaa runsaasti kasvihuonekaasuja, jotka voimistavat luonnollista kasvihuoneilmiötä. Näitä ovat esimerkiksi hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄) ja dityppioksidi (N₂O). Ilmastonmuutoksesta hiilidioksidin osuus on noin 60 prosenttia. Hiilidioksidista taas kolme neljäsosaa tulee energiantuotannosta ja liikenteestä sekä noin vii-

dennes metsämaiden hyödyntämisestä. Kasvihuonekaasuja vapautuu lisäksi muun muassa maataloudessa, kaatopaikoilla ja teollisuudesta. [9, s. 6.]

Euroopan komissio on tehnyt tutkimuksen parhaista keinoista vähentää CO₂-päästöjä. Sen tekemässä vertailussa olivat mukana energiatehokkuus, fossiilisten polttoaineiden korvaaminen, uusiutuvat energialähteet, ydinenergia, hiilen talteenotto ja varastointi.



Kuvio 3. Arvio parhaista keinoista CO₂-päästöjen vähentämiseksi [12, s. 8].

Kuviosta 3 nähdään, että Euroopan komission arvion mukaan energiatehokkuuden parantaminen on merkittävin yksittäinen keino hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. [12, s. 8.]

Kilpailukyvyn parantaminen

Energiankäyttöä tehostamalla ja energiaa säästämällä vähennetään kokonaisenergian tarvetta. Energiankulutuksen vähenemisen myötä energiankäyttöön liittyviä kustannuksia syntyy myös vähemmän, mikä vaikuttaa yrityksen kilpailukykyyn. [51, s. 2.] Energiapolitiikalla voidaan vaikuttaa myös yrityksen brändiin ja sitä kautta parantaa yrityksen taloudellista tulosta sekä kilpailukykyä.

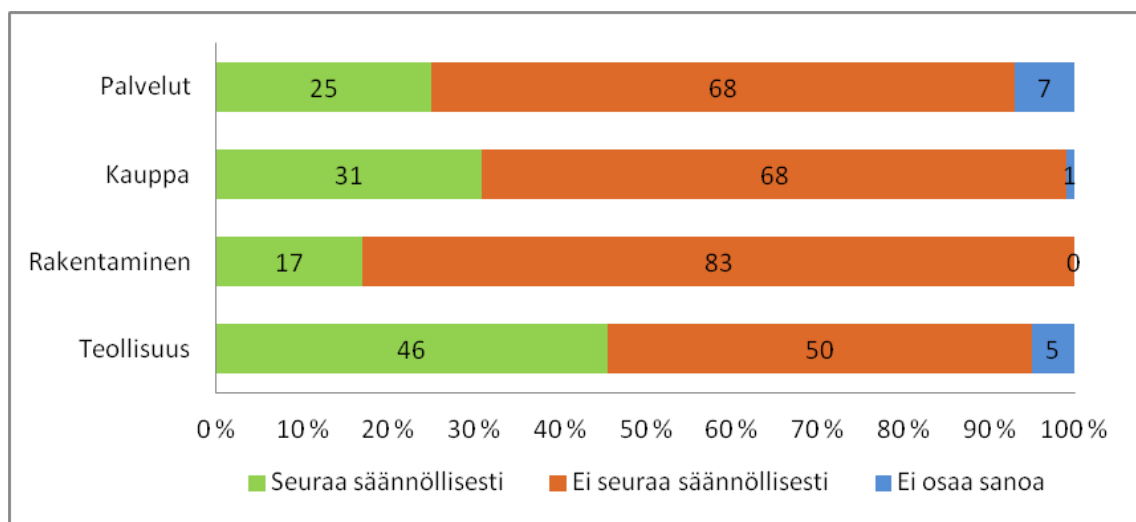
Työllistäminen

Energiatehokkuuden paranemisesta johtuva kilpailukyvyn kehitys voi luoda yrityksiin uusia työpaikkoja. Energiatehokkuuden työllistävät vaikutukset voivat koskea esimerkiksi energiatehokkaita laitteita valmistavaa teollisuutta, konsultteja ja rakennusten

remontointialaa. Euroopan komission mukaan talouskasvusta syntyneiden työpaikkojen kautta voisi hyötyä koko EU:n talous.

3.3 Energiatehokkuuden seurannan nykytila

Elinkeinoelämän keskusliiton tekemän selvityksen mukaan yhä useammat pienet ja keskisuuret yritykset seuraavat energiatehokkuuttaan säännöllisesti tiedossa olevin mittarein. Energiatehokkuudessa on kuitenkin vielä paljon kehitettävää, sillä kaikista PK-yrityksistä vain kolmannes toimi aktiivisesti energiatehokkuutensa parantamiseksi. Lisäksi vain 7 prosenttia vastaajista oli liittynyt tai on liittymässä elinkeinoelämän ja valtiovallan väliseen energiatehokkuussopimukseen. Kuviossa 4 on esitetty energiatehokkuuden seurannan yleisyys erilaisissa pienissä ja keskisuurissa yrityksissä. [6, s. 11.]



Kuvio 4. Energiatehokkuuden seuranta sektoreittain PK-yrityksissä (% yrityksistä) [6, s. 11].

Teollisuusyrityksissä energiatehokkuuden seuranta oli selkeästi aktiivisempaa kuin rakennus- ja palvelualoilla. Yleisintä energiatehokkuuden seuranta oli keskisuurissa teollisuuden yrityksissä ja voimakasta kasvua tavoittelevissa yrityksissä. [6, s. 11.]

Kokemusta energiatehokkuuden seurannasta alle 10 hengen yrityksistä oli 17 prosentilla, 10–49 henkilöä työllistävistä 28 prosentilla ja vähintään 50 henkilöä työllistävistä 53 prosentilla. Suhteellisesti eniten energiatehokkuutta seuraavia yrityksiä oli Länsi-Suomessa (34 prosenttia) sekä Etelä-Suomessa (33 prosenttia). [6, s. 11.]

3.4 Energiansäästöpotentiaali teollisuudessa

Seuraavassa taulukossa 1 on esitetty yhteenveto PK-teollisuuden 63 raportoidusta katselmuskohteesta, joiden kokonaisenergiankäyttö on 10-70 GWh/vuosi. Taulukossa on esitetty kohteiden säästöpotentiaali, investoinnit, kokonaiskulutukset ja kokonaiskustannukset. Katselmuskohteiden vuotuinen kokonaisenergiankäyttö on yhteensä 1 700 GWh, josta lämmön ja polttoaineiden osuus 55 prosenttia ja sähkön osuus noin 45 prosenttia. Sähkön säästöpotentiaali on noin 5 prosenttia. [34.]

Taulukko 1. Teollisuuden PK-yritysten keskimääräinen säästöpotentiaali [34].

Nykyinen kulutus	TEOLLISUUS, Energiankäyttö 10-70 GWh/a		
63 kohdetta	Säästöpotentiaali 2004 - 2009		
Lämpöenergia			
936 000 MWh/a	214 043 MWh/a	22,9 %	
29 317 678 €/a	6 384 421 €/a	21,8 %	
Sähköenergia			
766 067 MWh/a	37 462 MWh/a	4,9 %	
37 459 065 €/a	1 925 595 €/a	5,1 %	
Vedenkulutus			
22 356 114 m ³ /a	1 166 937 m ³ /a	5,2 %	
4 513 462 €/a	530 705 €/a	11,8 %	
Kulutukset yhteensä	Säästöt yhteensä		Investoinnit yhteensä
71 290 206 €/a	8 840 721 €/a	12,4 %	23 758 402 €

Energiansäästö- ja energiatehokkuussopimuksista kerättyjen palautetietojen mukaan PK-teollisuuden säästöpotentiaalista toteutuu noin 50–60 prosenttia. Mielenkiintoisena tuloksena voidaan pitää sitä, että ilman investointejakin vain toimintatapoja muuntamalla yritykset pystyivät säästämään keskimäärin 2-5 prosenttia energiakustannuksistaan. [34; 53, s. 3.]

Arviot energiansäästöpotentiaaleista vaihtelevat. Euroopan komission mukaan nykyinen säästöpotentiaali on palvelusektorin asuinrakennuksilla ja liiketiloilla 27-30 prosenttia, teollisuudella noin 25 prosenttia, liikenteessä 26 prosenttia ja toimistolaitteilla jopa 50 prosenttia. [11.]

IT-laitteiden sähkönsäästöpotentiaali

Toimistorakennuksissa sähköä kuluu erityisesti valaistukseen, LVI-laitteisiin, keittiölaitteisiin ja pistotulpalla sähköverkkoon liitettäviin laitteisiin, joita ovat muun muassa atk-laitteet ja kopiokoneet. Esimerkiksi VTT:n ja Motiva Oy:n vuonna 2003 tekemässä Suomen ympäristökeskuksen kiinteistön energiakatselmuksessa on arvioitu toimistorakennuksen sähkökulutuksen jakauman olevan seuraava: LVI-laitteet 32 prosenttia, valaistus 30 prosenttia, keittiölaitteet ja muu kulutus 23 prosenttia, tietokoneet ja oheislaitteet 15 prosenttia. [23, s. 8.]

Suomessa toimistolaitteiden eli henkilökohtaisten tietokoneiden ja palvelimien, kopiokoneiden ja tulostimien vuosittaiseksi sähkökulutukseksi on vuonna 2002 arvioitu 719 000 MWh. Toimistolaitteiden nopea lisääntyminen on kasvattanut nopeasti myös sähkökulutusta sekä samalla jäähdytystarvetta ja jäähdytyksen sähkökulutusta. [23, s. 3, 8.]

Suomessa konesalien sähkökulutus on kaksinkertaistunut vuosien 2005-2010 aikana. Eri arvioiden mukaan konesalien sähkökulutus on tällä hetkellä noin 0,5-1,5 prosenttia kaikesta Suomen sähkökulutuksesta. Motiva Oy:n arvion mukaan Suomen konesalien vuotuista sähkökulutusta voisi vähentää jopa 350 GWh. Suomen tasolla kustannussäästöt nousisivat tällöin yli 35 miljoonaan euroon vuosittain. Yksittäisessä konesaliti-lassa tehostamistoimenpiteillä saavutettavat säästöt voivat olla huomattavia ja sähkökulutuksen voi parhaassa tapauksessa jopa puolittaa. [28, s.4-5].

4 Energiätehokkuuden johtamisen työkalut

Tässä luvussa käydään läpi energia-asioiden johtamisen työkaluja. Luvun ensimmäisessä osassa käsitellään strategista toiminnan johtamista. Tämän jälkeen käydään läpi energiantehokkuusjärjestelmä ETJ, energiakatselmukset, sisäiset auditoinnit, johdon katselmukset ja benchmarking.

4.1 Strateginen toiminnan johtaminen

4.1.1 Strategian käsite

Strategian käsite on hyvin moniselitteinen, ja sille on kirjallisuudessa esitetty useita määritelmiä. Chandlerin määritelmän mukaan strategia on suunnitelma, jolla pyritään muuttuvassa liiketoimintaympäristössä resursseja järjestelemällä saavuttamaan asetettu tavoite. Strategian avulla pyritään lisäksi saavuttamaan yrityksen päämäärät sekä pitkäaikaista kilpailuetua. [59, s. 24.] Sen avulla yritys myös hallitsee tietoisesti ulkoisia ja sisäisiä tekijöitä sekä niiden välisiä vuorovaikutussuhteita niin, että yritykselle asetetut kannattavuus-, jatkuvuus- ja kehittämistavoitteet kyetään saavuttamaan [22, s. 19].

Juuti ja Luoma [21, s. 279] esittävät, että ”strategia on se, mitä organisaatio tahtoo, tekee ja puhuu. Strateginen johtaminen on tuon tahtomisen, tekemisen ja puheen aikaansaamista.” Strateginen johtaminen pitää sisällään strategian laatimisen, toteuttamisen ja seurannan sekä strategian kehittämisen. [40, s. 138; 58.]

Strategian taustalla ovat missio eli tehtävä, visio eli suunta ja arvot eli ajattelumalli. Seuraavassa nämä kolme on asetettu kysymysmuotoon:

- Missio: miksi me olemme olemassa?
- Visio: mitä haluamme olla?
- Arvot: mikä meille on todella tärkeää?
- Strategia: miten toteutamme vision? [36, s. 48.]

Sekä mission, vision, arvojen että koko strategian tehtävinä on luoda ja selkeyttää liiketoimintaa, inspiroida henkilöstöä työskentelemään tulevaisuutta varten, ohjata päätöksenteossa ja toteutuessaan kehittää yrityksen brändiä. [59, s. 66.]

Strategiasuunnitelmaa voidaan pitää asianmukaisena ja tehokkaana, kun se sisältää ainakin seuraavat tekijät: 1) yrityksen liiketoiminta ja toimintamalli selvästi määriteltynä, 2) suunnitelma, josta ilmenevät ensisijaiset pitkän aikavälin tavoitteet ja keinot niiden saavuttamiseksi, sekä 3) lyhyen aikavälin tavoitteet, joilla ohjataan päivittäistä toimintaa ja voidaan mitata yrityksen suoriutumista strategian toteuttamisessa. [36, s. 50.]

Strategian tavoitteiden tulee olla tasapainossa keskenään. Hyviin tuloksiin tarvitaan seuraavien tavoitteiden tasapaino: sisäisten ja ulkoisten; lyhyen ja pitkän tähtäimen; paikallisten olosuhteiden ja kokonaisuuden; pienten parannusten ja läpimurron sekä menneisyyden, nykyisyyden ja tulevaisuuden tavoitteiden tasapainoa. [25, s. 242.]

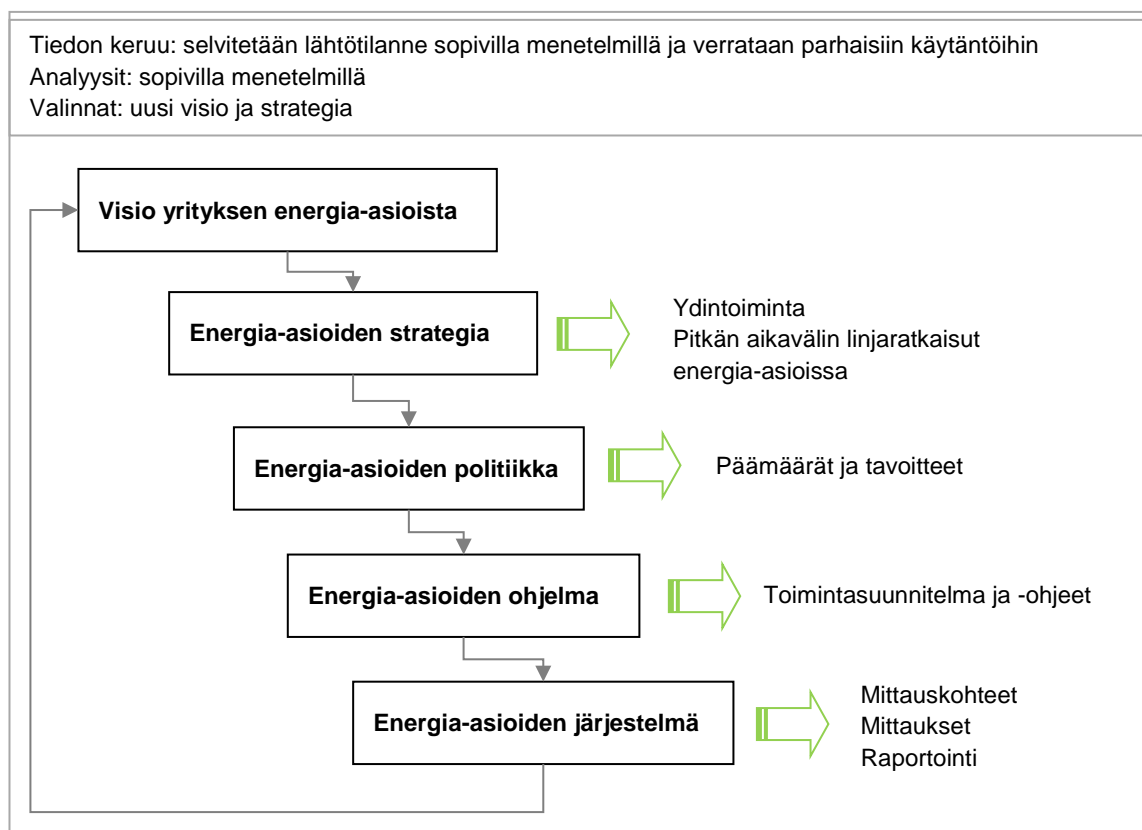
Tavoitteiden saavuttaminen vaatii yhdensuuntaisuutta. Tällä tarkoitetaan strategian eheyttä. Pahimmassa tapauksessa yrityksen eri hankkeet saattavat nollata toisensa. Yrityksessä voidaan esimerkiksi toisaalla suunnitella palvelun kehittämistä ja toisaalla ollaan valmiit karsimaan palveluita. Yhdensuuntaisuuden aikaansaaminen vaatii syy-seuraussuhteiden ymmärtämistä ja asioiden sitomista yhteen. Strategisessa suunnittelussa käytetään erilaisia tekniikoita, joilla syy-seuraussuhteita voidaan analysoida. Tällaisia tekniikoita ovat esimerkiksi SWOT-analyysi, PEST-analyysi, arvoketjuanalyysi, kehityssuunta-analyysit, ympäristötekijöiden analysoinnit, organisaation elinkaarianalyysit ja tasapainotettu tuloskortti (BSC, Balanced Scorecard). Strategiatyöskentelyssä pyritään kerättyjen tietojen avulla ymmärtämään, mitä on tapahtumassa tai mikä on mahdollista, ja sitten toimimaan tämän ymmärryksen varassa. [25, s. 242-245; 40, s. 40.]

4.1.2 Energia-asioiden johtaminen ja johtamisjärjestelmät

Johtamisjärjestelmät ovat keskeisiä johtamisen työvälineitä, joita tarvitaan yrityksen strategiassa asettamien tavoitteiden ja päämäärien saavuttamiseen. Johtamisjärjestelmä auttaa suunnittelemaan, mittaamaan ja seuraamaan liiketoiminnan prosesseja ja tapahtumia. Nämä puolestaan mahdollistavat toimintojen jatkuvan parantamisen. Johtamisjärjestelmä sisältää muun muassa säännölliset ja epäsäännölliset kokoukset, niiden asialistat ja sisällöt, kokouskäytännöt sekä tehokkaat kommunikaatiokanavat viestien ja tietojen välittämiseen. [36, s. 119; 58.]

Energia-asioiden johtamisjärjestelmän rakentaminen aloitetaan liiketoiminnan energia-asioiden visiosta. Yrityksellä tulee olla pitkän aikavälin tavoite energia-asioidensa kehittämisessä. Erillisen energiastrategian laatiminen voi olla perusteltua silloin, kun energia-asioiden tasoa seurataan jatkuvasti ja se vaikuttaa oleellisesti yrityksen ydinliiketoimintaan. Lähtökohtana on kuitenkin, että energia-asiat linjataan osana yrityksen liiketoimintastrategiaa. Näin ne tulevat kytkettyä yrityksen toimintaan strategisella tasolla, jolloin niiden huomioiminen operatiivisella tasolla on vankemmalla pohjalla.

Energia-asiat voidaan liittää yrityksen käytössä olevaan johtamisjärjestelmään, kuten ISO14001-ympäristöjärjestelmään. Tällöin yrityksen johto määrittelee energiapolitiikan osana olemassa olevaa johtamisjärjestelmää. Mikäli näin ei voida tehdä, laaditaan erillinen johtamisjärjestelmä, joka yrityksen näkökulmasta sisältää kuviossa 5 esitetyt osa-alueet.



Kuvio 5. Energia-asioiden johtamisen alueet [mukaillen 45, s. 43].

Erillisen energia-asioiden johtamisjärjestelmän rakentaminen aloitetaan liiketoiminnan energia-asioiden visiosta. Tämän jälkeen visio puetaan strategian, energiapolitiikan ja ohjelman muotoon.

Strategiaa laadittaessa joudutaan pohtimaan ja ratkaisemaan monia kysymyksiä, joita yrityksessä ei kenties aiemmin ole käsitelty strategisella tasolla. Strategisia päätöksiä voivat olla esimerkiksi energiatehokkuustyötä koskevat resurssipäätökset, samoin kuin päätökset siitä miten energiatehokkuus huomioidaan investoinneissa ja hankinnoissa. Vertaillen konesalin strategisia vaihtoehtoja tulisi pohtia muun muassa sitä, kuinka paljon yritys haluaa rahallisesti investoida tietotekniikkahankintoihin, sekä sitä, haluaako yritys investoida omaan palvelintilaan ja laitteisiin vai haluaako se ostaa IT-palveluita ulkopuoliselta taholta. [50].

Energiapolitiikkaan kirjataan yrityksen energia-asioiden päämäärät ja tavoitteet jatkuvan parantamisen periaatteiden mukaisesti. Energiapolitiikkaa laadittaessa tulee varmistaa, että

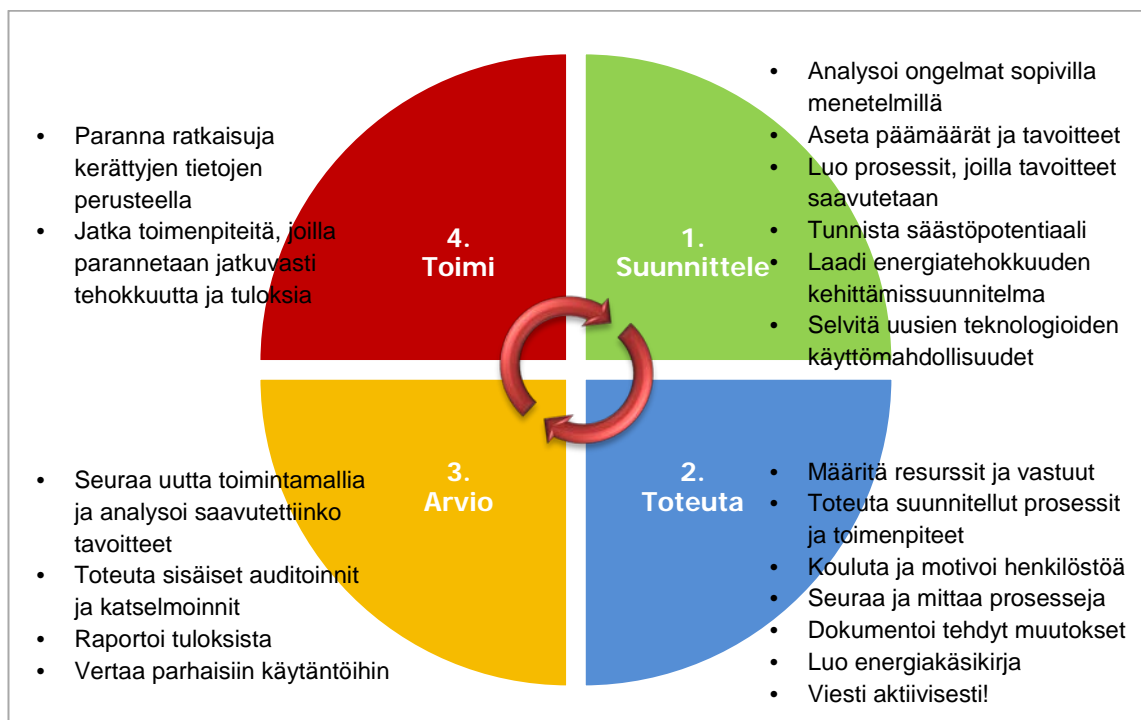
- energiakysymykset sisällytetään yrityksen politiikkaan siinä määrin, kuin se yrityksen toiminta, laajuus ja vaikutukset huomioiden on tarkoituksenmukaista
- energiapolitiikka sisältää sitoutumisen energiatehokkuuden jatkuvaan parantamiseen
- yritys noudattaa lakia sekä yrityksen energian käyttöön liittyviä sitoumuksia
- määrittellään tavoitteet energiatehokkuudelle ja luodaan perusteet energian käytön seurannalle
- yrityksen koko henkilöstö tuntee yrityksen energiapolitiikan. [29, s. 8.]

Energia-asioiden ohjelma yhdistää strategian operatiiviseen toimintaan energiapolitiikan tavoitteiden mukaisesti. Ohjelma sisältää konkreettiset toimintasuunnitelmat päämäärien ja tavoitteiden saavuttamiseksi. Järjestelmä taas sisältää määritellyt mittauskohteet, mittaukset ja raportoinnin.

4.2 Energiantehokkuusjärjestelmä ETJ ja jatkuva parantaminen

Jatkuvan parantamisen edistämiseksi käytetään erilaisia kehitystoimintaa tukevia menetelmiä. Demingin PDCA-sykli on jatkuvan parantamisen yksi tärkeimmistä malleista. Se perustuu ympyrään, jossa suunnitellaan (Plan), tehdään (Do), arvioidaan toiminnan tulokset (Check) ja toteutetaan tarvittavat korjaukset (Act). Mallissa kehitys nähdään päättymättömänä prosessina, jossa toisiinsa liittyvät vaiheet seuraavat toisiaan nousevien yhä korkeammalle kehityksen tasolle ja lähemmäksi tavoitetta. [44, s. 63-64.]

Motiva Oy on laatinut teollisuuden ja energiantuotannon yritysten kanssa yhteistyössä kansainvälisiin standardeihin perustuvan Energiatehokkuusjärjestelmän (ETJ). Se on työkalu, jolla yrityksen energia-asiat voidaan liittää käytössä oleviin johtamisjärjestelmiin, kuten ISO14001-ympäristöjärjestelmään tai muuhun yrityksen käytössä olevaan johtamisjärjestelmään tai sitä voidaan soveltaa omana järjestelmänään yrityksen tarpeiden mukaan. [29, s. 3]. Energiatehokkuusjärjestelmä (ETJ) koostuu samoista elementeistä kuin perinteinen PDCA-ympyrä. Kuviossa 6 on esitetty energiatehokkuusjärjestelmän jatkuvan parantamisen vaiheet.



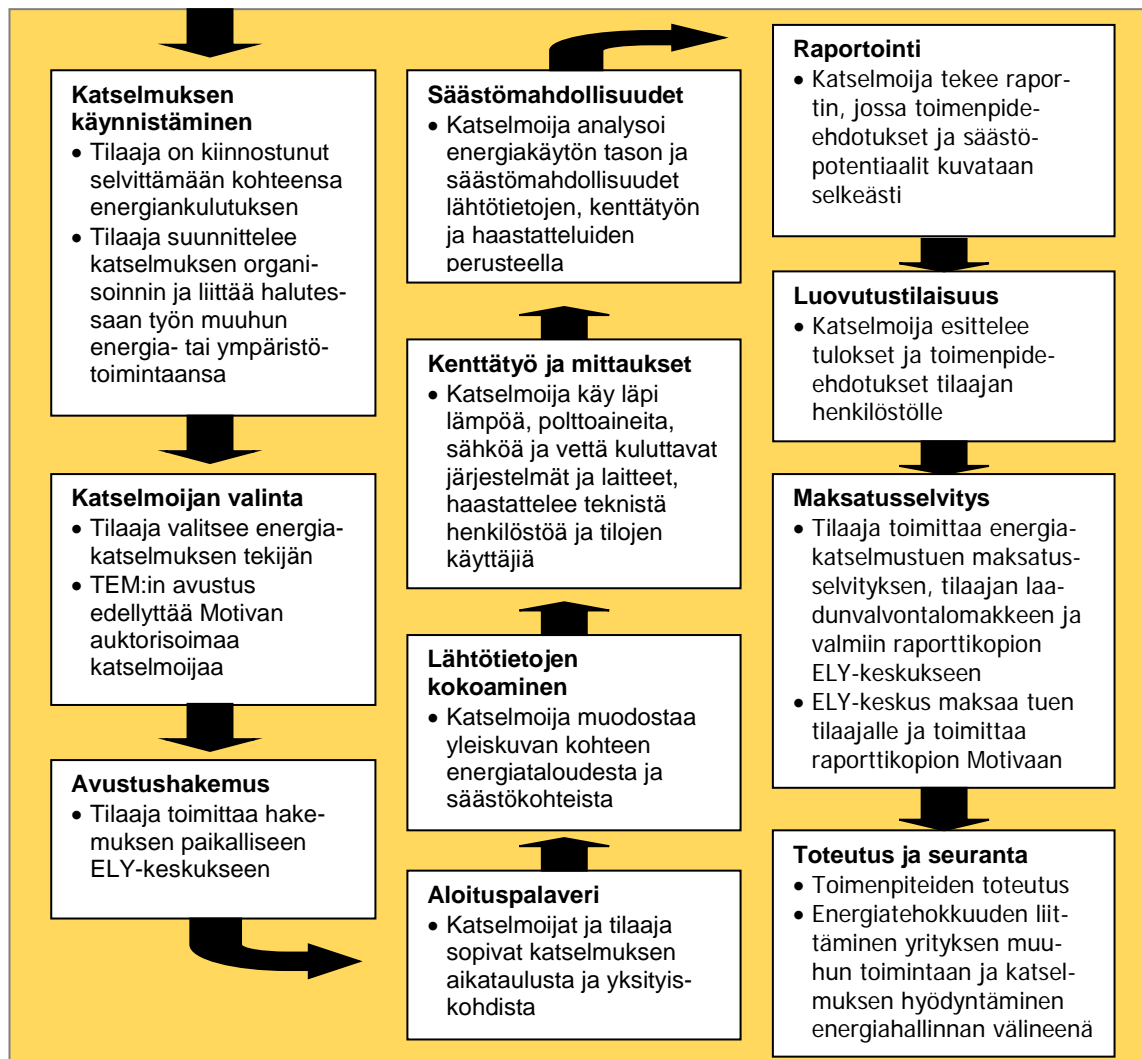
Kuvio 6. Energiatehokkuuden jatkuva parantaminen [mukaillen 30, s. 5].

Energiatehokkuusjärjestelmässä (ETJ) yritys määrittää energiapolitiikan esimerkiksi osana ympäristöpolitiikkaansa ja tunnistaa energiatehokkuuden parantamisen mahdollisuudet ja laatii energiatehokkuuden tehostamissuunnitelman, jota myös päivitetään. ETJ:ssä otetaan huomioon myös energiatehokkuuden hankinnat, järjestetään energiatehokkuudelle vastuhenkilöt ja tarvittava koulutus sekä muut tarvittavat resurssit. Lisäksi huolehditaan tarvittavan tiedon (mittaukset, laskelmat ym.) keräämisestä, tallettamisesta ja jakamisesta sekä varmistetaan järjestelmän mukainen dokumentointi, poikkeamien käsittely ja korjaavien ja ehkäisevien toimenpiteiden toteuttaminen sekä käsitellään energiatehokkuuden parantamista sisäisissä auditoinneissa ja johdon katselmuksissa. [7; 17, s. 34; 30, s. 5.]

4.3 Energiakatselmukset

Energiakatselmukset ovat keskeinen osa Suomen energiansäästösopimustoimintaa. Niiden avulla selvitetään yrityksen kokonaisenergian kulutusta, energiapotentiaalia ja näistä johdettua kannattavuutta. Lisäksi katselmuksissa selvitetään mahdollisuudet uusiutuvien energiamuotojen käyttöön ja raportoidaan ehdotettavien toimenpiteiden vaikutus hiilidioksidipäästöihin. Energiakatselmusten tarkoituksena on alentaa energiankulutusta sekä niihin liittyviä kustannuksia ja hiilidioksidipäästöjä. [7; 56, s. 6.]

Energiakatselmustoiminnassa on neljä osapuolta: työ- ja elinkeinoministeriö (TEM), Motiva Oy, energiakatselmoijat ja katselmusten tilaajat. Katselmuksia tehdään myös sopimusjärjestelmän ulkopuolella. Kuviossa 7 on esitetty katselmuksen vaiheet.



Kuvio 7. Energiakatselmuksen vaiheet [7].

Energiakatselmuksia ja –analyysieja voidaan toteuttaa erilaisissa kohteissa. Palvelu-, teollisuus- ja energia-alalla on käytössä omat alalle kehitetyt mallinsa. Teollisuuskiinteistöjen ja tehdaspalvelujärjestelmien energiatehokkuuden selvittämiseen käytetään teollisuuden energiakatselmusta. [56, s. 13.]

4.3.1 Teollisuuden energiakatselmukset

Teollisuuden energiakatselmushankkeissa energiakatselmuksia voidaan suorittaa kahdella tasolla, katselmuksina ja analyyseinä. Käytettävä malli määräytyy kohteen arvonlisäverottomien energian ja veden vuosikustannusten sekä tuotannon energiankäytön perusteella. [56, s. 14.]

Teollisuuden energiakatselmus sisältää kiinteistökatselmuksen lisäksi tuotantoa ja prosesseja koskevien käyttöhyödykkeiden energiasäästömahdollisuuksien kartoituksen. Prosessia palvelevia käyttöhyödykkeitä ovat esimerkiksi paineilma, prosessijäähdytys ja –ilmastointi. Energiakatselmus sopii hyvin kohteisiin, joissa ei tarvita tarkempaa prosessin energian käytön ja tehokkuuden tarkastelua. Tuotantoprosessin energiankulutus erotellaan vain kokonaiskulutuksen osana. [56, s. 16.]

Teollisuuden energia-analyysi on katselmusta huomattavasti syvällisempi tutkimus. Se kattaa kohteen kaikki energiavirrat ja energiansäästömahdollisuudet. Analyysissä tuotantoprosessin tutkiminen on suuressa roolissa, joten teollisuuskohteen oman organisaation osallistuminen analyysin tekemiseen on yleensä välttämätöntä. [56, s. 17.]

Energiakatselmukset perustuvat toteutusajankohdan tuotanto-, energiankulutus- ja käyttötietoihin, mutta siinä pyritään huomioimaan myös tiedossa olevat ja suunnitellut muutokset. Energiakatselmus pyritään liittämään yrityksen muihin toimintaprosesseihin niin, että siitä tulee työkalu, joka palvelee kohdetta myös jatkossa energiatehokkuuden jatkuvassa seurannassa ja ylläpidossa.

Valtion energiakatselmusavustus

Energiakatselmusten ja –analyysien ja niissä esitettyjen toimenpiteiden toteuttamiseen yritykset voivat hakea valtion energiatukea. Valtio tukee erityisesti uuden teknologian käyttöön ottoa. Uudella teknologialla tarkoitetaan sellaisia teknisiä ja muita ratkaisuja, joita ei Suomessa ole aiemmin sovellettu kaupallisessa mittakaavassa. Tavanomaisen

tekniikan energiatehokkuusinvestoinneille harkinnanvaraista tukea myönnetään vain energiatehokkuussopimukseen liittyneille yrityksille. Tukea voi hakea paikallisilta ELY-keskuksilta ja sitä myönnetään määrärahojen puitteissa. [28, s. 21; 56, s. 10.]

4.3.2 Konesalien energiakatselmuks

Tietotekniikan konesalililat poikkeavat monella tavalla teollisuuden katselmuskohteista. Niille on tyypillistä esimerkiksi se, että sähkönkulutus pinta-alaa kohden on huomattavan suuri ja neliötehot ovat yli 1000 W/m². Konesaleihin tulisi silti soveltaa teollisuuden energiakatselmusten pelisääntöjä, joissa vaaditaan prosessien tarkkaa läpikäyntiä ja vuoropuhelua käyttäjien kanssa. Hyvään lopputulokseen konesaleissa voidaan päästä, kun kohteen erityispiirteet käydään huolella läpi käyttäjien kanssa ja katselmoinnin aikana tehtävistä ratkaisuista sovitaan yhdessä. [28, s. 21.]

Konesalikohtaisista reunaehdoista keskeisimpiä ovat järjestelmiltä vaadittava redundanssi- eli varmennustaso, muut turvamääräykset sekä kohteessa käytössä olevien laitteiden olosuhdevaatimukset. Luonnollisesti myös IT-laitteiden energiatehokkuudella ja niiden sijoittelulla on suuri merkitys. [28, s. 21.]

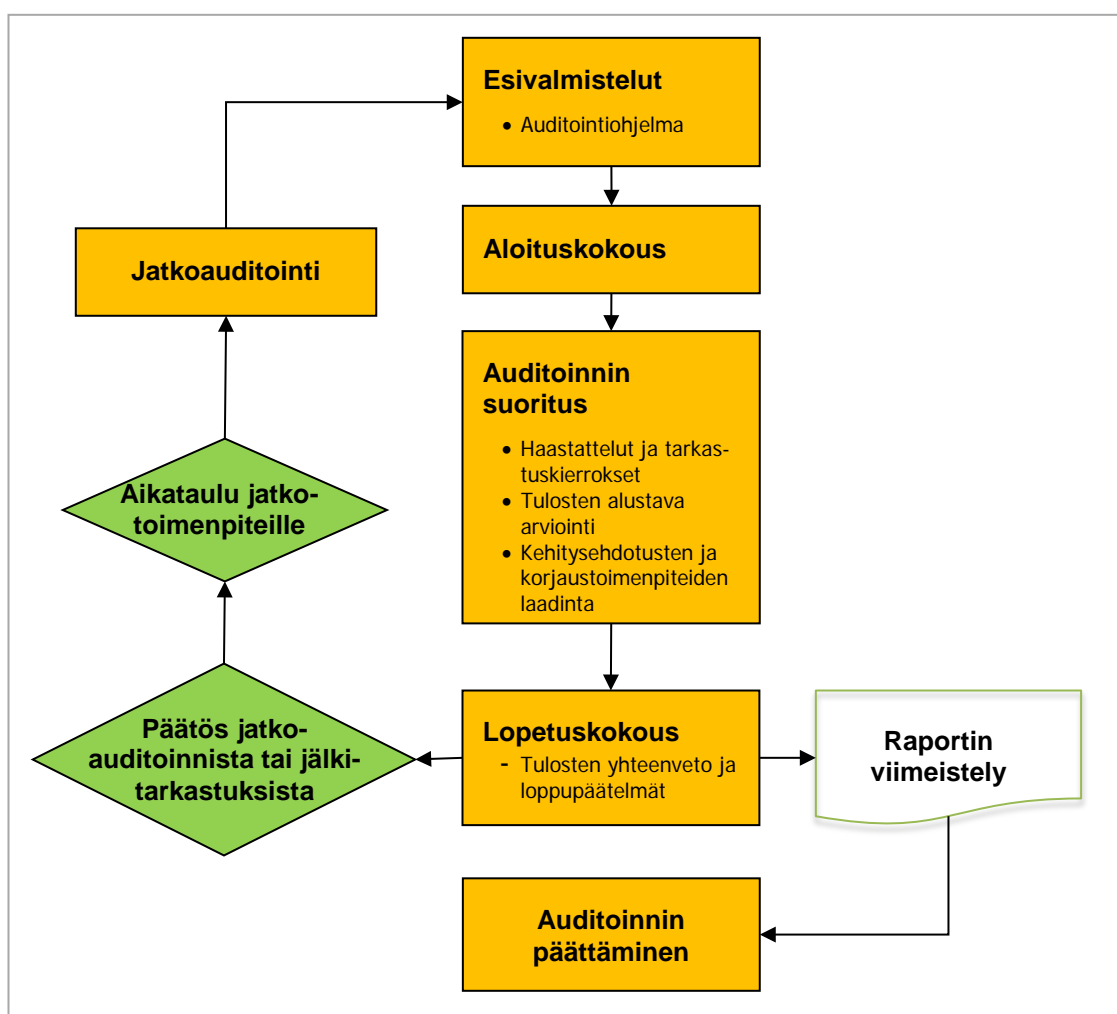
4.4 Sisäiset auditoinnit

Energiatehokkuustyössä erinomainen tapa seurata, arvioida, vertailla, oppia ja etsiä parhaita käytäntöjä on sisäiset auditoinnit. Ne yritys järjestää itse yrityskulttuurinsa ja toimintaympäristönsä mukaan. Iso konserni saattaa tarvita laajan osaamisverkoston ja resurssit kaikkien yksikköjensä arvioimiseen, kun taas pienyritykselle voi riittää asiantuntijaryhmän palaveri. Tärkeintä on kehitysideoiden löytyminen ja organisaation tukeminen energiatehokkuustyössä. Toinen tärkeä tehtävä on varmistaa, että toiminta tapahtuu suunnitellulla tavalla ja siten täyttää yrityksen omat vaatimukset, energiatehokkuusjärjestelmän vaatimukset sekä lakien ja asetusten vaatimukset. [30, s. 7; 44, s. 190.]

Sisäisissä auditoinneissa auditoidijat ovat yrityksen omaa henkilöstöä. Valittaessa arvioijia tulee varmistaa, että valittavat henkilöt ovat päteviä suorittamaan auditointeja. Heillä tulee olla esimerkiksi osaamista auditoinnista, teknologian tuntemusta ja asiantuntemusta kohdeprosessista. Lisäksi auditoidijien tulee olla tarkastuskohteesta riippumatto-

mia ja objektiivisia. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kukaan ei voi tarkastaa omaa työtään. Koska auditoinnissa tarvitaan laaja-alaista osaamista ja tietoa, tehdään ne tavallisesti ryhmissä. Yksi ryhmän jäsenistä nimetään pääauditoijaksi, joka vastaa auditoinnin läpiviennistä. [25, s. 113; 43, s. 68.]

Kuviossa 8 on esitetty sisäisen auditoinnin vaiheistus. Auditointi voidaan jakaa monella tavalla. Yleensä sen vaiheita ovat suunnittelu, toteuttaminen, raportointi ja korjaavat toimenpiteet. [25, s. 113.]



Kuvio 8. Sisäisen auditoinnin periaate

Sisäiset auditoinnit suoritetaan järjestelmällisesti ja hyvin valmisteltuina. Valmistautuminen sisältää kohteen toimintaan perehtymisen, arviointikysymysten laadinnan ja arvioijien yhteisen palaverin. Auditointiryhmä perehtyy auditointiin liittyviin säädöksiin, ohjeistuksiin ja edellisten auditointien raporteihin. Tämän jälkeen se laatii auditointi-

suunnitelman, joka on kuvaus auditointia koskevista toiminnoista ja järjestelyistä. Auditointisuunnitelmasta selviää auditoinnin laajuus, kriteerit ja auditoinnin menettelytavat sekä se, kuinka usein niitä tehdään. Lisäksi määritellään auditoinnin vastuutahot, raportin sisältö ja raportointitapa johdolle ja muille tahoille. [29, s. 12; 44, s. 193].

Auditointiohjelma on tarkempi suunnitelma yksittäisestä auditoinnista. Siinä tulisi ottaa kantaa seuraaviin asioihin: auditoinnin ajankohdat, auditoitavat alueet ja niihin liittyvät dokumentit, auditoiden nimet, esitys siitä, ketä auditointiin tulisi osallistua, sekä lisäksi mahdolliset tarkistuslistat ja kyselylomakkeet, joissa tulee kiinnittää erityistä huomiota edellisten auditointien poikkeamiin ja kehityskohteisiin. Auditointiohjelma tulee lähettää ennalta auditointikohteen vastuuhenkilöille. Tällöin kohteessa voidaan varautua auditointiin ja varata ohjelmassa esitetyt resurssit, kuten tarvittava tuntimäärä ja henkilöstö. [43, s. 69; 57, s. 81-82.]

Auditoinnin toteuttaminen aloitetaan paikan päällä aloituskokouksella. Kokouksen asialista voi sisältää esimerkiksi teknisten asiantuntijoiden esittelyn, auditoitavien esittelyn ja vastuualueet, auditoinnin tavoitteet, auditointiohjelman aikataulun varmistamisen ja päätöskokouksen ajan sopimisen sekä luottamuksellisuusasiat. Varsinainen tarkastustoiminta ja katselmukset eli auditoinnin päätoiminta suoritetaan haastatteleamalla työntekijöitä, tarkkailemalla yrityksen toimintaa ja tutkimalla sen toimintaohjeita ja muita dokumentteja. Jokainen kysymyslistan kohta käydään läpi. Myönteisistä havainnoista tehdään merkintä vahvuudesta ja heikkoudet kirjataan parantamisalueiksi. Lisäksi kirjaetaan mahdolliset poikkeamat tai muut ongelmat. Auditoiden tulee etsiä poikkeamille myös syyt. Tutkimus- ja analysointimenetelmiä voidaan käyttää silloin, kun pintapuolisella tiedon keräämisellä ei saada syy-seuraussuhteita selville. Kerätty tieto tulee lopuksi arvioida, jotta voidaan muodostaa auditoinnin tulokset. Tärkeä on muistaa, että arvioinnin tulee perustua faktoihin eikä oletuksiin. Alustava arviointi tulee olla valmis lopetuskokoukseen mennessä. [13, s. 3; 25, s. 115; 43, s. 70-72; 57, s. 83-88.]

Auditoinnin päätteeksi pidetään lopetuskokous, jossa auditoiden esittää alustavan tulosten arvioinnin yhteenvedon. Tuloksissa esitetään sekä todetut vahvuudet että löydetty poikkeamat. Jokainen poikkeama käsitellään erikseen ja sovitaan jatkotoimenpiteet sekä niiden aikataulu. Tavallisesti jatkotoimet ovat korjaavia, ehkäiseviä ja parantavia toimenpiteitä. Lopetuskokouksessa tulisi keskustella myös auditointiprosessin toimivuudesta ja kehittämisestä. [13, s. 3; 43, s. 71-72; 57, s. 90-92.]

Auditointiprosessi dokumentoidaan tekemällä siitä auditointiraportti. Jotta lukijan on helpompi ymmärtää syy-seuraussuhteita, tulee havaitut poikkeamat raportoida siten, että ensin ilmoitetaan havaittu poikkeama ja sitten siitä mahdollisesti aiheutuvat riskit. Vastaavasti vahvuuksien kohdalla kirjataan auditointikohteen kunnossa olevat seikat ja sen jälkeen toiminnasta aiheutuvat hyödyt. Näiden pohjalta saadaan kartoitettua auditointikohteen toiminnan parhaat käytännöt. [25, s. 115; 43, s. 72; 57, s. 93.]

Auditoijien osalta yksittäinen auditointi päättyy, kun tulokset on raportoitu ylimmälle johdolle ja muille tarvittaville tahoille. Tosin auditointi on niin kauan niin sanotusti avoin auditointi, kunnes vaaditut korjaustoimenpiteet on toteutettu ja esimerkiksi jälkiauditoinnilla todennettu. Auditoijan tulee siis varmistaa, että poikkeamat korjataan sovitun aikataulun mukaisesti [43, s. 72].

Energia-asioihin liittyvien sisäisten auditointien tarkoituksena on arvioida energiatehokkuuden jatkuvan parantamisen toteutumista ja tuottaa tietoa yrityksen johdolle tavoitteiden saavuttamisesta. [29, s. 12.]

4.5 Johdon katselmus

Johdon katselmus päättää energiatehokkuusjärjestelmän yhden toteutuskierroksen ja aloittaa samalla uuden kauden. Katselmuksissa käydään läpi edellisten auditointien tuloksia ja päätetään uusista painotuksista ja teemoista. Siinä keskitytään mahdollisiin tarpeisiin muuttaa energiapolitiikkaa, tavoitteita ja muita energiatehokkuusjärjestelmän osia, mikäli tällaiseen on tarvetta energiatehokkuusjärjestelmän auditoinneista saadun tiedon perusteella, olosuhteiden muuttumisen tai jatkuvaan parantamiseen sitoutumisen vuoksi. Koska energiatehokkuusjärjestelmä perustuu jatkuvaan parantamiseen, tulisi johdon asettaa yritykselle uusia energiatehokkuuspäämääriä, mikäli vanhat päämäärät on saavutettu. [29, s. 12; 43, s. 73.]

Johdon katselmuksessa pitäisi olla mukana yrityksen ylin johto ja energiatehokkuusjärjestelmävastaava. Katselmus pidetään vähintään kerran vuodessa. Se voidaan yhdistää osaksi muuta johtamistoimintaa eli se voidaan pitää osana yrityksen vuosikokousta tai sitten yhdistää hallituksen kokoukseen.

Johdon katselmuksen yhteydessä

- arvioidaan energiatehokkuussopimuksen vaatimusten sekä soveltuvien lakisääteisten velvoitteiden ja muiden sitoumusten täyttymistä
- arvioidaan, miten sovittuja periaatteita ja päätöksiä on käytännössä toteutettu, ja käydään läpi meneillään olevat kehitysohjelmat
- arvioidaan energiatehokkuusjärjestelmän tarkoituksenmukaisuutta ja tuloksia suhteessa asetettuihin tavoitteisiin
- päätetään seuraavan jakson tavoitteista
- varmistetaan, että tarpeellinen tieto kootaan energiatehokkuusjärjestelmän arvioimiseksi. [29, s. 12.]

Johdon katselmuksia tulee dokumentoida, eli niistä täytyy pitää pöytäkirjaa. Pöytäkirja on todiste pidetystä johdon katselmuksesta, ja sen aineistoa voidaan käyttää seuraavan katselmuksen pohjana. Seuraavan tarkastelukerran tilannetta voidaan näin verrata edelliseen pöytäkirjaan ja siitä voidaan todeta, onko jatkuvaa parantamista tapahtunut. [43, s. 74.]

4.6 Benchmarking

Benchmarking on järjestelmällinen prosessi, jolla mitataan ja analysoidaan esimerkiksi prosessien suorituskykyä. Suorituskykyä verrataan alan parhaimpiin suorituksiin, opitaan parhailta ja opittua käytetään hyödyksi oman toiminnan kehittämiseen. [37, s. 5.]

Benchmarking voidaan jaotella kolmeen tyyppiin seuraavasti:

- Sisäinen benchmarking, jossa etsitään toimintaa parantavia ratkaisuja ja prosesseja oman yrityksen piirissä, esimerkiksi osastojen välisellä vertailulla.
- Ulkoinen benchmarking, jossa toimintaa verrataan vastaavaan ulkopuoliseen toimintaan, kuten kilpailijoiden tai vastaavien ulkomaisten yritysten toimintaan. Ulkoisessa benchmarkingissa aineiston saattaminen vertailukelpoiseksi on usein työläämpää kuin sisäisessä benchmarkingissa.
- Toiminnallisessa benchmarkingissa omaa toimintaa verrataan sellaisten yritysten toimintaan, joilla on yhdenmukaiset toimintaprosessit. Vertailun kohteena olevat yritykset voivat toimia eri toimialoilla. [26, s. 38-39.]

Benchmarking-analyysia voidaan tehdä kahdella eri tavalla: poikittaisanalyysina tai aikasarja-analyysina. *Poikittaisanalyysissa* samankaltaisia prosessien tunnuslukuja tarkastellaan samana ajankohtana. Se auttaa havaitsemaan ne prosessit, joissa on parantamisen varaa. *Aikasarja-analyysissa* taas tarkastellaan yhden prosessin tunnuslukuja aikasarjan pohjalta. Tämä analyysi auttaa havaitsemaan, miten tehdyt päätökset ovat vaikuttaneet asioiden parantamiseen. [26, s. 39.]

Menetelmänä benchmarking ei eroa muista kehittämisen malleista, sillä myös se on nähtävä systemaattisena prosessin ja jatkuvan parantamisen menetelmänä. Yleisesti siinä on havaittavissa neljä perusvaihetta: suunnittelu, tiedonkeruu, analyysi ja raportointi sekä toimenpiteiden toteutus. [26, s. 39].

Energian käytön benchmarkkaus käyttää hyväkseen kerättyä ja analysoitua tietoa. Tiedon keruussa on tärkeää tiedon jäljitettävyyden ja säännöllinen päivittäminen. Energia- ja tehokkuuden mittarit asetetaan siten, että toiminnanharjoittaja voi arvioida yrityksen tehokkuutta tietyllä aikaperiodilla tai verrattuna toisiin saman alan yrityksiin. Benchmarkkaus perustuu tiedon keruun hyvyteen ja luotettavuuteen. Kerättävän tiedon tulee olla myös vertailukelpoista, jossakin tapauksissa tietoa on normalisoitava esimerkiksi ikäkertoimilla. Normalisointitavat tulee hyväksyä osallistuvien yritysten kesken. [17, s. 38.]

Aikaan sidotulla benchmarkkauksella voidaan seurata esimerkiksi koko energiankulutuksen kehittymistä. Se on hyvä menetelmä sisäisesti sovellettavaksi, jos vertailutietoa on saatavilla ja ulkoisia vertailukohtia on vaikea asettaa. Benchmarkkausta voidaan tehdä myös vertaamalla esimerkiksi prosessin teoreettista energian tarvetta. Tällöin prosessin todelliset käyttöolot jäävät kuitenkin huomioimatta, mikä heikentää niiden hyödynnettävyyttä. [17, s. 39.]

Vertailutietoa benchmarkkaukseen voi etsiä esimerkiksi sektorikohtaisista BREFeistä, kauppajärjestöjen tai kansainvälisten teollisuuden organisaatioiden kautta tai teoreettisista energialaskelmista. [17, s. 45.]

5 Energiätehokas konesali

Tässä luvussa selvitetään konesalien energiätehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä. Ensin käydään läpi yleisiä konesalien ominaisuuksia. Tämän jälkeen käsitellään laitteiden energiätehokkuutta ja erilaisia jäähdytysjärjestelmiä sekä sähköjärjestelmiä. Lopuksi pohditaan energiätehokkuuden huomioimista IT-hankinnoissa.

5.1 Konesalin ominaisuudet

Konesalit koostuvat pääosin elektronisista laitteista, kuten palvelimista, tallennus- ja varmistuslaitteista sekä tietoliikenteen aktiivilaitteista. Konesaleissa on myös muuntajia ja varavoimalaitteita laadukkaan ja luotettavan virran turvaamiseksi sekä laitteistoja, joilla voidaan ylläpitää IT-laitteille sopivaa ilman lämpötilaa ja kosteutta.

Fyysinen IT-turvallisuus

Tietotekniikan oleellisia vaatimuksia ovat sähkö, ilmastointi sekä laitteistojen ja niiden käyttäjien fyysinen turvallisuus. Fyysisen turvallisuuden avulla pyritään estämään tietojen tuhoutuminen, vahingoittuminen tai joutuminen väriin käsiin. Palvelimet sijoitetaan turvallisiin ja valvottuihin laitetiloihin, joiden ympäristö pyritään pitämään mahdollisimman vakaana. Yleensä fyysinen turvallisuus kattaa konesalin lukituksen ja muun eristämisen muista tiloista sekä paloturvallisuuden ja konesalin kulunvalvonnan. [32, s. 4.]

Hallittu ympäristö

IT-laitteet kuluttavat paljon sähköä ja tuottavat tätä kuluttaessaan runsaasti lämpöä. Palvelimet ja tietoliikennelaitteet toimivat epäluotettavasti liian kuumassa, joten konesalit tarvitsevat jäähdytystä. Konesalin ympäristötekijät saadaan vakioitua hallitsemalla seuraavia kysymyksiä: vakaa ja riittävä sähkönsyöttö, varavoima, jäähdytys ja ilman kosteuden hallinta. [32, s. 4.]

Helppo valvottavuus, hallittavuus ja käytettävyys

Konesalin tärkeitä ominaisuuksia ovat myös valvottavuus ja hallittavuus. Konesalissa on paljon kriittisiä prosesseja, laitteita ja järjestelmiä, jotka voivat aiheuttaa ongelmia ja

tekniisiä vikaantumisia. Tällaisia voivat olla esimerkiksi UPS-laitteiden akut, varavoimageraattorin ohjaus- ja automaatiojärjestelmä, jäähdytysjärjestelmät ja palvelimet.

Kaikkia tärkeitä konesalin fyysiseen turvallisuuteen ja ympäristön hallintaan liittyviä kohteita on kyettävä kontrolloimaan valvontajärjestelmillä, jotka raja-arvojen ylittyessä hälyttävät. Keskitetty seuranta- ja valvontajärjestelmä on riskienhallinnan näkökulmasta elintärkeä. [1; 32, s. 5]

Konesalin luokitteluun on määritelty niiden käytettävyyden ja turvallisuuden näkökulmasta useita luokitusjärjestelmiä, kuten esimerkiksi Uprime Institutin Data Center Site Infrastructure Tier Standard: Topology. [32, s. 5.] Neliportainen Tier-asteikko esitellään sivulla 36.

5.2 Palvelinten energiatehokkuus

Palvelimet ja ohjelmistot kuluttavat noin puolet konesalin sähköstä. Suurin osa kulutuksesta syntyy palvelinten jäähdytyksen ja ilmastoinnin tarpeesta. Motivan selvityksen [28, s. 5] mukaan lähtötilanteesta riippuen energiatehokkuuden parantamisella voidaan vuositasolla päästä jopa 50 prosentin säästöihin. Erityisesti palvelinlaitteiden energiatehokkuuteen kannattaa kiinnittää huomiota, koska niiden energiatehokkuus näkyy palvelinten sähkönkulutuksen suorana pienentymisenä ja välillisesti jäähdytystarpeen vähentyessä.

Hyvä tapa vähentää konesalien IT-laitteiden kulutusta on palvelinten varustaminen energiatehokkaille komponenteilla, kuten suorittimilla, tuulettimilla, virtalähteillä, tallennus- ja verkkolaitteilla sekä lisäksi toteuttamalla palvelinten virtualisointi. [4, s. 1.]

Palvelimet, jotka täyttävät Energy Star -tehokkuusvaatimukset, ovat keskimäärin 30 prosenttia tehokkaampia kuin tavalliset palvelimet. [4, s. 1]. Esimerkiksi palvelinkohtaisten virtalähteiden tulisi täyttää palvelinten Energy Star -määritysten virtalähteitä koskevat vaatimukset. [32, s. 12].

Korttipalvelimet (Blade Server) ovat energiatehokkaampia kuin perinteiset kehikko-palvelimet. Korttipalvelimissa on esimerkiksi käytössä keskitetyt virtalähteet, jolloin yksi virtalähde syöttää sähköä useaan laitteeseen. Keskitäminen vähentää myös kaapelei-

den määrää, mikä taas parantaa ilmankiertoa ja vähentää jäähdytyksen energiankulutusta. Korttipalvelimissa on myös energiansäästöominaisuuksia, joilla voidaan säättää yksittäisen palvelimen sähkönkulutusta. Perinteiseen kehikkopalvelimeen verrattuna korttipalvelin mahdollistaa suuremman tehoteheyden ja joustavan kokoonpanon muuttamisen. [28, s. 14.]

Palvelinten suorittimet kuluttavat suuren osan palvelinten energiasta joko suoraan tai välillisesti. Tästä johtuen palvelin- ja suoritinvalmistajat ovat panostaneet suorittimien energiatehokkuuden parantamiseen, ja tyypillisesti uudet suoritin- ja laitemallit ovat selvästi aiempia energiatehokkaampia. Niin sanotut moniydinsuorittimet parantavat suoritintason energiatehokkuutta. Ne mahdollistavat samanaikaisesti useiden tehtävien käsittelyn ilman, että niiden suoritus häiriintyy, mikä johtaa parempaan tehokkuuteen. Haasteena on kuitenkin, että kaikki ohjelmat eivät kykene hyödyntämään moniydinsuorittimia. Esimerkiksi grafiikka-intensiiviset ohjelmat vaativat edelleen yksiytimisiä suoritinmalleja, joissa on korkea kellotaajuus. [4, s. 2; 33, s. 10.]

Perinteiset tallennusjärjestelmät tuhlaavat energiaa. Energiatehokkaiden tallennusjärjestelmien, kuten esimerkiksi puolijohdeasemien käyttäminen pyörivien kiintolevyjen sijaan vähentää huomattavasti energian käyttöä. Myös tallennuskapasiteetin keskittäminen levyjärjestelmään, josta tallennustilaa saadaan virtualisoitua tarpeen mukaan ja levytila näin optimoitua hyvin tarkasti, säästää energiaa.

5.3 Palvelinten virtualisointi

Virtualisointi tarkoittaa tekniikkaa, jolla jonkin fyysisen resurssin (esimerkiksi palvelin, käyttöjärjestelmä, sovellus, tallennusväline tai verkko) todelliset ominaisuudet ja arvot eivät näy järjestelmille, sovelluksille tai loppukäyttäjille, jotka käyttävät näitä resursseja. Tällöin yksi fyysinen resurssi voi toimia monena loogisena resurssina. Virtuaalinen resurssi voi olla esimerkiksi virtuaalipalvelin, joka toimii rinnakkain toisten virtuaalipalvelimien kanssa yhdellä fyysisellä palvelimella. [33, s. 11; 48, s. 47.]

Palvelinten virtualisointi vähentää konesalilitarvetta palvelinten vähentyessä. Palvelinten vähentyminen puolestaan johtaa jäähdytys- ja ilmastointitarpeen vähenemiseen, jolloin sähkönkulutus laskee huomattavasti. Kun toimintoja keskitetään, palvelinten energiakulutus voi vähentyä jopa kymmeniä prosentteja. Normaalisti palvelinten käyt-

töaste on vain muutamia prosentteja täydestä suorituskyvystä, mutta virtualisoidun palvelimen käyttöaste on usein jopa 70 prosenttia. [28, s. 14].

Virtualisoinnin avulla voidaan siis parantaa laitteiston ja ohjelmistojen käyttöastetta, nopeuttaa käyttöönottoa, säästää tilaa konesalissa, laskea virrankulutusta ja muuten tehostaa toimintaa. Palvelinten virtualisointi on myös tärkeä perustekniikka useille pilvipalvelu (cloud computing) alustoille, koska virtualisointi mahdollistaa useiden rinnakkaisten, toisistaan eristettyjen eri asiakkaiden ympäristöjen ajamisen yhteisellä laitteistolla. [48, s. 47, 51.]

5.4 Jäähdytysjärjestelmät

Palvelinlaitteet tuottavat runsaasti lämpöä ja konesalia on jäähdytettävä käytännössä ympäri vuoden. Jäähdytykseen kuluva sähkönkulutus on yleisesti noin 30-50 prosenttia koko salin käyttämästä sähköstä, joten sen optimointiin kannattaa kiinnittää huomiota. Hukkalämpöä voidaan ottaa myös talteen ja hyödyntää omiin tarpeisiin tai myydä esimerkiksi kaukolämpöverkkoon. [28, s. 6 ja 12.]

Energiatehokkaan jäähdytyksen edellytys on keskitetty, korkean hyötysuhteen ja käytettävyyden jäähdytysjärjestelmä. Keskitetyn järjestelmän toimintavarmuus ja suorituskyky on parempi kuin usean pienen jäähdytysjärjestelmän. Lisäksi keskitetyn järjestelmän hyötysuhde on hajautettua ratkaisua parempi, ja sitä voidaan ohjata paremmin jäähdytystarpeen mukaan. [32, s. 9.]

Konesalin energiatehokkuus paranee dynaamisella jäähdytysjärjestelmällä, joka reagoi akuuttiin jäähdytystarpeeseen. Parhaassa tapauksessa järjestelmä ohjaa aktiivisesti itseään ja kohdentaa jäähdytyksen sinne, missä sitä eniten tarvitaan. Se esimerkiksi ohjaa voimakkaammat jäähdytystehot suurta lämpökuormaa tuottaviin palvelimiin ja vähentää jäähdytystä kohteissa, jotka tuottavat väliaikaisesti vain vähän lämpöä. [28, s. 7; 32, s. 9.]

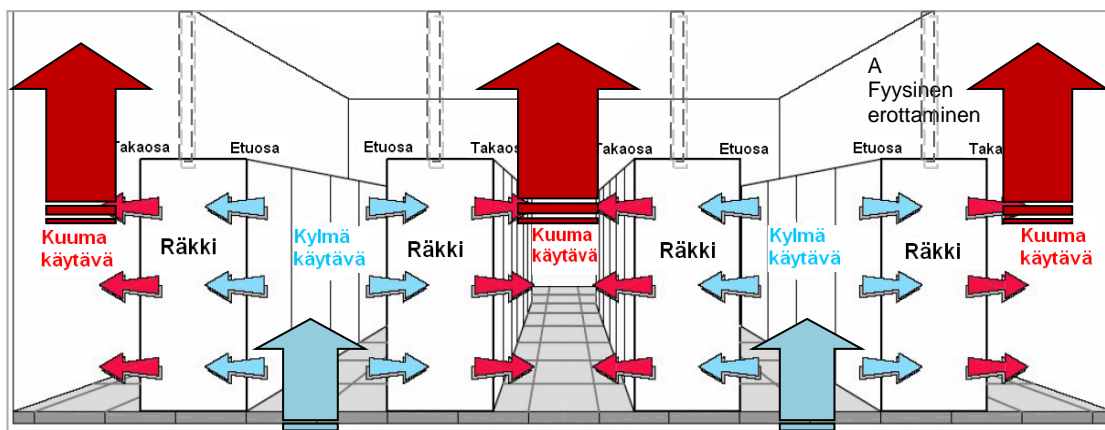
5.4.1 Ilmajäähdytys ja ilmankierron optimointi

Konesaleihin kohdistuva energiatehokkuuden periaate koskee jäähdytysilman kohdistamista ja riittävää ilmanvirtausta sinne, missä jäähdytystä tarvitaan. Jäähdytyksen tarkoitus ei ole jäähdyttää syntynyttä kuumaa ilmaa, vaan jäähdyttää lämpöä tuottavia komponentteja ja siirtää tehokkaasti kuuma ilma pois lämpöä tuottavasta kohteesta. Tehokas kuuman ilman poisto heti sen synnyttyä mahdollistaa hyvän jäähdytyksen hyötysuhteen verrattuna tilanteeseen, jossa jäähdytettävä kuuma ilma pääsee sekoitumaan jäähdytysilmaan ennen sen jäähdytysvaikutusta palvelimeen. [32, s. 9.]

Palvelinlaitteiden sijoittelulla on suuri merkitys ilmajäähdytyksen optimoinnin kannalta. Ihannetapauksessa laitetelineet ovat samankorkuisia ja ne on sijoitettu yhtenäisiin riveihin eikä telineissä ole tyhjiä aukkoja. Nämä helpottavat jäähdytyksen kohdentamista. Laitetelineiden suunnittelulla, takakoteloinnilla ja kaapeloinnin selkeytyksellä parannetaan ilmanvirtausta palvelinten lähellä ja pystytään paremmin kohdentamaan jäähdytyskapasiteettia sinne, missä jäähdytystä tarvitaan. Jopa 50 prosenttia jäähdytysjärjestelmän tehosta voi mennä hukkaan, jos tarkoituksen mukainen ilmankierto estyy. [32, s. 8; 28, s. 8.]

Toinen sijoitteluun vaikuttava kysymys on paljon lämpöä tuottavien korttipalvelintelineiden oikea sijoittelu. Korttipalvelimissa laskentateho on pakattu pieneen tilaan, ja ne ovat yleensä vähän energiaa kuluttavia. Yksittäinen korttipalvelinteline tuottaa kuitenkin voimakkaasti lämpöä verrattuna perinteisiin palvelinratkaisuihin. Jos kaikki korttipalvelintelineet sijoitetaan samaan riviin, tarvitaan sen jäähdyttämiseen korkea jäähdytyksen huipputeho. [32, s. 8.]

Kuviossa 9 nähdään tyypillinen palvelinten sijoittelutapa, jossa laitekaapit on asetettu riveihin ja vuorottelemalla laitteiden suuntaa. Tällöin niiden väliin muodostuu kylmiä ja kuumia käytäviä, jotka mahdollistavat tehokkaan jäähdytyksen ja tasaisen ilman kulun palvelinten ja jäähdytyslaitteiston välillä. Energiatehokkuuden kannalta erityisen tärkeää on estää kuuman ilman sekoittuminen kylmäkäytäviin. Tämä voidaan usein estää siirtämällä kuumaa ilmaa imevät järjestelmät lähelle palvelinkaappien yläreunaa ja sulkemalla kuuman ilman vuodot konesalin muihin osiin käyttämällä esimerkiksi paloturvallisia ja läpinäkyviä muoviesteitä (A) kunkin palvelinkaappirivin yläosassa. [4, s. 6; 14, s. 10].



Kuvio 9. Jäähdytysilman kulku ilmajäähdytteisessä konesalissa [mukailtu 4, s. 7]

Tavallisin käytössä oleva jäähdytystapa on ilmajäähdytys, jossa vakioilmastointikone imee lämpimän poistoilman konesalin yläosasta ja puhalttaa jäähdytettyä ilmaa rei'itetyn asennuslattian kautta laitekaappien etuosaan (kuvio 9). Kylmäkäytävässä jäähdytysilma ohjataan palvelimien käyttöön siis edestä ja kuuma ilma poistuu kaapin takaa. Näin viileä ilma ei sekoitu kuumaan ilmaan, eikä saliin pääse syntymään kuumia pisteitä, joissa ilma ei jäähdy lainkaan. [47, s. 6.]

Tutkimusten mukaan 50 prosenttia jäähdytysjärjestelmän tehosta voi mennä hukkaan kuuma- ja kylmäkäytävien vuotojen, vuotavien lattiarakojen, korotetun lattian alaisten vuotojen tai tukosten tai heikosti suunnitellun kuuman ilman poiston takia. Näin ollen ilmankiertoon kannattaa ehdottomasti kiinnittää huomiota. [32 s. 9.]

Ilmankierron optimointi edellyttää huolellisen suunnittelun lisäksi lämpötilojen mittausta eri osissa konesalia. Konesalien lämpötila on perinteisesti pidetty tarpeettoman viileänä, esimerkiksi 21-24 celsiusasteessa. Viileyden on oletettu pidentävän palvelinten ikää, vaikka käytännössä niiden elinkaari on niin lyhyt, ettei lämpötila siihen vaikuta. Palvelinten tuloilman lämpötilaa voidaan nostaa lähelle 27:ää celsiusastetta, joka on ASHRAE:n (American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers) suosituksen mukainen suurin sallittu lämpötila. [28, s. 6.]

ASHRAE on amerikkalainen sisäilmaolosuhteiden standardi, jossa määritellään muun muassa IT-laitteiden jäähdytysilman lämpötila. ASHRAE ja laitevalmistajat ovat jakaneet konesalit kuuteen luokkaan IT-laitteille ohjattavan tuloilman vaatimusten mukaan. Luokat ovat A1, A2, A3, A4, B ja C. Luokalla A1 tarkoitetaan tarkkaan kontrolloituja enterprise-luokan palvelimia ja tallennusjärjestelmiä. Luokalla A2 tarkoitetaan konesali-

tiloja, joissa tuloilmaa kontrolloidaan jonkin verran. Näissä tiloissa on yleensä volyympalvelimia, tallennusjärjestelmiä, PC:itä ja työpisteitä. [2, s. 7.]

Taulukossa 2 on esitetty ASHRAE-suosituksen mukaiset ja sallitut viileän tuloilman tasot luokille A1 ja A2. Luokkiin kuuluvat konesalit, joissa kontrolloidaan ympäristömuuttujia, kuten ilman lämpötilaa (°C), suhteellista kosteutta (RH) ja kastepistettä (DP).

Taulukko 2. Suositeltavat ja sallitut konesalin tuloilman raja-arvot luokille A1 ja A2 [4, s. 4].

	Luokka 1 ja luokka 2 suositeltava taso	Luokka 1 sallittu taso	Luokka 2 sallittu taso
Alin lämpötila	18 °C	15 °C	10 °C
Korkein lämpötila	27 °C	32 °C	35 °C
Alin kosteuspitoisuus	5,5 °C	20 % RH	20 % RH
Ylin kosteuspitoisuus	60 % RH (Relative Humidity) & 15 °C DP (Dew Point)	80% RH & 17 °C DP	80% RH & 21 °C DP

Taulukosta nähdään, että laitteille saapuvan viileän ilman tulee olla 18-27 °C ja ilman sisältämän kosteuden suhteellisen osuuden enintään 60 prosenttia sekä kastepistelämpötilan vähintään 5,5 °C ja maksimissaan 15 °C.

ASHRAE:n ohjeistuksessa on tärkeä huomata suositeltujen ja sallittujen rajojen välinen ero. Suositeltavien rajojen tarkoitus on ohjata operaattoreita konesalin energiatehokkuuteen ja säilyttää samalla IT-laitteiden korkea luotettavuus. Sallitut rajat puolestaan kertovat laitevalmistajien testaamat rajat, joissa laitteet toimivat, mutta niiden luotettavuutta kyseisissä olosuhteissa ei ole testattu. [4, s. 4.]

Konesalien olisi hyvä toimia mahdollisimman tarkkaan suositeltujen rajojen sisällä. Lämpötilan tulisi olla myös tasainen, koska suuret lämpötilanvaihtelut voivat aiheuttaa ongelmia laitteissa. ASHRAE:n mukaan on hyväksyttyä toimia lyhytaikaisesti suositusrajoiden ulkopuolella ilman, että sillä on vaikutusta IT-laitteiden toimivuuteen ja luotettavuuteen. Sallittujen rajojen ulkopuolella ei kuitenkaan tule toimia.

Laitekaapeille saapuvan ilman lämpötilan nostaminen on vaivatonta ja tehokas energiatehokkuustoimenpide. Vesijäähdytteisissä järjestelmissä samankaltainen toimenpide on jäähdytysveden lämpötilan nostaminen. Jäähdytysveden lämpötila voisi olla lähellä

20:tä celsiusastetta nykyään konesaleissa käytetyn 10 celsiusasteen sijasta. Tämä kymmenen asteen erotus on energiankäytön kannalta merkittävä. [28, s. 6-7.]

Ilmankosteuden hallinta

Konesaleissa on huolehdittava ilmankosteudesta. Liian suuri ilmankosteus voi johtaa kondensoitumiseen ja aiheuttaa komponenttien toimintahäiriöitä. Liian kuiva ilma taas aiheuttaa staattista sähköä, joka on haitallista elektronisille laitteille. Erityisesti talvipakkasilla kosteus saattaa laskea alle suositusten. Käytäntö on kuitenkin osoittanut, että Suomen ilmastossa kuiva ilma ei ole aiheuttanut häiriöitä ja laitteet ovat jääneet vähälle käytölle. Jos konesalissa on käytössä kostutus ja kuivaus, on tärkeä huolehtia, ettei niitä käytetä yhtä aikaa. [28, s. 15; 32, s. 12.]

Kosteutta on perinteisesti kontrolloitu ilmakeuhaimilla ja höyryä tuottavilla ilmankostuttimilla. Tämä kuluttaa turhaan sähköä. Niin sanotut adiabaattiset ratkaisut hyödyntävät ympäröivän tilan lämpöä ja haihdutusta kosteutukseen. [32, s. 12.] Esimerkki adiabaattisesta ilmankostuttimesta on ultraäänikostutin, jossa vesi siirtyy vedensuodattimen läpi korkealla ultraäänitaajuudella toimivaan värähtelijään, jossa vesi muuntuu hienoksi sumuksi. Ultraäänikostutus on erittäin energiatehokas höyrykostuttimiin verrattuna. [4, s. 12].

5.4.2 Vapaajäähdytys

Suomen ilmasto mahdollistaa hyvin vapaajäähdytyksen eli jäähdytyksen, jossa kylmä ulkoilma, kylmä järvi- tai merivesi tai maaperän jäähdytysvaikutus siirretään laittiloihin. Tämä tapahtuu yleensä jäähdytysveden välityksellä. Vapaajäähdytyksen energiansäästö perustuu siihen, että jäähdytysvesi jäähdytetään esimerkiksi kylmällä ulkoilmalla kompressorin sijaan. Tällöin sähköä kuluu ainoastaan jäähdytysveden kierrättämiseen eikä varsinaisia ilmastointikoneita tarvita. Siksi vapaajäähdytys on erittäin energiatehokasta. Tyypillisesti vapaajäähdytystä käytetään kompressoriteknikkaan perustuvan lämpöpumpun tai kaukojäähdytyksen rinnalla. Konejäähdytystä tulisi kuitenkin käyttää mahdollisimman vähän, koska se kuluttaa paljon energiaa. [28, s. 8.]

Suomessa voidaan käyttää myös suoravapaajäähdytystä, jossa ulkoilmaa johdetaan suoraan suodatettuna sisään. Ilmaan perustuva vapaajäähdytys kytkeytyy päälle ulkoilman lämpötilan alittaessa tietyn rajan, esimerkiksi 15 celsiusastetta. [28, s. 8.]

Vesistöjen viilennysvaikutusta voidaan hyödyntää läpi vuoden. Mikäli veden lämpötila ei aina ole riittävän alhainen, voidaan käyttää lämpöpumppua. Ulkolämpötilaraja, jossa vapaajäähdytys kytkeytyy päälle, pidetään usein turhan matalana. Raja kannattaisi nostaa niin ylös kuin jäähdytysveden ja –ilman lämpötilan kannalta vain on mahdollista. Kun lämpötilaa nostetaan, vapaajäähdytyksen osuus kasvaa ja samalla koneellisen jäähdytyksen osuus vähenee ja energiaa säästyy. Lämpötilarajan nostaminen edellyttää myös palvelimille menevän ilman ja jäähdytysveden virtaaman nostamista, joten laitteiston tehot ja sopivuus uusille asetuksille tulee tarkistaa. [28, s. 8.]

Yleinen konesalin jäähdytystapa on vapaajäähdytyksen sekä kompressorilla toimivan jäähdytyslaitteen yhdistelmä. Tänä päivänä ovat yleistyneet myös suoraan nesteellä jäähdytettävät laitekaapit, joita käyttämällä voidaan jäähdytys kohdistaa suoraan komponentteihin.

5.4.3 Palvelintelinekohtainen nestejäähdytys

Nestejäähdytyslaitteiston asentaminen palvelintelineeseen on melko uusi ja energiatehokas ratkaisu. Nestejäähdytyksessä periaatteena on siirtää palvelinlaitteiden tuottama lämpö jäähdytysnesteeseen mahdollisimman lähellä lämmön lähdettä. Nesteinä käytetään vettä tai kylmäainetta. Nestejäähdytykseen on monia ratkaisumalleja. Yksi perustuu palvelinlaitetelinevalmistajien ratkaisuun, jossa nestejäähdytys on toteutettu suoraan laitetelineeseen. Näin jäähdytyksen vaikutus kohdistuu suoraan palvelimiin, eikä jäähdytyksellä jäähdytetä turhaan tiloja. Laitetelineeseen toteutettu nestejäähdytys on energiatehokas ratkaisu ja soveltuu hyvin kylmä-kuumakäytävien toteuttamisperiaatteeksi. [4, s. 12; 28, s. 9].

Nestejäähdytystä voidaan hyödyntää suurempiin ja lämpökapasiteetiltaan tiheämpiin kohteisiin kuin ilmajäähdytystä, sillä neste on huomattavasti ilmaa tehokkaampi lämmönsiirtäjä, ja sen teho voidaan kohdentaa tarkkaan halutulle alueelle. Nämä tekijät vähentävät merkittävästi energiankulutusta perinteiseen ilmajäähdytykseen verrattuna. [32, s. 11; 47 s. 5.]

Samassa salissa voidaan käyttää sekä ilmajäähdytystä että vesijäähdytteisiä telineitä. Tämä ratkaisu muuttaa konesalin jäähdytyksen luonnetta toimistotilan ilmastoinnista prosessijäähdytyksen suuntaan. Telinekohtaisen viilennyksen rakentaminen vanhoihin

konesaleihin voi olla työlästä. Kuitenkin, jos talotekniikkaa ollaan uusimassa, kannattaa asia tutkia. [28, s. 9.]

5.4.4 Jäähdytys erillisille palvelinkaapeille

Suurissa konesaleissa laitetelineiden jäähdytys hoidetaan tavallisesti kuuma-kylmäkäytäväratkaisuilla. Jos yrityksen palvelimet kuitenkin mahtuvat yhteen tai kahteen palvelinkaappiin, kannattaa niiden jäähdytys hoitaa kohdennetusti. Tällöin voidaan käyttää esimerkiksi niin sanottua suljetun ilmankierron jäähdytysjärjestelmää.

Suljetun ilmankierron jäähdytysjärjestelmä on nimensä mukaisesti suljettu järjestelmä, joka ei jäähdytä ympäröivää tilaa. Järjestelmässä vedellä (esimerkiksi vapaajäähdytys) tai kompressorilla jäähdytetään ilma, joka puhalletaan jäähdytettävään kaappiin. Palvelinten läpi kulkenut lämmennyt ilma imetään takaisin jäähdyttimeen ja jäähdytetään uudelleen. Ratkaisussa kylmän ilman karkaaminen kaapista estetään käyttämällä esimerkiksi eristyskehysiä ja tiivistämällä kaapeliaukot. Laitetilassa ei tarvita korotettua lattiaa tai muita konesalituloille tyypillisiä erikoisratkaisuja. [39.]

5.4.5 Kaukojäähdytys

Kaukojäähdytys on suurissa kaupungeissa yleistynyt energiatehokas jäähdytystapa. Sen toimintaperiaate muistuttaa kaukolämpöä, mutta kuumen veden sijaan energia-yhtiö tuottaa jäähdytysenergiaa ja jakaa sen putkiston kautta rakennuksiin. [28, s. 9.]

Kaukojäähdytystä käyttämällä konesaliinteistöstä vapautuu tilaa muuhun käyttöön, kun omalle jäähdytysjärjestelmälle ei tarvitse varata teknistä tilaa. Tämä edellyttää, että vikasietoisuussyistä ei tarvita erillisiä jäähdytyslaitteita. [28, s. 9.]

Kaukojäähdytystä käyttävien konesalien hukkalämpö voidaan yleensä siirtää energia-yhtiön kaukolämpöverkkoon, joka lisää konesalin energiatehokkuutta. Joissakin tapauksissa jäähdytysjärjestelmän valvonta on mahdollista ulkoistaa energiayhtiölle. [28, s. 9.]

5.5 Hukkalämmön hyödyntäminen

Nykyisin palvelinlaitteiden tuottama lämpö ohjataan usein suoraan ulos konesalista. Mahdollisuudet hukkalämmön hyödyntämiseen vaihtelevat konesalin sijainnin, tilojen ja jäähdytysratkaisun mukaan. Konesalin lähistöllä tulee olla myös jokin kohde, johon hukkalämpöä voidaan hyödyntää. [28, s. 12.]

Omassa kiinteistössä hukkalämpöä voidaan hyödyntää tuloilman esilämmityksessä. Se vaatii ilmanvaihtokoneen, jossa on lämmöntalteenotto. Talteenotetulla lämmöllä voidaan lämmittää sisätiloja, kuten teknisiä tiloja, varastoja, pysäköintihalleja ja rappukäytäviä. Kaukojäähdytetyt konesalit voivat myydä hukkalämmön energiayhtiön kaukolämpöverkkoon, joka hyödyntää sen rakennusten ja käyttöveden lämmittämiseen. [28, s. 12.]

Mikäli käytössä on nestejäähdytys, voidaan harkita paluuveden hyödyntämistä lämmityksessä lämpöpumpun avulla. Ongelmana hukkalämmön hyödyntämisessä on se, että sellaisenaan noin 20-asteinen vesi ei riitä lämmitykseen. Sitä voidaan kuitenkin lämpöpumpun kompressorin avulla kuumentaa riittävästi tilojen lämmittämiseen. Lämmönsiirto voi tapahtua patteri- tai lattialämmityksen tai ilmanvaihdon kautta. [28, s. 12-13.]

Hukkalämpöä voidaan hyödyntää myös viereisissä rakennuksissa, kuten esimerkiksi naapurikiinteistön uima-altaan lämmittämiseen tai sulana pidettävien ulkoilueiden lämmitykseen. [28, s. 13.]

5.6 Sähköjärjestelmät

5.6.1 Virranjakelun optimointi

Konesalin virransaanti ei saa katketa missään olosuhteissa, mikä vaatii kahdennetun virransyöttöjärjestelmän ja varajärjestelmien ylläpitoa. Tärkeimpien palvelimien virranjakelu kahdennetaan palvelinlaitteeseen asti. Näissä laitteissa on kaksi virtalähdettä, kahdennetut virranjakelun paneelit sekä sähkönsyötön varmistuslaitteet eli UPS-laitteet (Uninterruptible Power Supply). [28, s. 10.]

Kahdentaminen lisää energiankulutusta, koska varalla oleva virranjakelu käy jatkuvasti osateholla. Käytössä on tavallisesti laite- tai palvelintelinekohtaisia vaihtovirtaa käyttäviä virtalähteitä. Energiankulutusta voidaan vähentää käyttämällä korkean hyötysuhteen virtalähteitä. Samalla vähenee myös virtalähteiden jäähdytystarve, koska korkea hyötysuhde merkitsee pienempää lämpökuormaa. [28, s. 10.]

Tavallisesti konesalien virranjakelussa käytetään vaihtovirtaa (AC). Kuitenkin suurin osa salin sähköisistä komponenteista, samoin kuin UPS-laitteiden akut, vaativat tasavirtaa (DC). Tämän seurauksena verkkovirta täytyy muuntaa useita kertoja, jolloin syntyy tehohävikkiä ja energiaa kuluu hukkaan. [4, s. 15.] Isoissa laitteissa on yleensä vaihtoehtona joko AC- tai DC-virtalähteet.

Siirtymällä konesalien virranjakelussa tasavirtaan voidaan nostaa energiatehokkuutta. Tasavirtaa käyttävät järjestelmät ovat yksinkertaisempia ja hyötysuhteeltaan parempia kuin vaihtovirtaa käyttävät järjestelmät. Siirtyminen edellyttää palvelimilta valmiutta tasavirtaan, mikä rajoittaa käyttöönottoa käytössä olevissa konesaleissa. [28, s. 10.]

Varmennus ja redundanssi

Tier-luokituksella ja redundanssia määrittelevillä termeillä kuvataan palvelimien ja talotekniikan varmennuksen tasoa. Tier-luokkia on I-IV. Luokat kuvaavat infrastruktuurin (sähkö, jäähdytys, rakenteellinen suojaus) toteutusten rakennetta IT-kuormille tarjolla olevien käyttöenergiapalveluiden käytettävyyden näkökulmasta. Esimerkiksi luokissa III ja IV kaikkien IT-laitteiden tulee olla kaksoisvirtalähtein varustettuja ja asennettu luokan vaatimusten mukaan.

Redundanssi tarkoittaa talotekniikan varmennusastetta. Termeillä N, N+1, 2N, 2N+1 jne. kuvataan kahdennettuja laitteita ja sähkönjakelua. N-kirjaimen edessä oleva numero kuvaa käytössä olevien jakeluteiden ja virtalähteiden määrää. N-kirjaimen jälkeinen numero kertoo vaihtoehtoisten jakelujärjestelmien ja virtalähteiden määrän. Jäähdytyksellä, sähkönjakelulla ja varavoimalla voi kaikilla olla eri tason redundanssit. [28, s. 10.]

5.6.2 Virransyötön varmistaminen

Ongelmat sähkön saatavuudessa ovat merkittävä uhka tietojärjestelmille ja verkoille. Esimerkiksi hajautetussa verkossa tietojenkäsittelyn eheys edellyttää luotettavaa sähkönsyöttöä kaikkiin kriittisiin järjestelmän osiin, jolloin sähkösaannin turvaamista voidaan joutua tarkastelemaan jopa maailmanlaajuisesti. Liiketoimintaprosessien osalta tulee tarkastella sitä, missä määrin prosessit ovat riippuvaisia sähköstä, mitä korvaavia energialähteitä voidaan käyttää sekä mitä tilapäisesti voidaan tehdä ilman energiaa tai rajoitetulla energiamäärällä. IT-järjestelmien tärkeiden tietoteknisten keskusten virransyöttö tulisi varmistaa esimerkiksi kahdesta muuntajapiiristä. Kaikki kriittiset laitteet on suojattava häiriöiltä, jotta voidaan välttyä ajan ja tietojen menetyksiltä sekä IT-laitteiston fyysiseltä rikkoutumiselta. UPS (Uninterruptible Power Supply) eli katkeamaton virransyötön järjestelmä on tärkeä osa konesalin virranjakelun kokonaisratkaisua. [5.]

UPS-laitteet varmistavat jatkuvan virransyötön konesalissa esimerkiksi sähkökatkojen aikana. Yleensä UPSit perustuvat akkuihin, jotka syöttävät virtaa, kunnes IT-laitteet on saatu turvallisesti sammutettua tai varavoimajärjestelmä, kuten dieselgeneraattori on käynnistynyt. UPS tasoittaa myös muita sähköverkkoon kohdistuvia häiriötä, kuten virtapiikkejä, jotka voivat kaataa järjestelmän tai vahingoittaa laitteistoa. [5.]

UPS-laitteiden kokonaisteho voi olla selvästi palvelinten tehoa suurempi, koska se varmistaa myös konesalin jäähdytysjärjestelmän toiminnan. UPS-laitteisto on koko ajan valmiustilassa ja kuluttaa paljon sähköä. Useissa konesaleissa myös UPS on kahdennettu häiriöiden varalta ja sillä voi olla oma varajärjestelmä. [28, s. 11.]

Energiankulutuksen kannalta merkittävä asia on UPS-laitteiden hyötysuhde. Uusissa järjestelmissä se on noin 90-97 prosenttia. Joissakin laitteissa voi olla energiansäästöasetuksia, joiden avulla hyötysuhde saadaan nostettua 98 prosenttiin. Varmuustasot voidaan automatisoida ja häviöt minimoida käyttämällä UPS-laitetta staattisella ohituksella normaalin sähkönsyötön aikana. Staattisella ohituksella tarkoitetaan elektronisen kytkimen avulla toteutettua ohitusta. [28, s. 11].

Energiankulutusta aiheuttavat erityisesti osakuormilla toimivat UPS-laitteet. Pieni kuormitus mitoitustehoon verrattuna aiheuttaa suuret häviöt. Häviöitä vähentää UPS-järjestelmän modulaarinen rakenne, jonka ansioista vain tarpeellinen määrä UPS-laitteistoa on päällä. [28, s. 11.]

5.6.3 Valaistus

Konesaleissa ei aina ole henkilöstöä, joten se ei tarvitse jatkuvaa valaistusta. Valojen tarpeetonta käyttöä voidaan vähentää selvästi ajastimilla, liikkeenilmaisimilla ja läsnäolotunnistimilla. Valaistuksen sähkölaskua voi pienentää myös LED-valaisimilla, joiden sähkönkulutus on huomattavasti pienempi kuin perinteisillä valaisimilla. Lisäksi niiden tuottama lämpökuorma valotehooon nähden on hyvin pieni. Turhaan päällä olevat valot lisäävät lämpökuormaa ja sähkönkulutusta. LED-valojen ja läsnäolotunnistimien avulla konesalin lämpökuorma pienenee, mikä vähentää jäähdytystarvetta. [4, s. 16; 28, s. 15.]

5.7 Tietotekniikkahankinnat ja energiatehokkuus

Yritysten kannattaa suunnitella ja toteuttaa tietotekniikkahankintansa huolella. Tietotekniikka tulisi huomioida jo yrityksen strategiassa ja hankinnat tulee tehdä yrityksen liiketoimintatarpeita tyydyttävällä tavalla. [50.]

Hankinnoissa energiatehokkuuden arviointi tuottaa selvää hyötyä, kun se sisällytetään yrityksen hankintamenettelyn kaikkiin vaiheisiin. Energiatehokkuusasiat tulee ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa. Hankintahinnan lisäksi kannattaa huomioida koko käytön aikaiset kustannukset. Hankintoja suunniteltaessa tulee huomioida myös yrityksen suuruus ja toimiala. Yrityksen suuruus vaikuttaa siihen, kuinka laajoja hankintoja se voi tehdä; toimiala taas vaikuttaa siihen, miten hankinnat kannattaa keskittää. Erityisesti pienten yritysten kannattaa olla kriittisiä hankintoja suunnitellessa, sillä vaikka jonkin järjestelmän tarve tuntuisi suurelta, tulee silti laskea, onko investointi todella kannattava. Investointien kannattavuutta arvioidaan tavallisesti takaisinmaksuajan, netto nykyarvon ja sisäisen korkokannan perusteella. Koska näiden taloudellisten arviointimenetelmien avulla on vaikea huomioida laadullisia ja pitkän aikavälin hyötyjä, energiatehokkuusinvestointien kannattavuutta on hyvä pohtia myös strategisesta näkökulmasta. [30, s. 7; 50.]

Uusia IT-laitteita hankittaessa energiatehokkuus tulisi ottaa hankintakriteeriksi aina kun se on mahdollista ja kokonaistaloudellisesti kustannustehokasta. Huomiota tulisi kiinnittää erityisesti laitteiden energiankäyttöön ja suosia Energy Star -merkittyjä tuotteita. [28, s. 14.]

Monissa yrityksissä voi taloudellisesti olla järkevää ulkoistaa osittain tai kokonaan joitakin IT-toimintoja. Yrityksessä tulee tällöin selvittää, mitkä toiminnot ovat sellaisia, joita se voisi ulkoistaa. Ulkoistaminen tarjoaa mahdollisuuden ostaa palveluja ulkopuolelta ja maksaa vain siitä resurssista, joka kulloinkin tarvitaan. Etenkin pienemmissä yrityksissä voidaan pyrkiä kaikkien IT-toimintojen ulkoistamiseen, jolloin omalle vastuulle jäisi vain toiminnan laadun valvominen. Pilvipalvelut voivat olla tällöin hyvä ratkaisu, sillä IT-palveluiden hankkiminen pilvestä vapauttaa omien sovellusten ja niiden vaatiman ympäristön pyörittämisestä. Toisinaan myös konesalin vuokraaminen tai ulkopuolinen lisäsisäilytyspaikka voi olla hyvä vaihtoehto. Valinnat riippuvat täysin kunkin yrityksen vaatimuksista ja strategiasta.

Pilvipalvelut (cloud computing)

Pilvipalvelut ovat Internetistä hankittua tietokonekapasiteettia, ohjelmistoja tai muita palvelusuoritteita. Pilvipalvelut voidaan esittää niinkin, että se on toimintamalli, jonka kautta voidaan luopua fyysisistä konesaleista. [18, s. 32.]

Yrityksillä on usein huomattavasti enemmän palvelimia kuin ne tarvitsevat, koska ne ovat varautuneet esimerkiksi varmuuskopioihin, mahdollisiin virhetilanteisiin ja laitteiden vahingoittumiseen. Pilvipalveluissa palveluntarjoajat vastaavat palvelimista omissa konesaleissaan. Kun samassa konesalissa palvellaan tuhansia asiakkaita, päästään selvästi tehokkaampaan energiankäyttöön kuin jos jokainen yritys käyttäisi omaa salia. Tyypillisesti pilvikeskuksen käyttöaste on noin 70 prosentin tasolla, kun perinteisen konesalin käyttöaste on 10–20 prosenttia. Energiatehokkuutta pohdittaessa on hyvä huomioida sekin, että yleensä pilviteknologia on itsessään energiankäytön kannalta hyvä vaihtoehto. [38.]

Konttikonesali

Tavallisen konesalin rakentaminen tai sen laajentaminen on usein työlästä ja kestää yleensä suunnittelusta toteutukseen useita kuukausia. Rakentamiselle vaihtoehtona voi joskus olla konesalin pakkaaminen konttiin. Niin sanotut konttikonesalit on nimensä mukaisesti rakennettu tavallisiin rahtikontteihin, joihin palvelimet, kytkimet ja muut IT-laitteet pakataan. Konttikonesaliratkaisuilla voi joskus myös ratkaista konesalin ja sen laitteiden tilanpuuteongelmat, sillä kontin voi sijoittaa esimerkiksi tehdashalliin tai varastoon. [5; 42; 47.]

6 Konesalin energiatehokkuuden mittaaminen

Konesalien energiatehokkuuden mittaamiseen on monia mittareita. Parhaimmillaan palvelimien, jäähdytyksen, varajärjestelmien ja muun talotekniikan kulutus ovat kukin erikseen mitattavissa ja seurattavissa. Seuraavaksi esitellään konesalien mittareista tärkeimmät.

6.1 Energiatiheys

Konesalin sähkötehon tiheys on kulutetun sähkötehon ja konesalin pinta-alan suhdeluku. Normaalit suhdeluvun arvot ovat 0,5–1 kW/m². Arvoa 2 kW/m² pidetään korkeana. Energiatiheys kertoo suurpiirteisesti, miten tiiviisti konesali on täytetty. Se ei varsinaisesti kerro talotekniikan tai palvelemien tehokkuudesta. [28, s. 18]

6.2 PUE (Power Usage Effectiveness)

Konesalien energiatehokkuutta mitataan usein PUE-arvolla. Se on yleisesti sovellettu standardi ympäri maailmaa. PUE-arvo kertoo yhtälön 1 mukaisesti konesalin kokonaisenergiakulutuksen ja IT-laitteiston kulutuksen suhteen. [3, s. 12; 28 s. 18.]

$$PUE = \frac{P_{tot}}{P_{it}} \quad (1)$$

P_{tot} on konesalin kokonaisenergiankulutus (kWh)

P_{it} on IT-laitteiden energian kulutus (kWh).

Konesalin käyttämä kokonaisenergia sisältää IT-kuormien lisäksi jäähdytykseen ja muihin konesalitilan toimintoihin kulutetun sähköenergian, mukaan lukien sähköjärjestelmien häviöt. Kun konesalilla on oma sähköliittymänsä, kokonaisenergia saadaan suoraan liittymän päämittauksesta. Palvelinten lisäksi IT-kuormien sähköenergia sisältää verkkolaitteiden ja tallennuslaitteiden kuluttaman sähköenergian.

Teoriassa PUE-arvo voi minimissä olla 1,0, joka tarkoittaisi sitä, että kaikki energia kuluisi IT-laitteiden käytössä. Taulukosta 3 voi nähdä, että energiatehokkuus paranee, kun PUE-arvo pienenee.

Taulukko 3. PUE- ja DCiE-tunnusluvut [15 s. 20; 60].

PUE	DCiE	Hyötysuhde
3,0	33 %	Hyvin tehoton
2,5	40 %	Tehoton
2,0	50 %	Keskimääräinen
1,5	67 %	Tehokas
1,2	83 %	Erittäin tehokas

PUE-arvon käänteislukua DCiE (Data Centre infrastructure Efficiency) käytetään myös jonkin verran kuvaamaan energiatehokkuutta. DCiE kertoo, kuinka suuren osuuden tietotekniikka kuluttaa konesalin kokonaistehosta (yhtälö 2). [4, s. 17; 15, s. 20; 60.]

$$DCiE = \left(\frac{1}{PUE} \right) \times 100 \quad (2)$$

PUE-arvolle on määritelty neljä tasoa sen mukaan, miten tarkkaan energiankäyttöä konesalissa mitataan. Taulukossa 4 on esitetty yhteenveto PUE-tasoista. [46, s. 5-6.]

Taulukko 4. PUE-kategoriat [46, s. 6].

	Taso 0	Taso 1 Perustaso	Taso 2 Keskitaso	Taso 3 Kehittynyt
Tietotekniikan (IT) sähkökulutuksen mittauksen sijainti	UPS-laitteiston syöttämä energia	UPS-laitteiston syöttämä energia	PDU:n (Power distribution Unit) eli sähköjakeluyksikön syöttämä energia	IT-laitteiden sisääntulo (palvelinkohtainen)
Energian määritelmä (palvelimet)	Huipputeho	Tietotekniikan vuotuinen energiankulutus	Tietotekniikan vuotuinen energiankulutus	Tietotekniikan vuotuinen energiankulutus
Kokonaisenergian määritelmä	Huipputeho yhteensä (konesalin)	Energiankulutus vuodessa (konesali)	Energiankulutus vuodessa (konesali)	Energiankulutus vuodessa (konesali)
Mittaamisen aikaväli minimi	Kuukausittain/viikoittain	Kuukausittain/viikoittain	Päivittäin	Jatkuva

Parhaan kategorian 3 mittauksissa poistetaan kaikki sähköjakelukomponenteista ja muista IT-laitteista, kuten telineeseen asennetusta tuulettimesta johtuvat häviöt. [46, s. 5]. Tason 3 jokaisessa palvelimessa on oma sähkömittari [28, s. 18].

6.3 NPUE (Net Power Usage Effectiveness)

NPUE-arvo on kehittyneempi versio PUE-arvosta. Se ottaa huomioon myös konesalista ulos syötettävän energian, kuten hukkalämmön hyödyntämisen. Seuraava yhtälö 3 pätee konesaleissa, joissa ei ole kaukojäähdytystä. [28, s. 19.]

$$NPUE = \left(\frac{E_{in} - E_{out}}{E_{it}} \right) \quad (3)$$

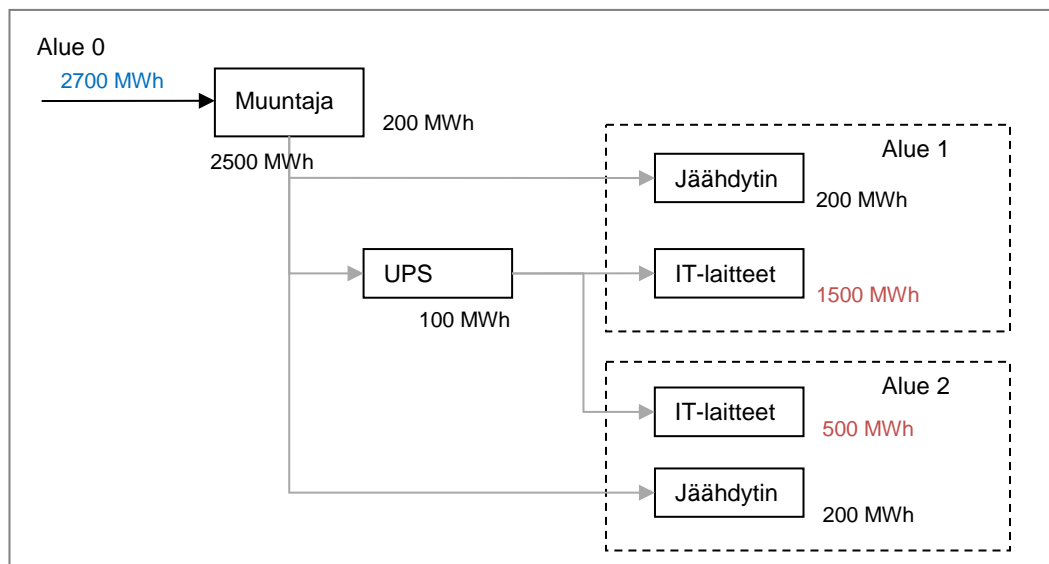
E_{in} on konesaliin syötetty energia

E_{out} on konesalista ulos syötetty energia

E_{it} on palvelimien sähkönkulutus.

6.4 pPUE (Partial Power Usage Effectiveness)

The Green Grid esittää uudeksi energiantehokkuuden mittariksi Partial PUE (pPUE) -arvoa. Tätä mittaria voidaan käyttää, jos järjestelmästä saadaan mitattua ja raportoitua rajattu osa-alue. [41, s. 13.]



Kuvio 10. PUE-arvo ja Partial PUE [3, s. 14].

Kuvion 10 esimerkissä konesalin PUE = $2700/2000 = 1,35$. Alueilla 1 ja 2 on samat jäähdytintehot, mutta eri IT-laitteiden kuormitukset, joten niillä on myös eri PUE-arvot. Alueen 1 arvo $pPUE_1 = 1700/1500 = 1,13$ ja alueen 2 arvo $pPUE_2 = 700/500 = 1,40$.

6.5 CUPS (Computer Units per Second)

CUPS-arvo on palvelimien normitettuun laskentatehoon perustuva luku, joka jaetaan sähköteholla. Yksikkönä on CUPS/W. Normitettu laskentateho ei perustu laitteiston mittauksiin, vaan se arvioidaan palvelimien valmistusvuoden perusteella. Eri-ikäisille palvelimille annetaan laiteinventaarion yhteydessä niin sanottu MCUPS-kerroin, joilla niiden tehot kerrotaan tietyn taulukon mukaisesti. [8, s. 15; 28, s. 19.]

Konesalin CUPS-arvo (taulukko 5) saadaan arvioitujen CUPS-arvojen sekä palvelinten lukumäärän ja käyttöasteen perusteella. Saatu tulos jaetaan koko konesalin kokonaissähköteholla megawateissa (MW), jolloin saadaan konesalin tehokkuus CUPS/W. [8, s. 15.]

Taulukko 5. CUPS-arvon laskentamalli [8, s. 15].

Palvelimen valmistusvuosi	Arvioitu MCUPS per palvelin	Palvelinten määrä	Palvelinten käyttöaste (%)	Yhteensä (MCUPS)
	A	B	C	$D = A \times B \times C$
2006	4,75			
2007	7,00			
2008	10,25			
2009	15,25			
2010	22,50			
Yhteensä				

Konesalin kokonaisteho (MCUPS)	Summa (D) ylhäältä	
Energian kokonaiskulutus (MW)	E	
Konesalin energiatehokkuus (CUPS/W)	= Summa (D)/ E	

CUPS-arvo kertoo suuntaa-antavasti koko konesalin energiatehokkuudesta. PUE-arvoon verrattuna CUPS-arvon etuna on palvelimien käyttöasteen huomioiminen. Huonona puolena pidetään laskentatehon perustumista mittausten sijasta valmistusvuoteen pohjautuvaan arvioon. [28, s. 19.]

6.6 CADE (Corporate Average Data Center Efficiency)

CADE-arvo on edellisiä monipuolisempi mittari. Se ottaa huomioon muun muassa tietotekniikan ja infrastruktuurin käyttöasteen (kuvio 11). CADE koostuu yhtälön 4 mukaisesti erikseen laskettavista komponenteista. Lopputuloksena saadaan prosenttiluku, joka kertoo konesalin energiatehokkuuden. [28, s. 19]

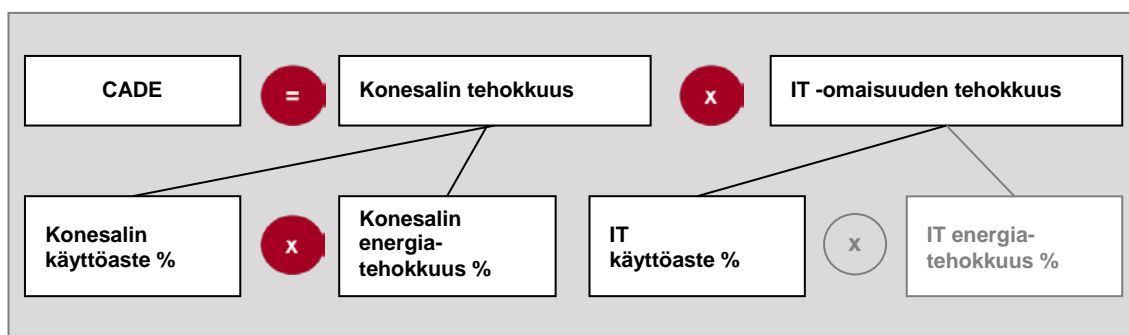
$$CADE = AU_{fac} \times EE_{fac} \times AU_{IT} \times EE_{IT} \quad (4)$$

Yhtälössä konesalin infrastruktuurin käyttöaste (AU_{fac}) tarkoittaa tietotekniikan sähkökuormituksen (palvelimet, tallennusjärjestelmät, verkkolaitteet) ja konesalin kapasiteetin suhdetta (esimerkiksi $10\,550\text{ kW}/14\,000\text{ kW} \times 100 = 75\%$). [27, s. 11-12.]

Konesalin infrastruktuurin energiatehokkuus (EE_{fac}) tarkoittaa tietotekniikan sähkökuormituksen ja konesalin sähkön kokonaiskulutuksen suhdetta.

Tietotekniikan käyttöaste (AU_{IT}) määritellään keskimääräiseksi palvelimen suorittimen käyttöasteeksi (ei MIPS-painotettu). Käyttöaste huomioi, kuinka palvelimet prosessoivat ja kuinka paljon ne siihen nähden kuluttavat energiaa. [27, s. 11]. Palvelimien käyttöasteessa tukeudutaan usein arvioihin. [28, s. 19].

Tietotekniikan energiatehokkuuden (EE_{IT}) mittari kertoo, miten tehokkaasti IT-laitteet (palvelimet, keskustietokoneet, tallennusjärjestelmät, verkko jne.) käyttävät energian palveluiden tuotannossa. [27, s. 11.]



Kuvio 11. Konesalien kokonaisvaltainen energiatehokkuuden mittari CADE [27, s. 11].

Konesalit jaetaan saadun tuloksen perusteella viiteen CADE-mallin mukaiseen tasoon (taulukko 6). Energiatehokkuus on sitä parempi, mitä korkeampi on CADE-arvo.

Taulukko 6. CADE-tasot [27, s. 11].

CADE -tasot	Arvot
Taso 1	0 – 5 %
Taso 2	5 – 10 %
Taso 3	10 – 20 %
Taso 4	20 – 40 %
Taso 5	yli 40 %

McKinsey arvioi tutkimuksessaan useimpien konesalien sijoittuneen vuonna 2008 vain CADE-tasolle 1. Vaikka konesali kuuluisi tällä hetkellä alimmalle tasolle, voi yrityksen johto käyttää CADE-arvoa luodessaan tulostavoitteita. Esimerkiksi jos konesalitila on nyt CADE-tasolla 1, voi organisaatio pyrkiä lisäämään tehokkuutta ja siirtyä McKinseyn mukaan 2-tasolle 18 kuukauden kuluessa. [27, s. 11.]

Konesalien hallintaohjelmisto

Konesalien hallintaohjelmistoilla voidaan tänä päivänä kerätä, analysoida ja raportoida tietoa reaaliaikaisesti. Hallintaohjelmistosta riippuen käyttöliittymän kautta voi nähdä suoraan esimerkiksi PUE-arvon, jäähdytyksen hyötysuhteen, hälytykset, lämpötilat ja kosteusarvot. Lisäksi voi seurata IT-laitteiden energiankulutusta esimerkiksi koko konesalitilan osalta, yhden rivin tai yhden laitekaapin eli räkin osalta. [39.]

6.7 Yhteenveto konesalien mittareista

Konesalien energiatehokkuuden mittaamiseen on useita mittareita, joille kaikille on omat käyttökohteensa. Organisaatioiden omista tavoitteista riippuu, mitkä mittarit ovat sopivimmat. Taulukkoon 7 on koottu yhteenveto mittareista, niiden vahvuuksista ja heikkouksista.

Taulukko 7. Yhteenveto energiatehokkuuden mittareista

Mittari	Vahvuudet	Heikkoudet
Energiatehokkuus (sähkötehon tiheys)	Laskenta suoraviivaista. Kertoo suurpiirteisesti, miten tiiviisti konesali on täytetty.	Ei kerro varsinaisesti palvelimien tai talotekniikan energiatehokkuudesta
PUE, DCIE	Laskenta suoraviivaista. PUE-arvo on laajalle levinnein ja käytetyin mittari. Sen käyttöönotto on hyvä lähtökohta energiankäytön mittarointiin.	PUE-arvo mittaa lähinnä talotekniikan energiatehokkuutta. Arvo voi vaihdella lämpötilan, kosteuden ja salin täyttöasteen mukaan. PUE-arvo ei kerro palvelimien energiatehokkuudesta eikä huomioi esimerkiksi hukkalämmön hyötykäyttöä konesalin ulkopuolella.
NPUE	NPUE-arvo ottaa huomioon myös energian, joka syötetään konesalista ulos (yleensä hukkalämmön hyödyntäminen).	
p PUE	Partial PUE-arvon avulla voidaan mitata konesalin järjestelmiä osittain.	
CUPS	Kokonaisvaltainen. PUE-arvoon verrattuna CUPS-arvon etuna on palvelinten käyttöasteen huomioiminen.	Laskentateho perustuu mittausten sijaan valmistusvuoteen perustuvaan arvioon.
CADE	Antaa kokonaiskuvan konesalin energiankäytöstä.	Tietotekniikan (IT) käyttöasteessa ja energiatehokkuuden mittaamisessa tukeudutaan osin arvioihin ja epätodellisiin mittareihin.

Tällä hetkellä PUE-arvo on käytetyin tapa määrittellä energiatehokkuutta. Vertaamalla PUE-arvoa toimialan keskiarvoihin ja parhaisiin käytäntöihin saadaan kattava kuva oman konesalin energiatehokkuudesta.

7 Kyselytutkimus ja sen tutkimustulokset

Kyselytutkimuksella selvitettiin kohdeyritysten tietotekniikan konesaltilojen nykytilaa, käytäntöjä ja tulevaisuuden suunnitelmia. Olennaista oli selvittää, miten yrityksissä on huomioitu konesaltilojen energiatehokkuus ja onko tämän parantamiseksi jo tehty toimenpiteitä. Lisäksi haluttiin selvittää energiatehokkuuden parantamisen esteitä.

7.1 Tutkimuksen toteutustapa

Empiirisen osuuden tiedonkeräysmenetelmäksi valittiin määrällinen kyselytutkimus, jota puolsivat useat kirjallisuudessa esitetyt kyselyn edut. Tämä tutkimuskohde oli Suomen mittakaavassa vähän kartoitettu alue. Sähköisen kyselytutkimuksen avulla pyrittiin saavuttamaan nopeasti laajempi joukko yrityksiä sekä samalla helpottamaan vastausten keruuta ja niiden analysointia. [20, s. 190.]

Kyselytutkimukselle on samassa kirjallisuudessa esitetty myös huonoja puolia, kuten epävarmuus siitä, miten vakavasti vastaajat suhtautuvat tutkimukseen. Aina ei voida myöskään tietää, ovatko vastaajat perehtyneitä aiheeseen, josta esitetään kysymyksiä. Myös kato eli vastaamattomuus voi nousta ongelmaksi. [20, s. 190.]

Kyselylomakkeen laadinnassa tärkeintä on selvyys. Jotta saadaan luotettavia tuloksia, kysymysten tulisi merkitä samaa kaikille kyselyn vastaajille. Tehokkaita ovat lyhyet kysymykset, joihin ei sisälly kaksoismerkityksiä. Vastaajille tulee myös tarjota vaihtoehto ”ei mielihpidettä” tai ”en osaa sanoa”, ja monivalintavaihtoehdot ovat suositeltavampia kuin ”samaa mieltä/eri mieltä”-väitteet. Lomakkeen laadinnassa on hyvä huomioida, että kysymysten määrällä ja järjestyksellä on merkitystä. Tavallisesti yleisimmät kysymykset sijoitetaan lomakkeen alkupuolelle ja tarkemmat loppuun. [20, s. 197-198.]

Tämä kyselytutkimus oli jaettu yhdeksään ryhmään aihealueittain. Tällä toimenpiteellä lomakkeesta saatiin selkeämpi kokonaisuus, jolloin kyselyyn vastaaminen ei olisi niin raskasta kuin jos lomakkeessa olisi ollut yli 20 kysymystä ilman niiden jakoa. Kysely sisälsi pääosin suljettuja monivalintakysymyksiä, mutta myös avoimia kysymyksiä uusien vaihtoehtojen ja näkökulmien huomioimiseksi. Saatekirje ja kyselylomake on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 1.

Kyselytutkimuksen kohderyhminä olivat suomalaiset teknologiateollisuuden yritykset sisältäen elektroniikka- ja sähköteollisuuden, kone- ja metallituoteteollisuuden, metallien jalostuksen, tietotekniikka-alan sekä suunnittelu ja konsultointi yritykset.

Sähköinen kysely toteutettiin Eduix E-lomake 3.1 -järjestelmällä. Kysely oli auki 27.9.–17.10.2012 välisenä aikana. Pyyntö osallistua kyselyyn lähetettiin sähköpostitse yhteensä 600 Teknologiateollisuus ry:n jäsenyritykselle. Noin kahden viikon kuluttua vastaamattomille lähetettiin muistutusviesti. Määräaikaan mennessä kyselyyn osallistui 23 vastaajaa, joten vastausprosentiksi tuli 3,8.

Kyselyn vastaukset tallentuivat automaattisesti E-lomake-järjestelmään, josta ne vastausajan päätyttyä lähetettiin Excel-ohjelmaan. Vastausten analysointiin käytettiin myös Microsoftin Excel-ohjelmaa.

7.2 Tutkimuksen pätevyys ja luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuuden tarkastelussa kiinnitetään huomiota siihen, kuinka pätevää ja käyttökelpoista tietoa on saatu. Perinteisesti luotettavuutta on arvioitu kahdella termillä: reliaabelius ja validius. Näistä reliaabelius viittaa mittauksen toistettavuuteen eli siihen, saadaanko mittauksissa samat tulokset, jos ne toistettaisiin. Reliaabelius liittyy tavallisesti kvantitatiiviseen tutkimukseen ja sen kykyyn antaa luotettavia, ei-sattumanvaraisia tuloksia. Toisin sanoen kyse on sekä mittareiden että mittauksen luotettavuudesta. Tutkimuksen tulosten kannalta on oleellista, että mittarit mittaavat sitä, mitä on tarkoitettu, toisin sanoen että tutkimustulokset ovat valideja. [20, s. 226.]

Yleisesti ottaen reliaabeliudella tarkoitetaan tulosten tarkkuutta, mikä liittyy kiinteästi tutkimuksen toistettavuuteen ja tutkimustulosten yleistettävyyteen. Sen taustalla on siis vaatimus käytettyjen menetelmien tarkasta dokumentoinnista, mikä mahdollistaa tutkimuksen toistettavuuden. Tämän tutkimuksen reliabiliteetin arvioin hyväksi, sillä se on dokumentoitu ja toistettavissa. Vastaajaluku jäi tosin 23:een, mikä nostaa sattumanvaraisuudenriskin sellaiseksi, että tulokset ovat lähinnä suuntaa antavia.

Tutkimus on toteutettu kyselytutkimuksena, joten aineiston keräämisessä mahdollisia virhelähteitä on esimerkiksi se, että vastaaja on käsittänyt jonkin kysymyksen toisin kuin tutkimuksen tekijä on ajatellut tai vastaus on syötetty virheellisesti. Lisäksi on

huomioitava, että vastaajilla ei vastaustilanteessa välttämättä ole ollut kaikkea tarvittavaa tietoa käsillä, vaan vastaukset perustuvat ainakin osittain vastaajien mielikuviin. Vastaajien henkiläjakauma viittaa kuitenkin siihen, että kyselyyn vastanneilla henkilöillä voidaan olettaa olevan hyvä käsitys kyselyn aihepiiristä.

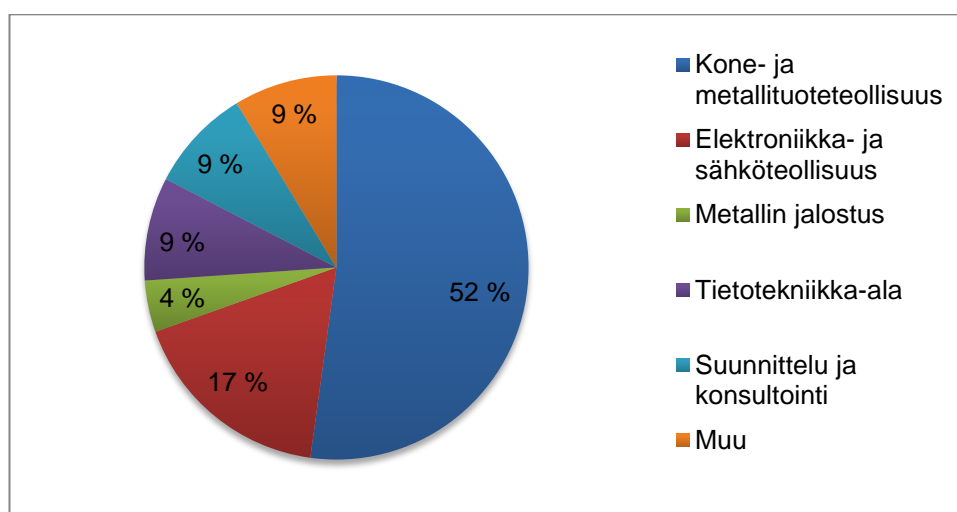
Kyselyn otos koostui erityyppisistä yrityksistä, joiden koko vaihteli pienistä yrityksistä suuriin yrityksiin. Yritysten heterogeenisyyttä ei tule nähdä kielteisenä ja tutkimuksen luotettavuutta alentavana tekijänä. Monipuolinen kohderyhmä antaa suomalaisten teknologiateollisuuden yritysten konesaltilojen nykytilasta realistisemmän kuvan kuin pelkästään suurten ja edistyneiden yritysten tarkastelu. Kerätty aineisto edustaa hyvin yrityksiä niin toimialan, kokoluokan kuin maantieteellisen sijainnin puolesta.

7.3 Tutkimustulokset

Tässä luvussa syvennyttään kyselytutkimuksella kerättyihin vastauksiin ja analysoidaan tutkimustuloksia.

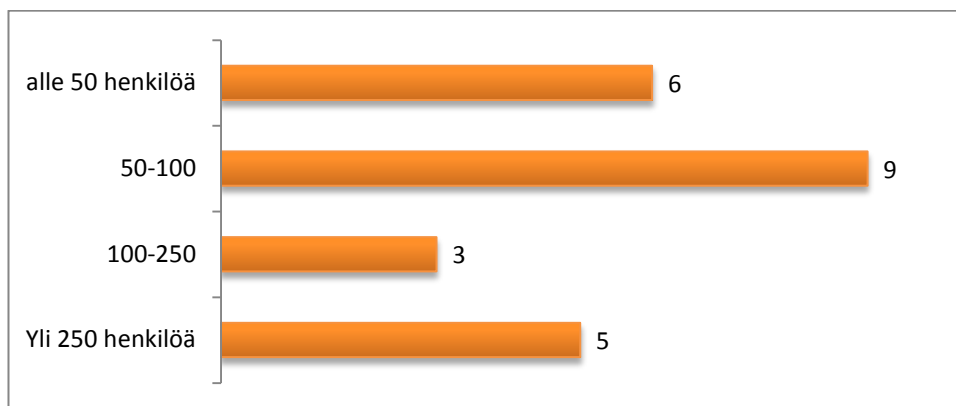
7.3.1 Taustatietoa vastaajista

Kyselyyn vastasi yhteensä 23 yritystä (kuvio 12). Vastaajista 52 % (12) edusti kone- ja metallituoteteollisuutta, 17 % (4) elektroniikka- sähköteollisuutta, 9 % (2) tietotekniikka-alaa, 9 % (2) suunnittelua ja konsultointia, 1 % (1) metallin jalostusta ja 9 % (2) muita.



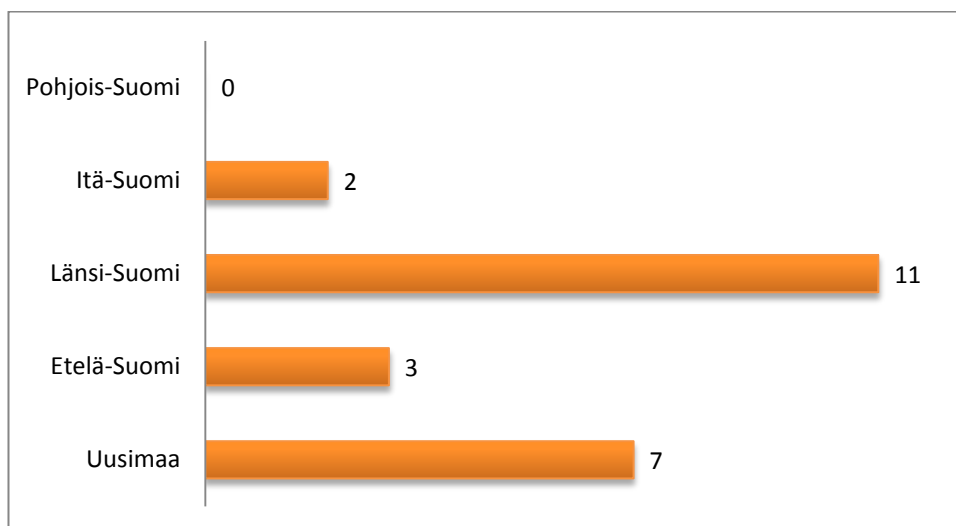
Kuvio 12. Kyselyyn osallistuneiden yritysten toimialajakauma (n=23)

Vastanneista yrityksistä kokoluokaltaan 50-100 henkilön yrityksiä oli 39 %, alle 50 henkilön yrityksiä oli 26 %, yli 250 henkilön yrityksiä oli 22 % ja loput 13 % oli 100-250 henkilön yrityksiä. (kuvio 13.)



Kuvio 13. Yrityksen henkilöstön määrä (n=23)

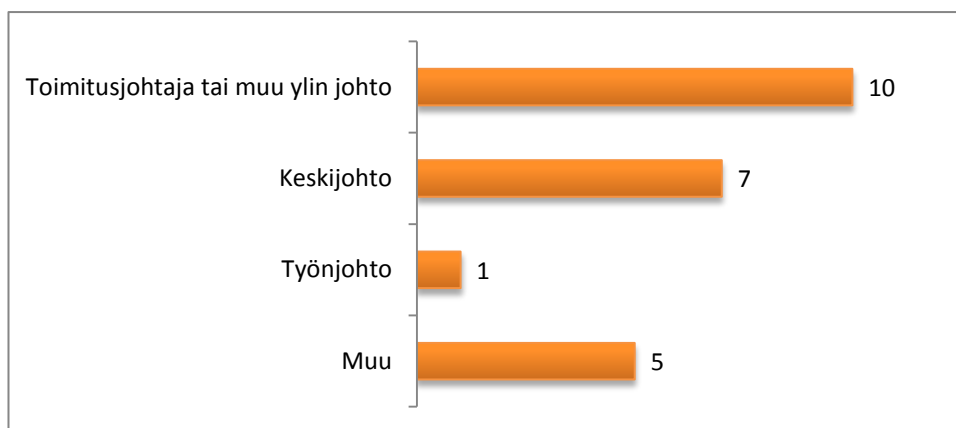
Kuviossa 14 on kuvattu yritysten maantieteelliset sijainnit alueittain. Tässä aluejaon perusteena käytettiin vanhaa, vuoden 2010 alkuun saakka voimassa ollutta läänijakoa. Lisäksi Uusimaa oli eritelty muusta Etelä-Suomesta omaksi alueekseen. Vastauksia saatiin seuraavasti: Länsi-Suomi 48 %, Etelä-Suomi yhteensä 43 % (josta Uudenmaan osuus 30 %) sekä Itä-Suomi 9 %. Pohjois-Suomesta ei kyselyyn vastattu lainkaan.



Kuvio 14. Yrityksen sijainti (n=23)

Taustakysymyksiä kysyttiin lisäksi vastaajien asemaa yrityksessä. Vastanneista toimitusjohtajien tai muun ylimmän johdon osuus oli kaikkein suurin eli 44 %. Keskijohdon

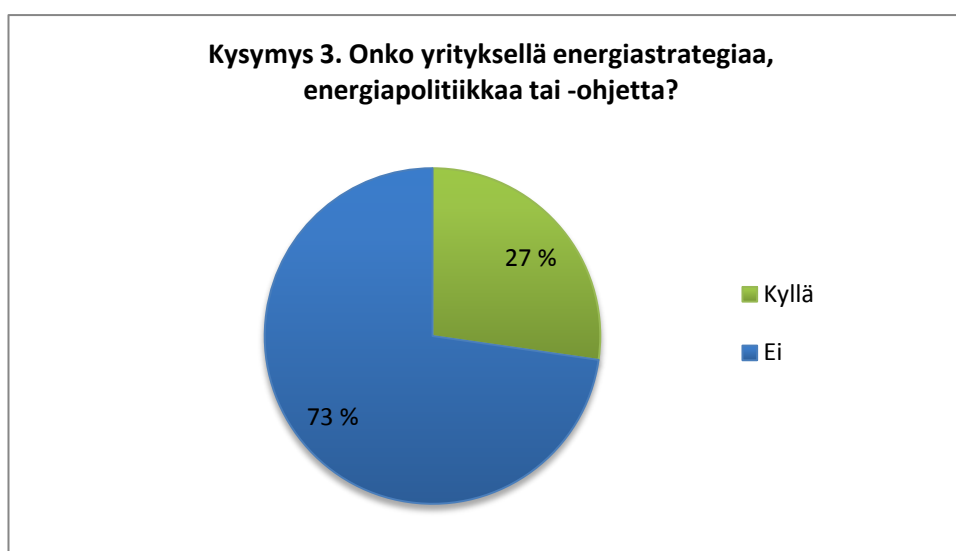
osuus oli toiseksi suurin eli 30 prosenttia, ja ryhmän muut osuus oli 22 %. Kaikista vastaajista yksi edusti työnjohtoa.



Kuvio 15. Vastaajan asema yrityksessä (n=23)

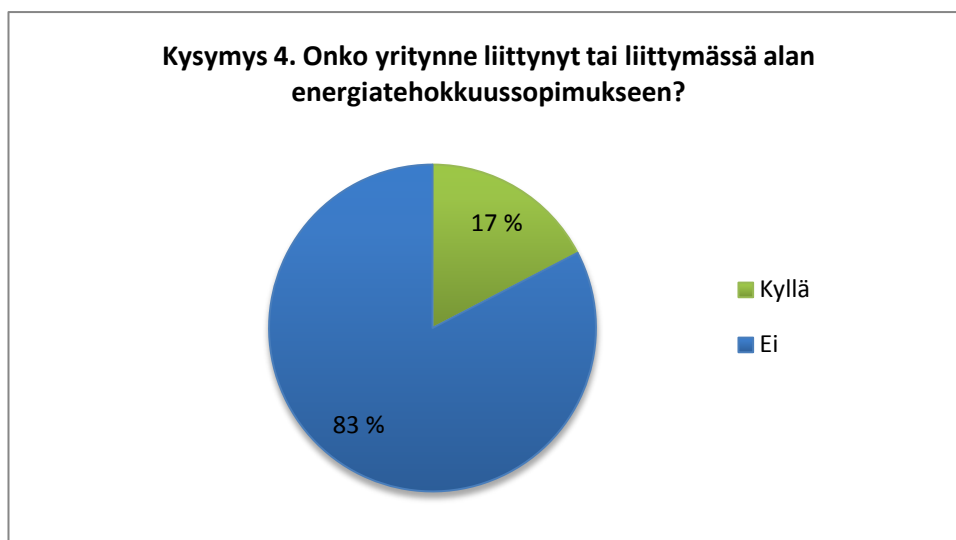
7.3.2 Strateginen johtaminen

Seuraavien viiden kysymyksen avulla selvitettiin yritysten yleistä sitoutumista energia-
tehokkuuden jatkuvaan parantamiseen. Kuviosta 16 nähdään, että kyselyyn osallistu-
neista yrityksistä suurin osa, eli 73 %, ei ole laatinut energiastrategiaa, energiapolitiik-
kaa tai -ohjetta.



Kuvio 16. Energiastrategian tai energiapolitiikan laatineiden yritysten osuus (n=22)

Kuten kuviosta 17 voidaan nähdä, enemmistö yrityksistä eli 83 % ei ole liittynyt alan energiatehokkuussopimukseen. Sopimukseen liittyneitä yrityksiä oli neljä eli 17 %.



Kuvio 17. Energiatehokkuussopimukseen liittyneet tai liittymässä olevat yritykset (% yrityksistä) (n=23)

Raportoitujen tietojen perusteella kahdellatoista yrityksellä on käytössä kaksi johtamisjärjestelmää, eli ISO9001-laadunhallintajärjestelmä ja ISO14001-ympäristöjärjestelmä. Näistä kahdella on lisäksi käytössään vielä jokin muukin järjestelmä. Viisi vastanneista kertoi, että heillä on käytössä yksi johtamisjärjestelmä eli ISO9001-laadunhallintajärjestelmä. Näiden lisäksi kolmella on käytössä jokin muu järjestelmä. (kuvio 18.)



Kuvio 18. Yritysten käytössä olevat johtamisjärjestelmät (n=20)

Kuviosta 19 nähdään, että 27 %:lla yrityksistä energiatehokkuusasiat on liitetty yrityksen olemassa olevaan johtamisjärjestelmään.



Kuvio 19. Energiatehokkuusasiat liitetty yrityksen johtamisjärjestelmään (% yrityksistä)(n=22)



Kuvio 20. Energiatehokkuuden vastuhenkilön nimenneiden yritysten osuus (n=23)

Suurin osa yrityksistä, eli 87 %, ei ole nimittänyt energiatehokkuuden vastuhenkilöä. Yrityksistä kuudella, eli 13 %:lla, oli valittuna vastuhenkilö suunnittelemaan ja toteuttamaan energiatehokkuustoimenpiteitä. (kuvio 20.)

7.3.3 Taustatietoa konesalitiloista

Kuten kuviosta 21 voidaan nähdä, jopa 61 % kyselyyn vastanneista käyttää omaa konesalitilaa. Yrityksistä kolme, eli 13 %, on ulkoistanut konesalitilan ja kuudella, eli 26 %, on käytössä hybridiratkaisu eli oma konesalitila ja ulkoistetturatkaisu.



Kuvio 21. Vastaajayritysten nykyisten palvelintilojen/konesalien jakauma (n=23)

Yritysten käytössä olevat konesalitilat ovat yleisesti ottaen melko pieniä. Kuviosta 22 voi nähdä, että 60 %:lla vastaajista konesalitila on alle 10 neliometriä ja 10-30 neliömetrin konesalitiloja on 20 %.



Kuvio 22. Palvelintilojen pinta-ala (n=20)

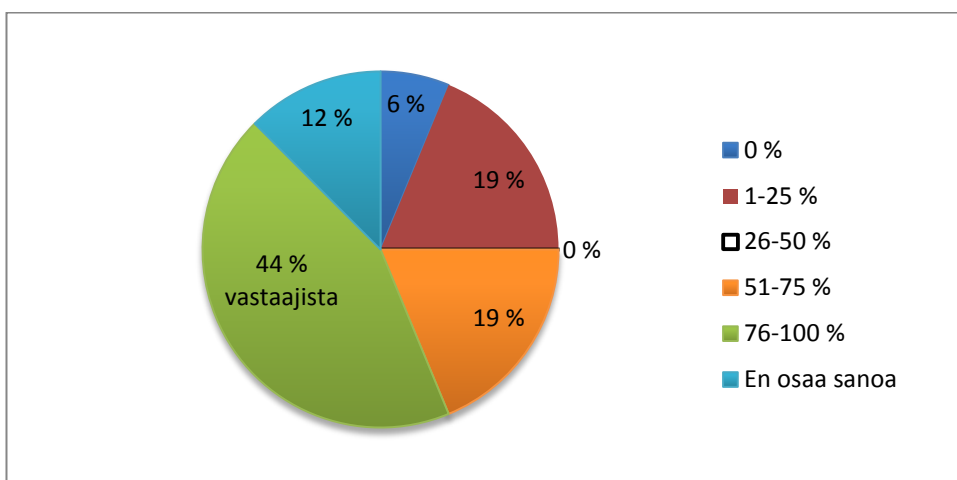
Palvelinten määrä vaihtelee luonnollisesti yhtä paljon kuin yritysten ja niiden konesalien koko muutenkin. Raportoitujen tietojen mukaan kaikista yrityksistä 69 %:lla palvelimia on alle 10 kappaletta. Vain yksi yritys, joka on kokoluokaltaan suurempi, kertoi palvelimia olevan yli 100 kappaletta. (kuvio 23.)



Kuvio 23. Palvelinten määrä (n=19)

Kohdassa 8b vastaajia pyydettiin arvioimaan palvelintensa prosentuaalinen jakauma palvelintyypeittäin. Kysymykseen vastanneissa 20 yrityksessä niin sanotut räkkipalvelimet olivat kaikkein yleisimpiä. Niitä oli käytössä 85 %:lla eli 17 yrityksellä. Näistä seitsemän arvioi räkkipalvelinten prosentuaaliseksi osuudeksi 1-25 %, toiset seitsemän arvioi osuudeksi 76-100 %, yksi ilmoitti osuuden olevan 26-50 %, ja kaksi ei osannut sanoa osuutta. Vastanneista yrityksistä vain yhdellä ei ollut räkkipalvelimia käytössä. Tornipalvelimia raportoi käyttävänsä kymmenen yritystä, eli 50 %, ja kahdella ei ollut niitä lainkaan. Tyypillisesti tornien osuuden arvioitiin olevan 1-25 %. Korttipalvelimia kysymykseen vastanneista yrityksistä käytti kuusi.

Vastaajia pyydettiin arvioimaan lisäksi virtualisoitujen palvelinten osuus kaikista palvelimista. Kysymykseen vastasi 16 yritystä, joista yhdessä ei ollut käytössä virtualisointia. Niissä yrityksissä, joissa virtualisointi oli käytössä, palvelinten virtualisoinnin arvioitiin jakautuvan kuvion 24 mukaisesti. Seitsemän vastaajaa, eli 44 %, arvioi virtualisoitujen palvelinten osuudeksi 76-100 %. Kolme vastaajaa, eli 19 %, arvioi osuuden olevan 51-75 % ja kolme arvioi osuudeksi 1-25 %. (kuvio 24.)



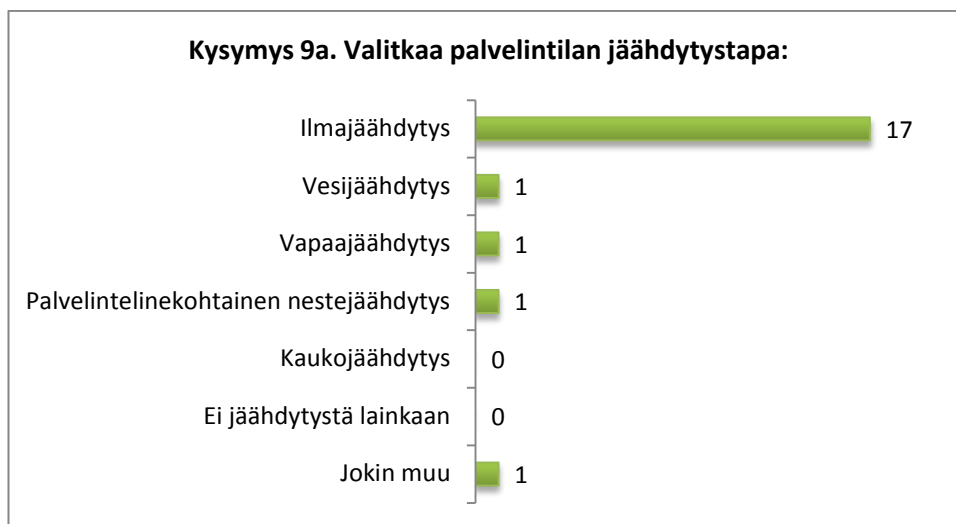
Kuvio 24. Virtualisoitujen palvelinten osuus kaikista palvelimista (n=16)

Seuraavasta kuviosta 25 voi nähdä, että vastanneilla yrityksillä ei ollut käytössä kone-salin energiankulutuksen hallintaohjelmistoa.



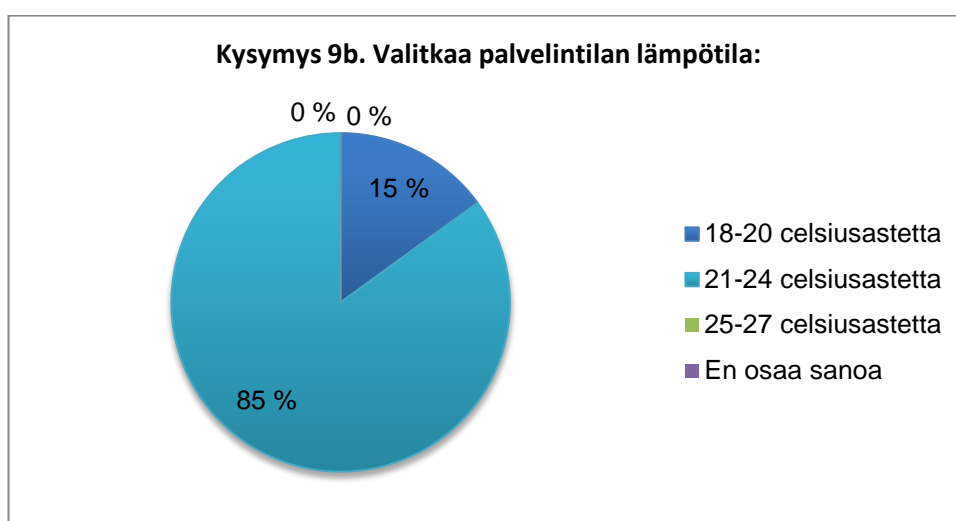
Kuvio 25. Palvelintilan hallintaohjelmisto käytössä (% yrityksistä) (n=20)

Vastaajilta kysyttiin myös yrityksen konesaltilan jäähdytystapaa (kuvio 26). Ilmajäähdytys oli ylivoimaisesti suosituin jäähdytystapa. Se oli käytössä jopa 81 %:lla vastanneista. Yksi vastaaja ilmoitti käytössä olevan sekä ilmajäähdytyksen että vesijäähdytyksen. Yhdessä yrityksessä oli käytössä vapaajäähdytys ja yhdessä palvelintelinekohtainen nestejäähdytys. Yksi vastaaja ilmoitti käytävänsä jotakin muuta jäähdytystapaa.



Kuvio 26. Palvelintilan jäähdytystapa (n=20)

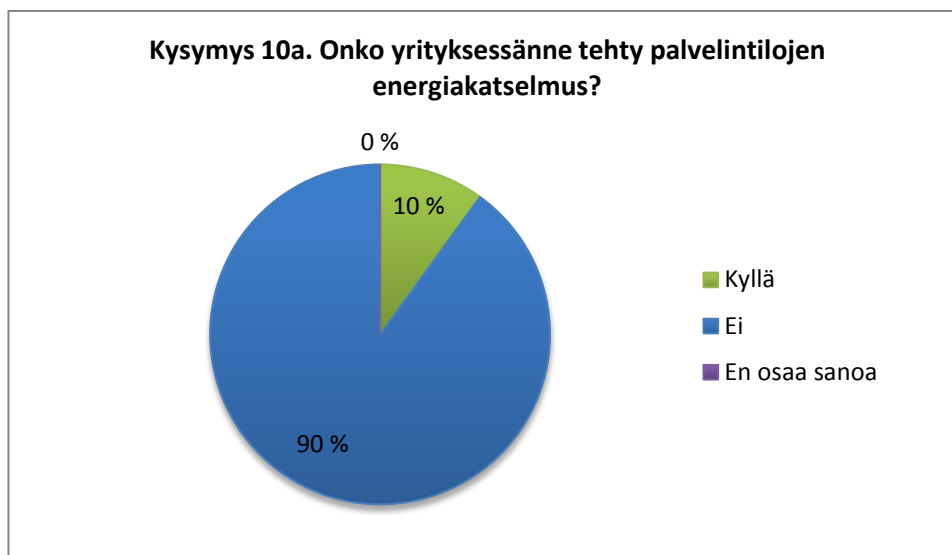
Konesaltilan lämpötilaa kysyttäessä, merkittäväällä osalla, 85 %, lämpötila oli 21-24 celsiusastetta. Vastaajista 15 % ilmoitti konesaltilan olevan vieläkin viileämpi eli 18-20 celsiusastetta. (kuvio 27.)



Kuvio 27. Palvelintilan lämpötila (n=20)

7.3.4 Energiatehokkuuden seuranta

Vastaajilta kysyttiin seuraavaksi, onko yrityksen konesalitulassa tehty energiakatselmus. Kuten kuviosta 28 voi nähdä, vain 10 %:ssa yrityksistä on tehty konesalitiilan energiakatselmus.



Kuvio 28. Konesalitiilan energiakatselmuksen tehneiden yritysten osuus (n=18)

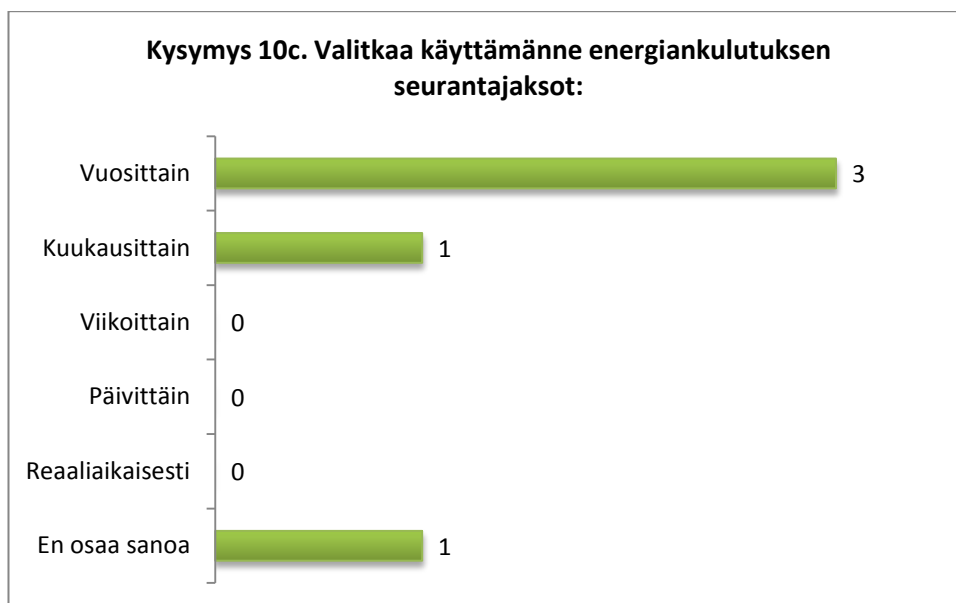
Kuvio 29 esittää kyselyyn osallistuneiden yritysten konesalitiilojen energian kulutuksen tietoista seuranta. Kysymykseen vastasi 20 yritystä. Niistä enemmistö (15) kertoi, että konesalin energiankulutusta ei ole tietoisesti seurattu lainkaan.



Kuvio 29. Konesalitiilan energian kulutuksen tietoisesti seurannan osuus (n=20)

Kaikista yrityksistä kolme ilmoitti seuranneensa energian kulutusta viimeisen vuoden aikana siten, että näistä seurantatoimenpiteistä oltiin tietoisia. Yksi yritys ilmoitti seuranneensa viimeisen 2-3 vuoden aikana ja yksi viimeisen viiden vuoden aikana. (kuvio 29.)

Niistä yrityksistä, joissa konesalin energiankulutusta seurattiin, kolme ilmoitti seuraavansa kulutusta vuosittain. Yksi yritys seurasi kulutusta kuukausittain. (kuvio 30.)



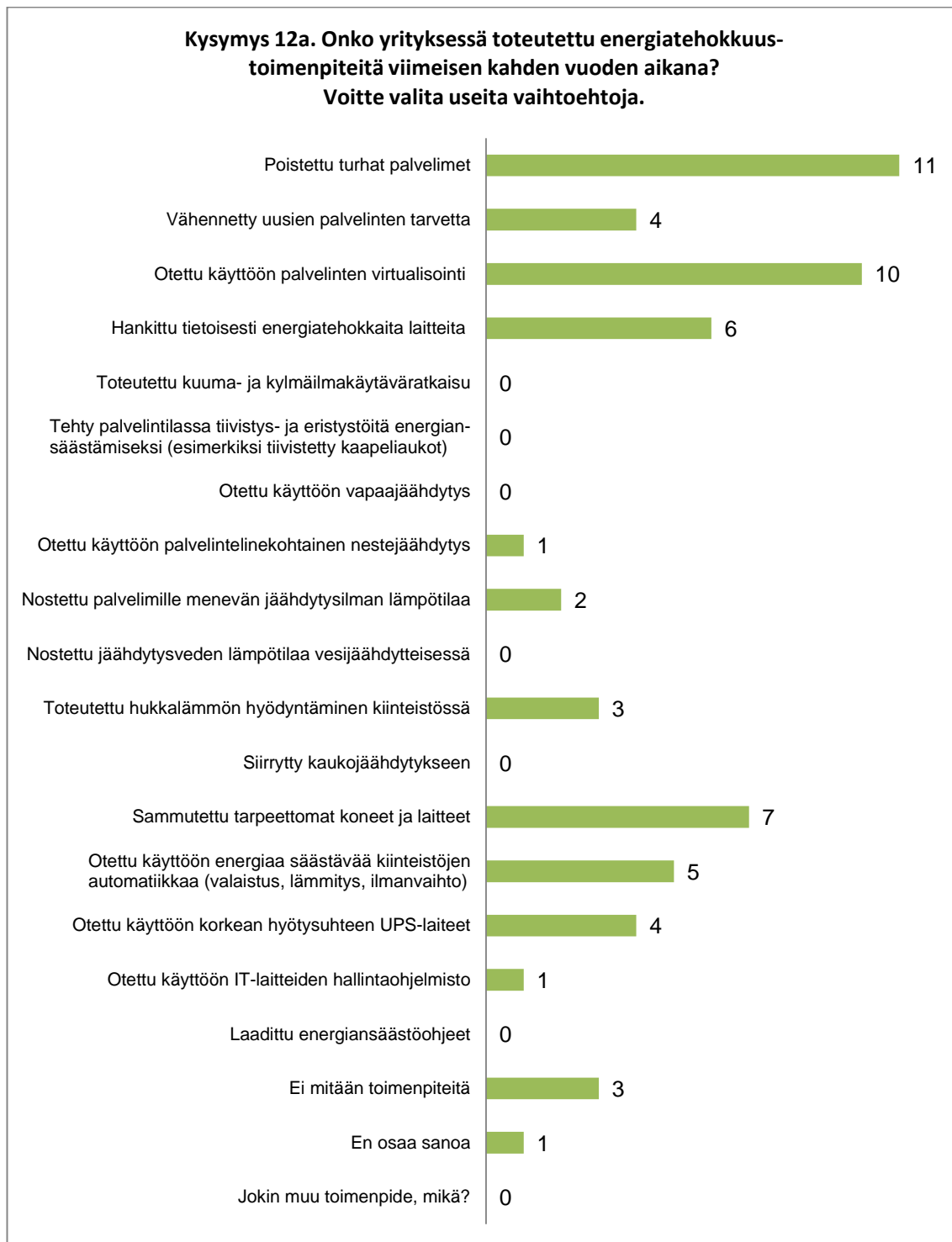
Kuvio 30. Energiankulutuksen seurantajaksot (n=5)

Kohdassa 10d pyydettiin vastaajia valitsemaan käytössä olevat energiatehokkuuden mittarit. Raportoitujen tietojen mukaan kysymykseen vastanneissa yrityksissä ei ollut käytössä PUE-, CADE-, NPUE- eikä CUPS-mittaria. Yksi yritys ilmoitti käyttävänsä jotakin muuta mittaria. Loput vastaajista valitsi vaihtoehdon "en osaa sanoa".

Kysymykseen 11a "Kuinka hyvin käytössä oleva energiatehokkuuden mittaus- ja seurantajärjestelmä palvelee yrityksen tarpeita?", vastasi viisi yritystä. Kaksi vastaajaa ilmoitti järjestelmän palvelevan tarpeitaan hyvin tai aika hyvin. Kolme vastaajista ei osannut sanoa.

7.3.5 Toteutetut energiatehokkuustoimenpiteet

Konesalien energiatehokkuuden nykytilaa ja yritysten jo toteuttamia energiatehokkuustoimenpiteitä kartoitettiin seuraavan monivalintakysymyksen avulla.



Kuvio 31. Energiatehokkuuden parantamiseksi tehdyt toimenpiteet (n=19)

Kuten kuvioista 31 voi nähdä, suurin osa yrityksistä on toteuttanut konesaliin energia-
tehokkuutta parantavia toimenpiteitä. Kyselyyn vastanneista yrityksistä 58 % ilmoitti
poistaneensa käytöstä turhat palvelimet, toisin sanoen ne, jotka ovat olleet käytössä
vain varmuuden vuoksi. Vastanneista 53 % kertoi ottaneensa käyttöön palvelinten
virtualisoinnin ja 37 % sammuttaneensa tarpeettomat koneet ja laitteet. 32 % ilmoitti
hankkineensa tietoisesti energiatehokkaita laitteita. Lähes saman verran, eli 26 %, oli
ottanut käyttöön energiaa säästävää kiinteistöjen automatiikkaa (valaistus, lämmitys,
ilmanvaihto). Neljä yritystä, eli 21 %, ilmoitti vähentäneensä uusien palvelinten tarvetta,
neljä ottaneensa käyttöön korkean hyötysuhteen UPS-laitteet, kolme toteuttaneensa
hukkalämmön hyödyntämisen omassa kiinteistössään ja kaksi nostaneensa palvelimille
menevän jäähdytysilman lämpötilaa. Lisäksi yksi yritys oli ottanut käyttöön palvelin-
telinekohtaisen nestejäähdytyksen ja yksi IT-laitteiden hallintaohjelmiston. Vastaajista
kolme kertoi, että energiatehokkuuden parantamiseksi ei ole tehty mitään toimenpiteitä.

Kysymyksessä 12c vastaajilla oli mahdollisuus perustella, mikä toteutetuista energia-
tehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä on heidän mielestään tärkein. Avoimissa kommentteissa
tärkeimmäksi toteutetuksi energiatehokkuustoimenpiteeksi nousi ylivoimaisesti
palvelinten virtualisointi. Perusteluina tälle todettiin useimmiten vähentynyt fyysisten
palvelinten tarve ja sitä kautta lämpökuorman väheneminen. Lisäksi kommentteissa
nostettiin esiin vanhan, paljon energiaa käyttävän laitteiston käytöstä poistaminen ja
palvelinten uusinta. Vastaajista yksi nosti tärkeimmäksi toteutetuksi energiatehokkuus-
toimenpiteeksi maalämmön käyttöönoton kiinteistössä sekä jäähdytyksessä osittain
käytettävän maakyilmän käyttöönoton.

7.3.6 Energiatehokkuuden parantaminen tulevaisuudessa

Ensimmäinen energiatehokkuuden tulevaisuutta käsittelevä kysymys keskittyi selvittä-
mään, kuinka usein yritys kehittää tai aikoo kehittää konesalilansa energiatehokkuut-
ta. Kysymykseen saatiin vastauksia 20 yritykseltä, joista kaksi aikoo kehittää energia-
tehokkuuttaan jatkuvasti. Yrityksistä neljä kiinnostui kehittämistoimista, mutta ne eivät
vielä olleet perehtyneet asiaan eivätkä tästä syystä osanneet vastata siihen, miten
kehittämistä aiotaan toteuttaa. Vastaajista yhdellätoista kehittämistoimet eivät olleet
suunnitelmissa. (kuvio 32.)



Kuvio 32. Konesaltilojen energiatehokkuuden parantamiseen kohdistuva mielenkiinto (n=20)

Avoimessa kysymyksessä 14 vastaajilla oli mahdollisuus kertoa yrityksen tärkeimmät palvelintilojen kehityskohteet vuoteen 2016 mennessä. Tärkeimmiksi tulevaisuuden kehityskohteiksi energiakulutuksen osalta nostettiin uusien ja vähemmän kuluttavien palvelinten hankinta, virtualisointi, muutto uusiin tiloihin, ulkoistaminen, uuden energiatehokkaamman laitetalan vuokraaminen ja hukkalämmön hyödyntäminen kiinteistössä.



Kuvio 33. Ulkoistuspalveluiden käytön arvioitu kehitys vuoteen 2016 mennessä (n=23)

Kysymyksessä 15a pyydettiin vastaajia arvioimaan konesaltilojen ulkoistuspalveluiden käytön kehitystä vuoteen 2016 mennessä. Vastaajista 48 % arvioi osuuden kasvavan jonkin verran ja 43 % arvioi osuuden pysyvän ennallaan. (kuvio 33.)

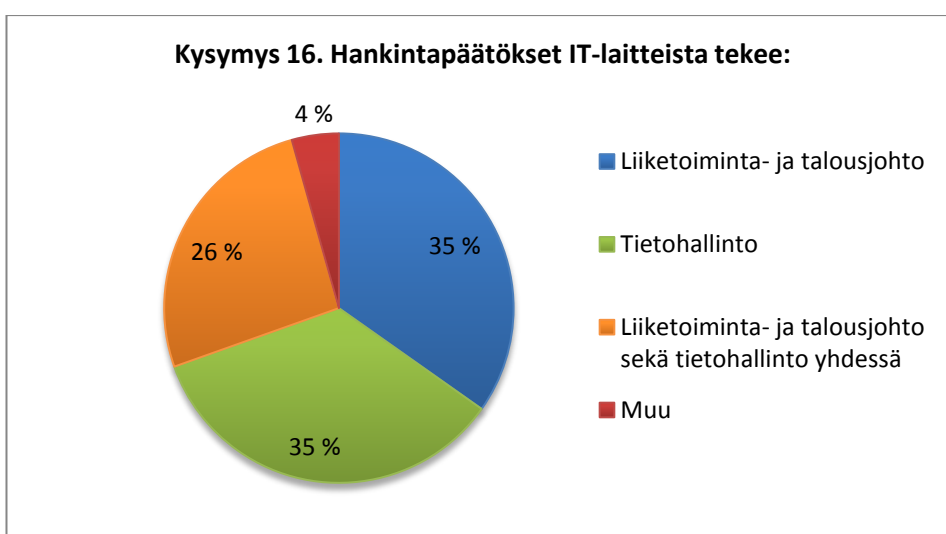


Kuvio 34. Pilvipalveluiden käytön arvioitu kehitys vuoteen 2016 mennessä (n=23)

Vastaajia pyydettiin arvioimaan myös pilvipalveluiden käytön kehitystä vuoteen 2016 mennessä. Enemmistö vastaajista, eli 61 %, arvioi osuuden kasvavan jonkin verran. Seitsemän vastaajaa arvioi osuuden pysyvän ennallaan ja yksi arvioi osuuden kasvavan merkittävästi. (kuvio 34.)

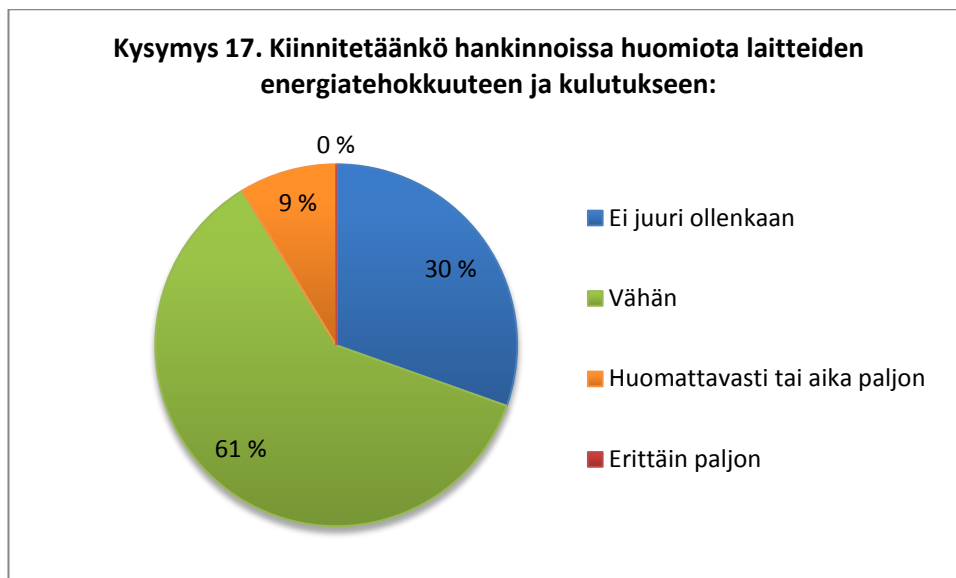
7.3.7 Energiatehokkuuden huomioiminen hankinnoissa

Konesaltiloihin ja IT-laitteisiin liittyvät hankintapäätökset yrityksissä on liiketoiminta- ja talousjohdon sekä tietohallinnon vastuulla. (kuvio 35.)



Kuvio 35. Hankintapäätösten vastuutaho (n=23)

Kuten kuviosta 36 voi nähdä, jopa 61 % vastaajista ilmoitti laitteiden hankinnassa kiinnitettävän huomiota vain vähän energiatehokkuuteen ja kulutukseen. 30 % ei kiinnitä huomiota juuri ollenkaan, ja 9 % ilmoitti kiinnittävän huomiota huomattavasti tai aika paljon laitteiden energiatehokkuuteen ja kulutukseen.

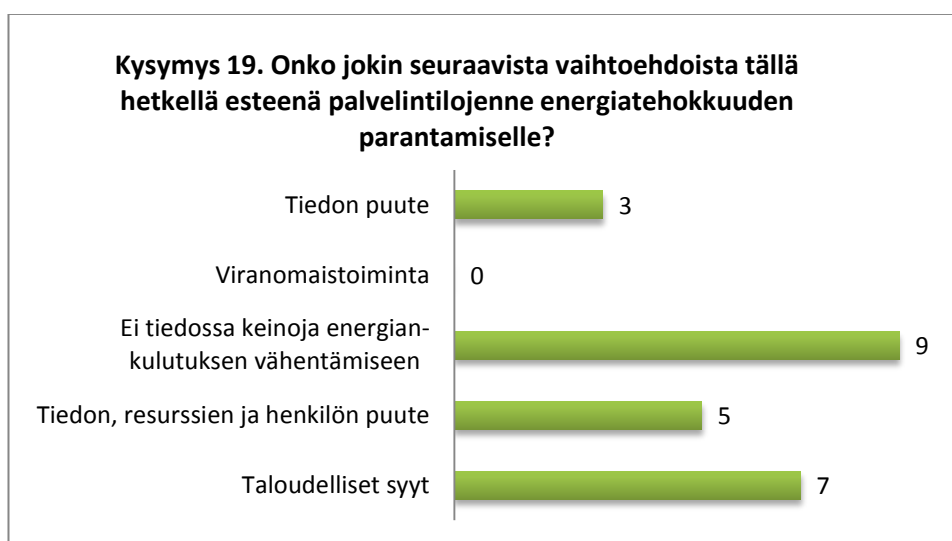


Kuvio 36. Energiatehokkuuden ja kulutuksen huomioiminen hankinnoissa (n=23)

Avoimessa kysymyksessä 18 vastaajilla oli mahdollisuus kertoa, miten energiatehokkuus näkyy uusissa hankinnoissa. Kaksi vastaajista kertoi, että energiatehokkuus ei näy juuri mitenkään heidän uusissa hankinnoissa. Muissa vastauksissa esiin nousivat seuraavat teemat: voitavat tehostamiskeinot on jo käytetty, uusien laitteiden parempi energiatehokkuus, laitteiden suorituskyvyn tärkeys sekä muut mahdollisuudet parantaa energiatehokkuutta.

7.3.8 Energiatohokkuuden parantamisen esteet

Tutkimuksella haluttiin myös selvittää, onko konesaltilojen energiatohokkuuden parantamiselle olemassa joitain esteitä. Aihetta käsittelevään monivalintakysymykseen vastasi 18 yritystä. Niistä 50 % ilmoitti esteeksi sen, että tiedossa ei ollut keinoja energiankulutuksen vähentämiseen. Seitsemän vastaajaa ilmoitti esteeksi taloudelliset syyt. Viisi ilmoitti konesaltilojen energiatohokkuuden parantamisen esteeksi tiedon, resurssien ja henkilön puutteen.



Kuvio 37. Palvelintilojen energiatohokkuuden parantamisen esteet (n=18)

Vastaajilla oli mahdollisuus lisätä myös kohtaan ”jokin muu este/haaste, mikä?” omia näkökulmiaan. Avoimissa vastauksissa esiin nostettuja tekijöitä olivat tiedon puute, käyttövarmuuden tärkeys verrattuna energiatohokkuuteen, suuret investoinnit, hinta sekä kustannustehokkuus.

7.3.9 Energiatehokkuus ja yrityksen kilpailukyky

Kyselyn viimeisellä kysymyksellä selvitettiin vastaajien näkemyksiä konesalien energiatehokkuuteen liittyvien toimenpiteiden vaikutuksesta yrityksen kannattavuuteen.



Kuvio 38. Vastaajien näkemys palvelintilojen energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutuksesta yrityksen kilpailukykyyn ja kannattavuuteen (n=22)

Kuten kuviosta 38 voi nähdä, kysymykseen vastanneista 22 yrityksestä 9 % on sitä mieltä, että konesalitojen energiatehokkuustoimenpiteillä on mahdollista parantaa yrityksen kilpailukykyä ja kannattavuutta, kun taas 91 % on sitä mieltä, että tehostamistoimenpiteillä ei ole vaikutusta yrityksen kannattavuuteen. Vastaajilla oli myös mahdollisuus perustella näkemyksensä. Avoimissa vastauksissa "Ei"-vastausvaihtoehdossa nousivat esiin seuraavat teemat: palvelinten suorituskyvyn ja käytettävyyden merkitys verrattuna energiatehokkuuteen, kustannusten synty energiatehokkaiden ratkaisujen käyttöönotossa, suuret investoinnit sekä konesalitojen energiankulutuksen hyvin pieni osuus yrityksen kokonaiskulutuksessa.

8 Yhteenveto ja johtopäätökset

8.1 Strateginen johtaminen ja energiatehokkuus

Tutkimuksen ensimmäinen alakysymys etsi vastausta siihen, miten energiatehokkuus on huomioitu kohdeyritysten strategisessa johtamisessa. Tällä kysymyksellä haluttiin selvittää yritysten yleistä sitoutumista energiatehokkuuden jatkuvaan parantamiseen.

Kyselytutkimuksessa todettiin, että tutkituista yrityksistä vain noin neljännes oli pohtinut energiatehokkuutta strategisella tasolla. Otoksen perusteella näyttääkin siltä, että energia-asioiden johtaminen ja erityisesti tietotekniikan konesalien energiatehokkuus on vasta tulossa yritysten strategiseen johtamiseen.

Teollisuutta kannustetaan Suomessa energiansäästöön energiatehokkuussopimuksilla ja tuetulla katselmustoiminnalla. Tutkituista yrityksistä 17 prosenttia oli jo liittynyt alan energiatehokkuussopimukseen. Toisaalta havaittiin, että yrityksissä ei ole juuri tehty tietotekniikan konesalien energiakatselmuksia. Tämä tarkoittaa sitä, että katselmuksia ei ole vielä jalkautettu konesalitiiloihin saakka.

Teoriaosuudessa todettiin, että energiatehokkuuden parantaminen tulisi nähdä osana esimerkiksi yrityksen laatu- ja ympäristöjärjestelmiä, jolloin energiankulutuksen kustannusvaikutuksia ja muita vaikutuksia voitaisiin tarkastella kokonaisuutena. Tutkituista yrityksistä noin neljäsosa oli liittännyt energiatehokkuusasiat yrityksen olemassa olevaan johtamisjärjestelmään. Johtamisjärjestelmän rakentaminen ei kuitenkaan yksin riitä, vaan tulosten saavuttamiseksi sitä tulee myös käyttää. Kun yrityksen toimintaa halutaan kehittää, niin sen tulee kerätä tietoa toiminnoista eli määritellä mittareita, tarkastella syy-seuraussuhteita ja analysoida tuloksia päätöksentekoa varten.

Energiatehokkuuden mittarit ja laskennasta saatu tieto ovat yrityksen johdon ja teknisen henkilöstön konkreettisia energianhallinnan työkaluja. Mittarit johdetaan yrityksen strategiasta ja tavoitteista. Mitä paremmin asetetut tavoitteet saadaan muotoiltua mitattavaan muotoon, sitä tehokkaammin mittaus ohjaa strategian toteuttamista. Kyselyn perusteella konesalien energiankulutuksen seurantaan ja mittaamiseen ei yrityksissä kiinnitetä juurikaan huomiota. Näin ollen siihen liittyy vielä paljon kehitettävää.

Mittaristoja rakennettaessa tulee varmistaa, että mittarit mittaavat oikeita asioita ja todella vaikuttavat yrityksen toimintaan sekä tuovat ne hyödyt, joita niiltä odotetaan.

8.2 Konesalien energiatehokkuuden nykytila

Toinen tutkimuskysymys keskittyi konesalien energiatehokkuuteen kysyen, miten energiatehokkuus on huomioitu kohdeyritysten konesalituloissa. Tämän kysymyksen avulla selvitettiin yritysten konesalien nykytilannetta energiatehokkuuden näkökulmasta.

Kyselytutkimukseen osallistuneet yritykset edustivat toimialoiltaan pääosin kone- ja metalliteollisuutta sekä elektroniikka- ja sähköteollisuutta. Lisäksi mukana oli metallien jalostus, suunnittelu ja konsultointi sekä tietotekniikka-alan yrityksiä.

Tutkituista yrityksistä merkittävällä osalla oli käytössään oma palvelintila. Tilat olivat yleisesti ottaen melko pieniä, ja niiden palvelinmäärä vaihteli yritysten koon mukaan. Pienemmissä yrityksissä palvelimia oli tavallisesti alle kymmenen ja suuremmissa, yli 100 henkilön yrityksissä yli kaksikymmentä. Ainoastaan yhdessä suuressa yrityksessä palvelimia kerrottiin olevan yli sadan. Palvelimista räkkipalvelimet olivat yleisimpiä, niitä käytti 85 prosenttia yrityksistä. Tornipalvelimia oli käytössä puolella yrityksistä. Niiden prosentuaalinen osuus yrityksen palvelimista arvioitiin kuitenkin kohtalaisen pieneksi. Energiatehokkaampia korttipalvelimia oli käytössä noin kolmasosalla yrityksistä.

Tutkimuksen teoriaosuudessa tarkasteltiin konesalien energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä. Kappaleessa 5.3 todettiin, että virtualisointi parantaa palvelinten käyttöastetta ja energiatehokkuutta. Koomey on myös osoittanut, että palvelinten sähkönkäyttöä voidaan vähentää virtualisointitekniikalla. Nyt tutkituissa yrityksissä kaikkein käytetyin ja tärkeimmäksi nostettu energiatehokkuustoimenpide oli virtualisointi. Näiltä osin kyselytutkimuksen tulos on varsin yhteensopiva Muukkosen tulosten kanssa. [35]

Yrityksissä oli myös nopeat toimet, kuten käyttämättömien laitteiden sammuttaminen tai käytöstä poistaminen hyödynnetty hyvin. Lisäksi oli hankittu uusia energiatehokkaampia palvelimia ja korkean hyötysuhteen UPS-laitteita. Muutamassa yrityksessä oli otettu käyttöön myös hukkalämmön hyödyntäminen.

Konesalipalveluiden uudet tekniikat, kuten pilvipalvelut, olivat vielä melko vähän käytössä. Kiinnostusta näihin uusiin tekniikkoihin on kuitenkin selvästi olemassa. Saatujen tutkimustulosten perusteella näyttää siltä, että useimmissa yrityksissä on tiedostettu varsin hyvin konesalitulojen energiatehokkuuden mahdolliset tehostamiskeinot.

8.3 Energiatehokkuuden parantamisen esteet

Tutkimuskysymyksissä selvitettiin myös energiatehokkuuden parantamisen esteitä. Kuten jo aikaisemmin mainittiin, näyttäisi siltä, että yrityksissä tiedetään varsin paljon konesalien energia-asioista. Kyselytutkimuksessa suurimmaksi energiatehokkuuden parantamisen esteeksi nostettiin kuitenkin se, että tiedossa ei ollut keinoja energiankulutuksen vähentämiseen. Energiatehokkuuden tehostamistoimiin katsottiin usein myös liittyvän suuria investointeja, jolloin taloudelliset tekijät nousevat esteeksi. Pienissä konesaleissa suuret investoinnit eivät myöskään välttämättä maksa itseään takaisin niiden käyttöiän aikana. Tämä hyvien ja kustannustehokkaiden menetelmien puute on ongelma, johon toivottiin saatavan riippumatonta tietoa. Tarvetta olisi tiedolle, jossa keskityttäisiin yhden asian sijasta kokonaisuuteen, eli esimerkiksi energiatehokkuuden lisäksi laitteiden suorituskykyyn, käytettävyyteen, investointien kustannuksiin ja kustannustehokkuuteen sekä vaihtoehtoihin ratkaisuihin.

8.4 Konesalien energiatehokkuuden parantaminen tulevaisuudessa

Tutkimuksen pääkysymyksenä oli selvittää, miten konesalitulojen energiatehokkuutta voidaan parantaa.

Energiatehokkuuden parantamiseen on laadittu erilaisia menetelmiä, jotka muistuttavat paljon perinteistä PDCA-mallia, mutta niiden vaiheet on suunniteltu erityisesti energiatehokkuusprojekteihin. Tässä tutkimuksessa esiteltiin jatkuvan parantamisen energiatehokkuusjärjestelmä (ETJ). Se on työkalu, joka ohjaa yrityksiä rakentamaan toimintamallit, joilla energia-asioiden päämäärät ja tavoitteet viedään strategiasta käytäntöön.

Tällä hetkellä energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävät katselmuksat keskittyvät pääasiassa kiinteistötekniikkaan eivätkä ne näytä ulottuvan tietotekniikan konesaleihin asti. Tarvetta olisi siis kokonaisvaltaisemmalle energiatehokkuusajattelulle, jossa säästöjä pyrittäisiin hakemaan yrityksen kaikilta alueilla. Esimerkiksi vanhemmista konesaleista voi löytyä kymmenien prosenttien säästöpotentiaali.

Kun mietitään, minkälaisia energiatehokkuuden tehostamiskeinoja kyselytutkimukseen osallistuneissa yrityksissä on tyypillisesti toteutettu, on syytä huomioida, että yritykset ovat hyvin erikokoisia ja niiden konesalit ovat erilaisia kooltaan, iältään ja laitteistoltaan. Näin ollen sopivat jatkotoimenpiteet riippuvat kohteesta. Tärkeintä on löytää ne keinot, jotka istuvat omaan yritykseen parhaiten.

Konesaltilojen energiansäästökohteet voidaan jakaa kahteen ryhmään:

- tieto- ja viestintätekniikan laitteiden parannukset
- talotekniset parannukset, kuten jäähdytys, ilmakierto ja valaistus.

Konesalien energiankulutuksessa huomattavimmat energiahäviöt tulevat usein tyhjäkäynnillä toimivien laitteiden sekä jäähdytyksen aiheuttamasta energiankulutuksesta. Palvelinten tyhjäkäynti vähentää energiatehokkuutta tuntuvasti, koska nolllakuormalla ne kuluttavat melkein yhtä paljon sähköenergiaa kuin täydellä kuormalla. Nopein ja yksinkertaisin tapa puuttua IT-laitteiden energiankulutukseen on käyttämättömien laitteiden sammuttaminen ja turhien palvelinten poistaminen konesaleista.

Toinen vartenotettava tapa parantaa palvelinten energiatehokkuutta on uusien laitteiden hankinta, sillä uusissa laitteissa on niiden suunnitteluvaiheessa yleensä huomioitu myös energiatehokkuus. Laitteiden hinnoista johtuen ei voida kuitenkaan olettaa, että yritykset hankkisivat uusia laitteita vain energiatehokkuuden vuoksi. Niiden vaihtuminen entistä energiatehokkaampiin tulee tapahtua ennemminkin luonnollisen uusiutumisen kautta, eli kun yrityksessä tulee tarve uudelle laitteelle, niin yhdeksi hankintakriteeriksi otetaan energiatehokkuus.

Laitteiston energiatehokkuus ei kuitenkaan yksin riitä. Energiatehokkuuden haasteita voidaan ratkaista myös luomalla IT-suunnitelma, joka sisältää korttipalvelinteknologiaa sekä palvelinten ja tallennustilan virtualisointia. Kuten aiemmin on todettu, virtualisointi on yksi merkittävimmistä keinoista konesalien energiatehokkuuden parantamisessa.

Energiatehokkaat virtalähteet ja virranhallintatyökalut edistävät myös sähkönkulutuksen vähentämistä. Virranhallinnan käytössä kannattaa kuitenkin olla varovainen, ettei sen myötä menetetä suorituskykyä.

Talotekniikkaan liittyvät tehostamistoimet ovat usein vaikeasti toteutettavissa vanhoihin kiinteistöihin ja konesaleihin. Siksi parannukset tulevat käyttöön vähitellen, konesalien uusiutumisen myötä. Taloteknisiä parannuksia mietittäessä tulisi pyrkiä aiempaa kokonaisvaltaisempaan ajatteluun, sillä kiinteistöissä voidaan esimerkiksi käyttää suuria summia lämmitykseen, kun toisaalla syntyvä lämpö ohjataan samanaikaisesti suoraan ulos. Lähes kaikki konesalitulojen IT-laitteiden kuluttama sähköenergia muuttuu hukkalämmöksi. Konesalin energiatehokkuus paranee, jos nyt hukkaan menevä lämpö voidaan ottaa hyötykäyttöön esimerkiksi muuntamalla se kaukolämmöksi tai lämmittämällä sisätiloja, kuten porraskäytäviä ja varastoja.

Eri arvioiden mukaan ilmastointi kuluttaa 40-70 prosenttia konesalitulojen energiasta. Tutkimukseen osallistuneissa yrityksissä ylivoimaisesti suosituin jäähdytystapa oli ilmajäähdytys. Kuten teoriaosuudessa todettiin, palvelinten oikealla sijoittelulla on suuri merkitys ilmajäähdytykseen optimoinnin kannalta. Esimerkiksi kuuma-kylmäkäytäväratkaisulla ja poistamalla ilmankierron esteet voidaan vaikuttaa huomattavasti konesalitalan energiankulutukseen ja energiatehokkuuteen. Toinen keino optimointiin on nostaa laitteille menevän jäähdytysilman lämpötilaa. Nykyisin palvelimet sallivat palvelimille menevän jäähdytysilman lämpötilan nostamisen ASHRAE 2011 -tasolle eli lähelle 27:ää astetta. Kannattaakin tarkastaa, millaisia lämpötiloja omille laitteille suositellaan. Kun jäähdytyksen tilanne käydään huolellisesti läpi, voidaan nopeasti löytää säästökohteita ja saada aikaan merkittäviä energiansäästöjä, jopa ilman lisäinvestointeja.

9 Pohdinta

Tieto- ja viestintäteknikan ympäristövaikutuksista ja energiankäytöstä on tehty jonkin verran tutkimuksia 2000-luvulla. Viime aikoina merkittävimpiä teemoja ovat olleet kasvihuoneilmiö ja ilmastonmuutos sekä tähän liittyen energiatehokkuuden edistäminen. Gartnerin tutkimuksen mukaan tietotekniikka aiheuttaa noin kaksi prosenttia koko maailman hiilidioksidipäästöistä. Sillä on siis yhtä suuri merkitys kuin paljon herjatulla lento- liikenteellä. Lisäksi McKinsey on arvioinut tietotekniikan aiheuttamien päästöjen nelinkertaistuvan vuoteen 2020 mennessä. Kansainvälisten arvioiden mukaan energiatehokkuuden edistäminen on tärkein kasvihuonekaasujen vähentämiskeino. Suomessa energiatehokkuuden edistäminen ja siihen liittyvät toimenpiteet ovat ensisijaisesti lähöisin EU:ssa asetetuista tavoitteista. Energiatehokkuustoimenpiteet ovat yleensä myös kustannustehokkaita ja taloudellisesti kannattavia.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia konosalien energiatehokkuutta keskittyen empiirisessä osuudessa suomalaisten yritysten toimiin konosalien energiatehokkuuden parantamiseksi. Työhön on kerätty tietoa strategisesta toiminnan johtamisesta, konosalien energiatehokkuudesta ja sen mittaamisesta. Teoriaosa toimi pohjana kyselytutkimukselle, jossa selvitettiin kohdeyritysten konosalien energiatehokkuuden nykytilaa, käytäntöjä ja suunnitelmia sekä energiatehokkuuden parantamisen esteitä.

Tutkimuksessa oli mukana suomalaisia teknologiateollisuuden yrityksiä eri kokoluokista ja toimialoilta, joten tulokset ovat yleistettävissä vastaavanlaisiin yrityksiin. Tulosten yleistettävyyttä näiden ulkopuolella puoltaa se, että tutkimuksen empiirisen osan tutkimuskysymykset eivät ole luonteeltaan toimiala- tai yrityssidonnaisia, vaan kysymyksiä voidaan käyttää suurelta osin sellaisenaan monenlaisiin organisaatioihin.

Tutkimuksessa kävi ilmi, että tiedon puute ja taloudelliset esteet ovat energiatehokkuuden edistämisen merkittävimpiä esteitä. Tarvetta olisi riippumattomalle tiedolle, jossa keskityttäisiin yhden asian sijasta kokonaisuuteen. Merkittävimiksi teknisiksi keinoiksi konesalitulojen energiatehokkuuden parantamiseen tunnistettiin palvelinten ja tallennustilan virtualisointi, nykyisen jäähdytyksen optimointi sekä korttipalvelinteknologia.

Tutkimustuloksia tarkasteltaessa voidaan todeta, etteivät ne ole sinänsä uusia tai käänteentekeviä. Kuitenkin tästä tutkimuksesta on hyötyä kaikille niille yrityksille, jotka haluavat etsiä keinoja tietotekniikan konesalitilansa energiatehokkuuden edistämiseen.

Toteutetun kyselytutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan ole täysin luotettavia, koska vastaajaluku jäi pieneksi. Kaiken kaikkiaan kyselyyn vastasi 23 yritystä. On oletettavaa, että vastaajalukuun vaikutti alentavasti se, että määrittelemättömän suuri osa lähestyistä yrityksistä oli pieniä yrityksiä, joissa ei välttämättä ole erillistä palvelintilaa ja tietotekniikan rooli on todennäköisesti muutenkin melko vähäpätöinen. Tutkimuksen tulokset saattaisivat siis olla erilaisia, jos tutkimusaineisto olisi erilainen. Tulokset antavat kuitenkin selviä viitteitä konesalien energiatehokkuuden nykytilasta ja potentiaalisista kehittämiskohteista.

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli edistää konesalien energiatehokkuuden tietämystä. Siinä ei pyritty etsimään minkään määrätyn laitteiston tai tietyn kokoisen konesalin kehittämiskohteita, vaan sen tarkoitus oli olla suuntaa-antava. Näin ollen sen voidaan sanoa tehneen tehtävänsä, jos se sen sijaan, että tarjoaa suoria vastauksia, herättää ajatuksia ja aikaansaa kiinnostusta aiheeseen.

Aiheesta löytyy paljon kiinnostavia jatkotutkimusalueita. Tutkimusta voitaisiin jatkaa esimerkiksi tarkastelemalla yritysten konesalien energiatehokkuuden tilaa suuremmalla otannalla tai syventää kyselyä johonkin tiettyyn toimialaan. Mielenkiintoinen tutkimuskohde olisi myös selvittää yksittäisen konesalin energiankäyttöä ja etsiä kohteita, missä on parantamisen varaa. Tämä tutkimus olisi hyvä pohja tällaiselle tutkimushankkeen aloittamiselle. Kyselytutkimuksessa nousi esiin myös tarve kokonaisvaltaiselle tiedolle, jossa keskityttäisiin energiatehokkuuden lisäksi kustannustehokkuuteen, laitteiden käyttövarmuuteen ja suorituskykyyn.

Lähteet

- 1 ABB. 2012. Konesalin energiatehokkaat ratkaisut. Riskienhallinta. Verkkodokumentti. <<http://www.abb.com>>. Luettu 17.6.2012.
- 2 ASHRAE TC 9.9. 2011. 2011 Thermal Guidelines for Data Processing Environments – Expanded Data Center Classes and Usage Guidance. Whitepaper prepared by ASHRAE Technical Committee (TC) 9.9 Mission Critical Facilities, Technology Spaces, and Electronic Equipment. Verkkodokumentti. <<http://www.eni.com>>. Luettu 15.6.2012.
- 3 Azevedo Dan, Cooley Jud, Patterson Michael & Blackburn Mark. 2011. Data Center Efficiency Metrics: mPUE™, Partial PUE, ERE, DCcE. The Green Grid. Verkkodokumentti. <<http://www.thegreengrid.org>>. Luettu 11.6.2012.
- 4 Bruschi John, Rumsey Peter, Anliker Robin, Chu Larry & Gregson Stuart. 2011. Best Practices Guide for Energy-Efficient Data Center Design. FEMP Federal Energy Management Program. U.S. Department of Energy. Energy Efficiency & Renewable Energy. Verkkodokumentti.<<http://www1.eere.energy.gov>>. Luettu 15.6.2012.
- 5 Coromatic. Ratkaisut ja palvelut. Verkkojulkaisu.<<http://www.coromatic.fi>>. Luettu 17.6.2012.
- 6 Elinkeinoelämän keskusliitto. 2012. PK-yritysten toimintaympäristö muutoksessa. Kysely kilpailun neljästä ulottuvuudesta. Verkkodokumentti. <<http://www.ek.fi>>. Luettu 5.6.2012.
- 7 Elinkeinoelämän keskusliitto. Yritysten energiaopas. Energiatehokkuus. Verkkodokumentti. <<http://www.hpl.fi>>. Luettu 10.6.2012.
- 8 Emerson Network Power. 2008. Calculating and Prioritizing Your Data Center IT Efficiency Actions. Verkkodokumentti. <<http://www.emersonnetworkpower.com>>. Luettu 22.5.2012.
- 9 Energiateollisuus ry. 2009. Hyvä tietää hiilestä. Verkkodokumentti. <<http://www.hiilitieto.fi>>. Luettu 31.5.2012.
- 10 Energiateollisuus ry. Tilastot ja julkaisut. Energiavuosi 2011 – Sähkö. Verkkodokumentti. <<http://www.energia.fi>>. Luettu 31.5.2012.
- 11 Euroopan unioni www-sivut. Energiatehokkuuden toimintasuunnitelma (2007–2012). Verkkodokumentti. <<http://europa.eu>>. Luettu 20.5.2012.

- 12 European commission. 2009. EU action against climate change. Leading global action to 2020 and beyond. Verkkodokumentti. <<http://ec.europa.eu>>. Luettu 22.5.2012.
- 13 Evira. Vastamäki Pirjo. Valvontaosasto. 2010. Auditorin käsikirja. Verkkodokumentti. <<http://www.evira.fi>>. Luettu 16.6.2012.
- 14 Flucker Sophia & Tozer Robert. 2011. Data Centre Cooling Air Performance Metrics. Verkkodokumentti. <<http://www.cibse.org>>. Luettu 30.6.2012.
- 15 Francalanci Chiara, Cremonesi Paolo, Parolini Nicola, Bianchi Daniele & Mariano Cunietti. 2009. Energ-IT: models and actions for reducing IT energy consumption. Focus Group on Green IT and Green e-Competences. Verkkodokumentti. <<http://www.fondazione.politecnico.it>>. Luettu 19.5.2012.
- 16 Gartner. 2007. Gartner Estimates ICT Industry Accounts for 2 Percent of Global CO2 Emissions. Verkkodokumentti. <<http://www.gartner.com>>. Luettu 7.5.2012.
- 17 Heikkilä Ilkka, Huomo Mikko, Siitonen Sari, Seitsalo Pirkko & Hyytiä Hille. 2008. Teollisuuden energiatehokkuus. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT). Verkojulkaisu. <<http://www.ymparisto.fi>>. Luettu 4.6.2012.
- 18 Heino Petteri. 2010. Pilvipalvelut - cloud computing. Helsinki: Talentum.
- 19 Hildén Mikael, Karvosenoja Niko, Koskela Sirkka, Kupiainen Kaarle, Laine Anna, Rinne Janne, Seppälä Jyri, Savolahti Mikko & Sokka Laura. 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiasstrategian ympäristöarviointi. Suomen ympäristökeskus. Verkkodokumentti. <<http://www.environment.fi>>. Luettu 19.5.2012.
- 20 Hirsjärvi Sirkka, Remes Pirkko & Sajavaara Paula. 2007. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- 21 Juuti Pauli & Luoma Mikko. 2009. Strateginen johtaminen. Miten vastata kompleksisen ja postmodernin ajan haasteisiin? Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
- 22 Kamensky Mika. 2008. Strateginen johtaminen. Menestyksen timantti. Helsinki: Talentum.
- 23 Kokkarinen Minna, Nissinen Ari, Loisa Lassi, Pihala Hannu & Härkönen Heikki. 2005. Toimistolaitteiden sähkönkulutus ja energiatehokas käyttö. Suomen ympäristökeskuksessa vuonna 2003 VTT:n ja Motivan kanssa toteutetun mittaushankkeen tulokset. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Verkkodokumentti. <<http://www.ymparisto.fi>>. Luettu 19.5.2012.
- 24 Koomey Jonathan G. 2011. Growth in data center electricity use 2005 to 2010. Verkkodokumentti. <<http://www.koomey.com>>. Luettu 22.5.2012.

- 25 Laamanen Kai. 2005. Johda liiketoimintaa prosessien verkkona – ideasta käytäntöön. 6. painos. Keuruu: Suomen Laatu keskus Oy.
- 26 Lindholm Anna-Liisa & Nenonen Suvi. 2006. Kiinteistö- ja toimialatilajohtamisen onnistumisen mittaaminen käyttäjäorganisaation näkökulmasta - mittareita työkaluja ja menetelmiä. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Kiinteistöopin ja talousoikeuden julkaisu B118. Verkkojulkaisu. <<http://www.hut.fi>>. Luettu 15.6.2012.
- 27 McKinsey & Company. Kaplan James M., Forrest William & Kindler Noah. 2008. Revolutionizing Data Center Energy Efficiency. Verkkodokumentti. <<http://www.ecobaun.com>>. Luettu 7.5.2012.
- 28 Motiva Oy. 2010. Energiatohokas konesali – Konesalien luvattu maa? Verkkodokumentti. <<http://www.motiva.fi>>. Luettu 7.5.2012.
- 29 Motiva Oy. 2007. Energiatohokkuusjärjestelmä (ETJ). Energy Efficiency System (EES). Elinkeinoelämän energiatohokkuussopimuksen energiavaltaisen teollisuuden ja energian tuotannon toimenpideohjelmien liite. Verkkodokumentti. <<http://www.ek.fi>>. Luettu 23.5.2012.
- 30 Motiva Oy. 2010. Energiatohokkuus strategiasta arkeen. Energiatohokkuusjärjestelmä (ETJ) auttaa yrityksiä kehittämään oman toimintansa energiatohokkuutta. Verkkodokumentti. <<http://www.motiva.fi>>. Luettu 23.5.2012.
- 31 Motiva Oy. Energiatohokkuussopimukset. Sopimusalat. Teollisuus. Verkkodokumentti. <<http://www.energiatohokkuussopimukset.fi>>. Luettu 14.6.2012.
- 32 Motiva Oy. 2010. Selvitys IT-ympäristön sähkönsäästökeinoista. Konesalipalvelujen energiatohokkuuden periaatteet. Verkkodokumentti. <<http://www.motiva.fi>>. Luettu 5.6.2012.
- 33 Motiva Oy. 2010. Selvitys työasemaympäristön sähkönsäästömahdollisuuksista. Verkkodokumentti. <<http://www.motiva.fi>>. Luettu 5.6.2012.
- 34 Motiva Oy. Säästöpotentiaali pk-teollisuudessa. Verkkodokumentti. <<http://www.motiva.fi>>. Luettu 17.5.2012.
- 35 Muukkonen Teemu. 2009. Diplomityö. Tieto- ja viestintäteknikan ympäristövaikutukset - haastattelututkimus konesalien sähkönkulutuksesta Suomessa. Espoo: Teknillinen korkeakoulu. Verkkodokumentti: <<http://www.cse.tkk.fi>>. Luettu 15.6.2012.
- 36 Niemelä Mika, Pirker Anne & Westerlund Johan. 2008. Strategiasta tuloksiin - tehokas johtamisjärjestelmä. Helsinki: WSOYpro.
- 37 Niva Mikael & Tuominen Kari. 2005. Benchmarking käytännössä. Hyviä kysymyksiä ja benchmarking-tutkimuksia. Turku: Oy Benchmarking Ltd.

- 38 Nordcloud. 2012. Pilvi vihertää. Verkkodokumentti. <<http://www.nordcloud.fi/fi/>>. Luettu 17.6.2012.
- 39 Nylund-Group Oy. Konesalit. Verkkodokumentti. <<http://www.nylund.fi>>. Luettu 17.6.2012.
- 40 Näsi Juha & Aunola Manu. 2002. Strategisen johtamisen teoria ja käytäntö. Tampere: Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET.
- 41 Patterson Mike. 2010. ERE: A Metric for Measuring the Benefit of Reuse Energy a Data Center. The Green Grid. Verkkodokumentti. <<http://www.thegreengrid.org>>. Luettu 15.6.2012.
- 42 Pervilä Markku. 2011. Ciscokin pakkaa konesalin konttiin. Verkkodokumentti. <<http://www.tietoviikko.fi>>. Tietoviikko. Luettu 17.6.2012.
- 43 Pesonen Hanna-Leena, Hämäläinen Kirsi & Teittinen Outi. 2005. Ympäristöjärjestelmän rakentaminen. Suunnittelu, toteutus ja seuranta. Helsinki: Talentum.
- 44 Pesonen Herkko. 2007. Laatu! Asiantuntijaorganisaation laatuopas. Juva: WS Bookwell Oy.
- 45 Pohjola Tuula. 2003. Johda ympäristöasioita tehokkaasti. Ympäristöosaaminen menestystekijänä. Helsinki: Talentum.
- 46 Recommendations for Measuring and Reporting Overall Data Center Efficiency. 2011. Verkkodokumentti. <<http://www.energystar.gov>>. Luettu 11.6.2012.
- 47 Rittal Oy. 2010. Rittal – Konesali suunnittelusta toteutukseen. Verkkodokumentti. <<http://www.rittal.fi>>. Luettu 17.6.2012.
- 48 Salo Immo. 2010. Cloud computing – palvelut verkossa. Porvoo: Docendo.
- 49 Similä Lassi. 2009. Energy visions 2050. VTT: Edita. Porvoo: WS Bookwell Oy.
- 50 Tieke. Tietotekniikkahankinnat. Verkojulkaisu. <<http://www.tieke.fi>>. Luettu 17.6.2012.
- 51 Tilastokeskus. Energian hankinta ja kulutus 2011. Verkkodokumentti. <<http://www.stat.fi>>. Luettu 15.5.2012.
- 52 Tilastokeskus. Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat. Sähkön kulutus. <<http://pxweb2.stat.fi>>. Luettu 15.5.2012.

- 53 Teknologiateollisuus ry. 2009. Energiatehokkuussopimuksen esittely. Verkkodokumentti. <<http://www.teknologiateollisuus.fi>>. Luettu 10.6.2012.
- 54 Työ- ja elinkeinoministeriö. 2009. Ehdotus energiansäästön ja energiatehokkuuden toimenpiteiksi. Energiatehokkuustoimikunnan mietintö. Edita Publishing Oy.
- 55 Työ- ja elinkeinoministeriö, Motiva Oy & Granlund Oy. 2009. Energiansäästötoimet energiatehokkuussopimuksissa. Säästölaskennan yleisiä pelisääntöjä. Verkkodokumentti. <<http://www.teknologiateollisuus.fi>>. Luettu 4.6.2012.
- 56 Työ- ja elinkeinoministeriö. Energiaosasto. Energiakatselmustoiminnan yleisohjeet 2010. Verkkodokumentti. <<http://www.motiva.fi>>. Luettu 10.6.2012.
- 57 von Bagh Antero. 2000. Laatu- ja ympäristöjohtaminen. 2000-luvun logistiikan johtaminen. Verkkodokumentti. <<http://www.logy.fi>>. Luettu 4.6.2012.
- 58 Yritys-Suomi. Johtaminen. Verkkodokumentti.<<http://www.yrityssuomi.fi>>. Luettu 10.6.2012.
- 59 Åhman Helena & Runola Jyrki. 2006. Strategia on kuollut. Eläköön tulevaisuus. Edita Prima Oy.
- 60 42U. PUE and DCIE Data Center Efficiency Measurement and Benchmarking. Verkkodokumentti. <<http://www.42u.com>>. Luettu 23.5.2012.

Kyselylomake

Hyvä vastaanottaja,

kutsumme teidät osallistumaan teknologiateollisuuden IT-konesaltilojen energiatehokkuus selvitykseen. Vastaaminen vie noin 15 minuuttia, ja linkki kyselyyn löytyy tämän viestin lopusta.

Konesaltilojen energiatehokkuus selvitys kartoittaa palvelintilojen nykytilaa, muutostarpeita ja tulevaisuuden suunnitelmia. Tutkimus toimii aineistona Metropolia ammattikorkeakoululle tehtävässä opinnäytetyössä. Samalla se edistää IT-laittilojen energiatehokkuutta parantavien toimien tuntemusta Suomessa.

Kohderyhminä ovat elektroniikka- ja sähköteollisuuden, kone- ja metallituoteteollisuuden, metallien jalostuksen ja tietotekniikka-alan sekä suunnittelu ja konsulttitehtävissä toimivat yritykset. Tulokset käsitellään siten, että yksittäiset vastaukset eivät ole tunnistettavissa.

Teidän panoksenne on tärkeä. Kiitokseksi vaivannäöstä toimitamme sähköpostiinne linkin, josta valmis opinnäytetyö on ladattavissa.

Ystävällisin terveisin

Terttu Huuhka, Metropolia ammattikorkeakoulu
Sähköposti: terttu.huuhka[@]metropolia.fi

Linkki kyselyyn: <https://elomake.metropolia.fi/lomakkeet/6710/lomake.html>

Tunnuksesi: 12345

Salasanasi: ABCDEF

Kiitos vastauksesta!



Kyselytutkimus IT-konesaltilojen energiatehokkuudesta

Konesaltilalla tarkoitetaan tässä tilaa, jonka laitteisto koostuu palvelimista, tietoliikenteen aktiivilaitteista sekä tallennus- ja varmistuslaitteista. Tiloja kutsutaan yleisesti myös konesaleiksi ja palvelinhuoneiksi.

Organisaation ja vastaajan taustatiedot

- * 1. Vastaajan asema yrityksessä:
- * 2a. Valitkaa yrityksenne päätoimiala:
- * 2b. Valitkaa yrityksenne henkilöstön määrä:
- * 2c. Valitkaa yrityksen sijainti:

Energia-asioiden johtaminen

3. Onko yrityksellä energiastrategiaa, energiapolitiikkaa tai -ohjetta?

- Kyllä
 Ei

4. Onko yritys liittynyt tai liittymässä alan energiatehokkuussopimukseen:

- Kyllä
 Ei

5a. Onko yrityksen käytössä jokin seuraavista johtamisjärjestelmistä:

- ISO14001-ympäristöjärjestelmä
 ISO9001-laadunhallintajärjestelmä
 ISO50001-standardi
 Energiatehokkuusjärjestelmä (ETJ)
 Muu järjestelmä

5b. Onko energiatehokkuus sisällytetty johtamisjärjestelmäänne:

- Kyllä
 Ei

6. Onko yrityksessä nimetty energiatehokkuuden vastuhenkilö?

- Kyllä
 Ei

Palvelintila

7a. Onko yrityksenne käytössä:

- oma palvelintila/konesali
 vuokrattu palvelintila/konesali (mikäli vastasitte tämän vaihtoehdon, voitte siirtyä suoraan kysymyksen 15a)
 hybridiratkaisu eli oma palvelintila sekä ulkoistetturatkaisu

7b. Valitkaa palvelintilan pinta-ala (neliometriä):

--Valitkaa tästä--

8a. Valitkaa yrityksenne palvelinten määrä:

--Valitkaa tästä--

8b. Arvioikaa palvelinten jakauma tyypeittäin:

	0 %	1-25 %	26-50 %	51-75 %	76-100 %	En osaa sanoa
Tornipalvelimet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Räkkipalvelimet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Korttipalvelimet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Virtualisoidut	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8c. Onko yrityksenne käytössä palvelintilan energiankulutuksen hallintaohjelmisto?

- Kyllä
 Ei
 En osaa sanoa

9a. Valitkaa palvelintilan jäähdytystapa:

- Ilmajäähdytys
- Vesijäähdytys
- Vapaajäähdytys
- Palvelintelinekohtainen nestejäähdytys
- Kaukojäähdytys
- Ei jäähdytystä lainkaan
- Jokin muu

9b. Valitkaa palvelintilan lämpötila (celsiusastetta)?

- 18-20
- 21-24
- 25-27
- En osaa sanoa

Palvelintilan energiatehokkuuden seuranta

10a. Onko yrityksessänne tehty palvelintilojen energiakatselmus?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

10b. Onko yrityksessänne seurattu tietoisesti palvelintilojen energiankulutusta:

- viimeisen vuoden aikana
- viimeisen 2-3 vuoden aikana
- viimeisen 5 vuoden aikana?
- Ei ole seurattu (mikäli vastasitte tämän vaihtoehdon, voitte siirtyä suoraan kysymykseen 12a)

10c. Valitkaa käyttämänne energiankulutuksen seurantajakso:

- Vuosittain
- Kuukausittain
- Viikoittain
- Päivittäin
- Reaaliaikaisesti
- En osaa sanoa

10d. Valitkaa käyttämänne energiatehokkuuden mittarit:

- PUE (Power Usage Effectiveness)
- CADE (Corporate Average Data Center Efficiency)
- CUPS (Computer Units per Second)
- NPUE (Net Power Usage Effectiveness)
- Muu mittari
- En osaa sanoa

10e. Valitkaa palvelintilan --Valitkaa tästä--
tyypillinen PUE-luku?

11a. Kuinka hyvin --Valitkaa tästä--
käytössänne oleva energiatehokkuuden
mittaus- ja
seurantajärjestelmä
palvelee tarpeitanne?

11b. Millaisia tarpeita teillä
on energiatehokkuuden
seurannan tehostamiselle
tai kehittämiselle?

11c. Millaista tietoa
palvelintilan
energiatehokkuudesta olisi
tarpeellista saada? Millä
tarkkuudella?

Toteutetut palvelintilojen energiatehokkuustoimenpiteet

12a. Onko yrityksessänne toteutettu energiansäästötoimenpiteitä viimeisen kahden vuoden aikana? Voitte valita useita vaihtoehtoja.

- Poistettu turhat palvelimet (ne, jotka ovat olleet käytössä lähinnä varmuuden vuoksi)
- Vähennetty uusien palvelinten tarvetta
- Otettu käyttöön palvelinten virtualisointi
- Hankittu tietoisesti energiatehokkaita laitteita
- Toteutettu kuuma- ja kylmäilmakäytäväratkaisu
- Tehty palvelintilassa tiivistys- ja eristystöitä energiansäästämiseksi (esim. tiivistetty kaapeliaukot)
- Otettu käyttöön vapaajäähdytys
- Otettu käyttöön palvelintelinekohtainen nestejäähdytys
- Nostettu palvelimille menevän jäähdytysilman lämpötilaa
- Nostettu jäähdytysveden lämpötilaa vesijäähdytteisessä järjestelmässä
- Toteutettu hukkalämmön hyödyntäminen omassa kiinteistössä
- Siirrytty kaukojäähdytykseen
- Sammutettu tarpeettomat koneet ja laitteet
- Otettu käyttöön energiaa säästävää kiinteistöjen automatiikkaa (valaistus, lämmitys, ilmanvaihto)
- Otettu käyttöön korkean hyötysuhteen UPS-laitteet
- Otettu käyttöön IT-laitteiden hallintaohjelmisto
- Laadittu energiansäästöohjeet
- Ei mitään toimenpiteitä
- En osaa sanoa

Jokin muu toimenpide,
mikä?

12c. Mikä on mielestänne
tärkein toteutettu
energiatehokkuuteen
vaikuttava tekijä ja millä
perusteella?

Palvelintilojen energiatehokkuus tulevaisuudessa

13. Kuinka usein yrityksenne kehittää tai aikoo kehittää palvelintilojen energiatehokkuutta?

- kehittää jatkuvasti
- aikoo kehittää seuraavan vuoden sisällä
- aikoo kehittää seuraavan kolmen vuoden sisällä
- ei suunnitelmassa
- kiinnostuin, mutta en ole vielä perehtynyt asiaan ja siksi en osaa sanoa

14. Mitkä ovat tärkeimmät
palvelintilojenne
kehityskohteet
energiankulutuksen osalta
vuoteen 2016 mennessä?

15a. Arvioikaa
palvelintilojen
ulkoistuspalveluiden käytön
kehitys yrityksessänne
vuoteen 2016 mennessä:

--Valitkaa tästä--

15b. Arvioikaa
pilvipalveluiden käytön
kehitys vuoteen 2016
mennessä:

--Valitkaa tästä--

Energiatehokkuuden huomioiminen hankinnoissa

16. Hankintapäätökset IT-laitteista tekee:

- Liiketoiminta- ja talousjohto
- Tietohallinto
- Muu

17. Kiinnitetäänkö hankinnoissa huomiota laitteiden energiatehokkuuteen ja kulutukseen:

--Valitkaa tästä--

18. Miten energiatehokkuus näkyy uusissa hankinnoissa?

Esteet palvelintilojen energiatehokkuuden parantamiselle

19. Onko jokin seuraavista vaihtoehdoista tällä hetkellä esteenä palvelintilojenne energiatehokkuuden parantamiselle?

- Tiedon puute
- Viranomaistoiminta
- Ei tiedossa keinoja energiankulutuksen vähentämiseen
- Tiedon, resurssien ja henkilön puute
- Taloudelliset syyt

Jokin muu este/haaste, mikä?

Energiatehokkuus ja yrityksen kilpailukyky

20. Onko mielestänne palvelintilojen energiatehokkuustoimenpiteillä mahdollista parantaa yrityksenne kilpailukykyä ja kannattavuutta?

- Kyllä
- Ei

Perustelut:

Tietojen lähetykset

Tallenna Esitäyttö URL

Kiitos vastauksesta!

Järjestelmänä Eduix E-lomake 3.1, www.e-lomake.fi