



TEKNIikka JA LIKENNE

Tietotekniikka

Tietoliikennetekniikka

INSINÖÖRITYÖ

LABORATORIOLAITTEIDEN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

**Työn tekijä: Natalia Lukina
Työn ohjaaja: Marko Uusitalo**

Työ hyväksytty: ____ . ____ . 2010

**Marko Uusitalo
lehtori**



ALKULAUSE

Tämä insinööriyö tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoululle syksyn 2010 aikana. Kiitän lehtori Marko Uusitaloa aiheen antamisesta, ohjauksesta ja muusta avusta työn toteutuksessa.

Kiitän myös ammattikorkeakoulua tehomittarin lainasta, mikä edisti mittausten toteuttamista.

Haluaisin antaa sydämelliset kiitokset perheelleni kannustuksesta ja tuesta opiskeluni aikana.

Helsingissä 7.12.2010

Natalia Lukina

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Natalia Lukina	
Työn nimi: Laboratoriolaitteiden energiatehokkuuden parantaminen	
Päivämäärä: 7.12.2010	Sivumäärä: 41 s. + 3 liitettä
Koulutusohjelma: Tietotekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Tietoliikennetekniikka
Työn ohjaaja: lehtori Marko Uusitalo	
<p>Tämä insinööryö tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoululle. Insinööryön tarkoituksena oli tarkistaa tietoverkko-laboratorion nykytilannetta sähkönkulutuksen kannalta ja esittää parhaita keinoja laboratoriolaitteiden energiatehokkuuden parantamiseksi. Tiedonkeruumenetelminä käytettiin kirjallisuutta ja verkkodokumentteja.</p> <p>Insinööryö koostuu kolmesta osa-alueesta, joihin kuuluvat teoria, tutkimusosa ja laskelmat. Teoriaosassa perehdyttiin sähkönsäästön ennakoiviin ja käytönaikaisiin toimenpiteisiin ja niihin liittyviin asioihin. Energiatehokkuuden tutkimuksessa mitattiin laboratorion työasemien ja niiden oheislaitteiden sähkönkulutukset Fluke 41 Power Harmonics Analyzer tehomittarilla. Lisäksi selvitettiin laitteiden sähkönkulutuksen nykytilannetta ja tutkimuksessa esiintyviä ongelmia. Laskelmissa vertailtiin pöytä tietokoneiden ja kannettavien tietokoneiden sähkökustannuksia sekä sähkönsäästömahdollisuuksien kannattavuutta.</p> <p>Tämän insinööryön lopputuloksena syntyi selkeä ja yksinkertainen ohje laitteiden energiatehokkuuden parantamisesta. Tämä ohje on tarkoitettu ammattikorkeakoulun tietoverkko-laboratoriolle, jossa tutkimukset oli tehty ottaen huomioon sen käyttötarkoitus ja käyttäjät. Tästä ohjeesta olisi hyötyä sekä laboratorion käyttäjille että IT-ammattilaisille.</p>	
Avainsanat: Sähkönkulutus, sähkönsäästö, energiatehokkuus, työasema	

ABSTRACT

Name: Natalia Lukina	
Title: Improving the energy efficiency of laboratory devices	
Date: 7.12.2010	Number of pages: 41 + 3 appendices
Department: Information Technology	Study Programme: Telecommunications
Instructor: Marko Uusitalo, Senior Lecturer	
<p>This final project was made for Helsinki Metropolia University of Applied Sciences. The purpose of the final project was to review the present situation of the IT laboratory regarding electricity consumption and to introduce optimal methods to improve the energy efficiency of the devices in the laboratory. Literature and web documents were used for collecting information.</p> <p>The final project consists of three sections; theory, the research and calculations. The theory section regarded the operations anticipating the electricity consumption, operations during the use, and details connected to them. The electricity consumption of the workstations in the laboratory as well as their peripherals was measured in the energy efficiency research. Fluke 41 Power Harmonics Analyzer power meter was used in conducting the measurements. Also the present situation of the electricity consumption of the devices was investigated, as well as problems that appeared during the research. The electricity costs of desktops and laptops and the profitability of electricity consumption saving were compared in the calculations.</p> <p>The result of this final project was a clear and simple instruction for improving the energy efficiency of the devices. This instruction is made for the use of the IT laboratories of the Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, regarding its purpose and usage times. This instruction will benefit both the users of the laboratory and IT professionals.</p>	
Keywords: Electricity consumption, energy saving, energy efficiency, workstation	

SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	SÄHKÖNKULUTUS JULKISILLA SEKTOREILLA	2
2.1	Työasemat	3
2.1.1	<i>Pöytätietokoneet</i>	4
2.1.2	<i>Kannettavat tietokoneet</i>	6
2.2	Oheislaitteet	6
2.2.1	<i>Näytöt</i>	6
2.2.2	<i>Monitoimilaitteet ja tulostimet</i>	7
3	SÄHKÖNSÄÄSTÖN ENNAKKOTOIMENPITEET	8
3.1	Energiatehokkaiden laitteiden hankinta	9
3.1.1	<i>Neljä askelta kestävämpiin hankintoihin</i>	9
3.1.2	<i>Energia- ja ympäristömerkit</i>	10
3.2	Virransäästötilojen suunnittelu	14
3.2.1	<i>Lepotila (Sleep)</i>	14
3.2.2	<i>Horrostila (Hibernation)</i>	15
3.2.3	<i>Yhdistelmälepotila (Hybrid Sleep)</i>	15
3.3	Tehon hallinta	16
3.4	Virrankäyttösuunnitelma	17
3.5	Näytönsäästäjät	18
4	SÄHKÖNSÄÄSTÖN KÄYTÖNAIKAISET TOIMENPITEET	18
4.1	Manuaalinen laitteiden hallinta	19
4.2	Etäkäynnistys ja sammutus	19
4.3	Yhteiskunnan koulutus ja tiedotus	20
4.4	Säästön noudattamisen seuranta	20
5	ENERGIATEHOKKUUDEN TUTKIMUS	21
5.1	Tutkimuksen toteuttaminen	21
5.1.1	<i>Laitteisto</i>	21
5.1.2	<i>Nykytilanteen kartoittaminen</i>	22
5.1.3	<i>Mittaustyö</i>	23
5.1.4	<i>Esiintyviä ongelmia</i>	28
5.2	Ehdotuksia energiatehokkuuden parantamiseksi	30

6	LASKELMAT	32
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	38
	VIITELUETTELO	40
	LIITTEET	

Liite 1. OHJE

Liite 2. Tietoverkko-laboratorion U206 sähköpiirustus

Liite 3. Serverihuoneen sähköpiirustus

1 JOHDANTO

Sähkö on erottamaton osa jokapäiväistä elämää. Elintason parantuessa kasvaa myös sähkölaitteiden määrä. Verrattuna edeltäjiinsä sähkölaitteet ovat muuttuneet entistä tehokkaammiksi ja helpommin käytettäviksi, mutta samalla sähkönkulutuskin on kasvanut.

Ensimmäisen kerran energiansäästöä alettiin tosissaan miettiä 1970-luvun alkupuolen öljykriisin jälkeen. Pääongelmina olivat sähköenergian riittämättömyys ja sen korkea hinta. Nykypäivänä ihmiset ajattelevat yhä enemmän ympäristön saastumista ja siitä johtuvaa mahdollista seuraamusta – ilmaston lämpenemistä.

Mitä vähemmän kulutamme sähköä, sitä vähemmän energiaa meidän tulee tuottaa. Se vaikuttaa erityisen positiivisesti ympäristöön, koska nykypäivänä pääosa sähköstä tuotetaan polttamalla fossiilisia polttoaineita.

Kehittyneet valtiot ovat kiinnostuneita energiankulutuksen tehokkuutta käsittelevien ohjelmien kehityksestä ja tukemisesta. Isoja rahasummia käytetään uusien teknologien kehittämiseen, koska arvion mukaan sähkönkulutuksen vähentäminen jonkin verran voi vähentää kasvihuonekaasupäästöjä.

Nykytekniikan valmistajat yrittävät myös vähentää tuottamiensa laitteiden sähkönkulutusta. Edistys näkyy erityisesti serverien ja tietokoneen prosessorien tuotannossa, mukaan lukien kannettavat tietokoneet. Kilpailun myötä vähän sähköä kuluttavat laitteet vievät yhä suuremman osan markkinoista.

Tämän insinööriyön tavoitteena on tietoverkko-laboratorion nykypäivän sähkönkulutustilanteen kartoitus sekä etsiä parhaita vaihtoehtoja laboratoriolaitteiden sähkön säästämiseen.

Insinööriyö koostuu kolmesta pääalueesta, joihin kuuluvat teorian analysointi, energiansäästön tutkimusosa ja laskelmat. Teoriaosassa tutustumme tietokonelaitteiden sähkönkulutukseen sekä sähkönsäästön ennakoiviin ja käytönaikaisiin toimenpiteisiin. Tutkimusosan tehtävänä on sekä koko laboratorion että jokaisen erillisen laitteen energiankulutuksen laskeminen ja lisäksi optimaalisten sähkönsäästömahdollisuuksien ehdottaminen. Tutkimusosan mahdollisina hyötyinä ovat rahojen säästäminen, mahdollisuus hankkia uu-

sia laitteita ja ympäristön apu. Lopuksi energiansäästön laskelmissa vertailaan pöytätietokoneiden ja kannettavien tietokoneiden sähkönkulutuksia ja energiakustannuksia sekä selvitettiin sähkönsäästömahdollisuuksien kannattavuutta.

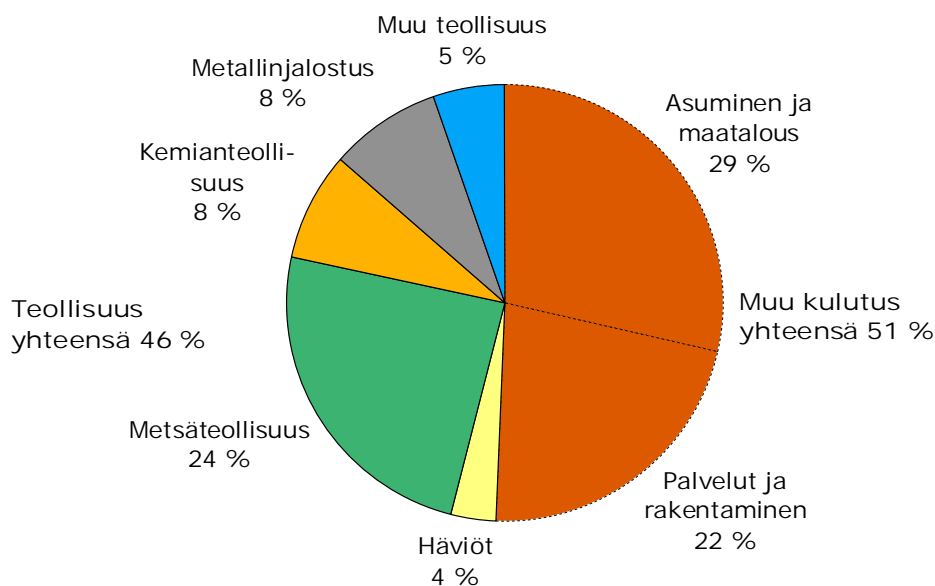
Teoriaosan suurin osa pohjautuu Motiva Oy:n verkkodokumenttiin ”Selvitys tietotekniikkaympäristön sähkönsäästömahdollisuuksista”. Dokumentti oli luotu 16.3.2006 ja päivitetty 2.4.2007. Selvitys koostuu työasemien ja niiden oheislaitteiden sähkönsäästökeinoista sekä niiden perusteluista.

Motiva Oy on asiantuntijayritys, joka kannustaa energian ja materiaalien tehokkaaseen ja kestävään käyttöön. Toiminta alkoi vuonna 1993 Energiansäästön palvelukeskuksena. Motivan palveluja hyödyntävät julkinen hallinto, yritykset ja yhteisöt sekä kuluttajat.

Tämä insinööri työ tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoulun tietoverkkolaboratoriolle. Toivottavasti insinööriä pystytään hyödyntämään tulevaisuudessa energiatehokkuuden kehittämisessä.

2 SÄHKÖNKULUTUS JULKISILLA SEKTOREILLA

Energian kokonaiskulutus Suomessa on vuosien 1970–2007 aikana noin kaksinkertaistunut ja sähkön kulutus samana aikana yli nelinkertaistunut. Sähkön kokonaiskulutus Suomessa vuonna 2009 oli 80,8 TWh, josta julkisen ja palvelujen sektorin osuus on lähes viidennes eli 22 % (kuva 1). Tämä tarkoittaa sitä, että julkinen sektori on merkittävä sähkön kokonaiskulutuksen kannalta. [1; 3, s. 22.]



Kuva 1. Sähkön kokonaiskulutus 2009 [1, s. 15.]

Henkilökohtaisten tietokoneiden ja palvelinten, tulostimien ja kopiokoneiden vuosittaiseksi sähkönkulutukseksi Suomessa on arvioitu 719 000 MWh, mikä vastaa 200 000 kerrostaloasunnon sähkönkulutusta. [4, s. 8.]

Toimistolaitteiden sähkönkulutus on nopeassa kasvussa laitteiden lisääntymisen takia. Toimistojen sähkönkulutuksesta noin kolmasosa kuluu tietokoneisiin ja niiden oheislaitteisiin ja kolmasosa valaistukseen. Viimeinen osa kuuluu muuhun energiankulutukseen. [5.]

Toimistoissa laitteiden määrän jatkuva kasvu vie myös lisäresursseja jäähdytykseen. Vaikka nykyään toimisto- ja atk-laitteissa on valmius monipuolisiin sähkönsäästömahdollisuuksiin, usein niitä ei tunneta eikä käytetä tehokkaasti. [4, s. 3.]

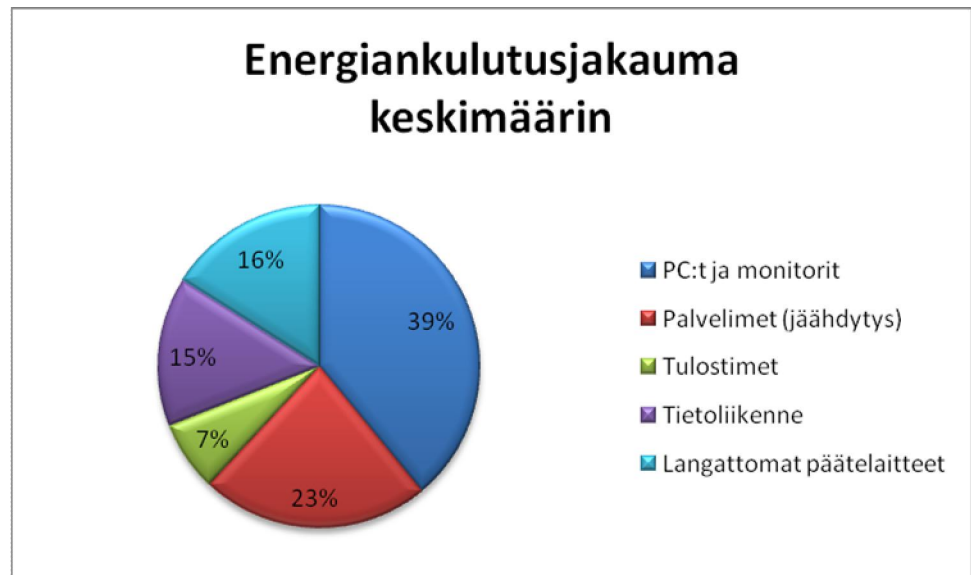
Tässä luvussa esitetään toimiston työasemien ja niiden oheislaitteiden sähkönkulutukset normaalikäytössä. Työasema tässä tarkoittaa pöytätietokonetta tai kannettavaa tietokonetta. Näytöt, monitoimilaitteet ja tulostimet toimivat tässä oheislaitteina.

2.1 Työasemat

Henkilökohtaisten työasemien ja niiden oheislaitteiden, kuten esimerkiksi tulostimien ja skannerien, turha sähkönkäyttö aiheuttaa vuosittain yksinomaan julkishallinnossa jopa 10 miljoonan euron ylimääräiset kustannukset. Tästä

seuraa se, että työasemien sähkönkulutuksen ajankohtaisella hallinnalla on suuri merkitys koko työasemaympäristön kustannuksissa. [5.]

Kuvassa 2 on esitetty toimistolaitteiden energiankulutus. Kuva havainnollistaa, millä prosenttiosuudella erilaiset laitteet jakautuvat sähkönkulutuksen kannalta.



Kuva 2. Toimistolaitteiden energiankulutus [20, s. 4.]

Työasema jaetaan kahteen ryhmään. Ensimmäinen on pöytätietokone, jossa keskusyksikköön tulee kiinnittää erikseen hiiri, näppäimistö ja näyttö. Toinen on kannettava tietokone, jossa kaikki on koottu yhteen kokonaisuuteen. [2, s. 12.]

Kannettavien tietokoneiden sähkönkulutukseen on kuitenkin kiinnitetty enemmän huomiota jo valmistusvaiheessa pöytätyöasemiin verrattuna. Yksi kannettavien tietokoneiden ehdoton etu on mahdollisimman pitkä toimintakyky akkukäytössä. [2, s. 12.] Nykyään on olemassa koneita, jotka toimivat akkukäytössä jopa 24 tuntia.

2.1.1 Pöytätietokoneet

Keskusyksikkö on pöytätietokoneen erottamaton osa, joka koostuu esimerkiksi emolevystä, suorittimesta, keskusmuistista, kiintolevystä, näytönohjaimesta ja niin edelleen. Keskusyksikön komponentit kuluttavat kukin erikseen sähköä. Tästä seuraa, että pöytätietokoneen kokoonpanolla on suuri merkitys. [2, s. 12.]

Näytönohjain on yksi merkittävistä komponenteista sähkönkulutuksen kannalta. Tavallisen näytönohjaimen vaihtaminen tehokkaaseen malliin voi nostaa sähkönkulutusta 70 W:sta jopa 250 W:iin. Esimerkin perusteella voidaan havainnollistaa, että pöytätietokone ja sen komponentit on tärkeää valita käyttötarkoituksen mukaan.

Pöytätietokoneet ja muut sähkölaitteet kuluttavat sähköä myös sammutettunakin (taulukko 1). Turhan sähkönkulutuksen välttämiseksi kannattaa kytkeä virtajohto irti tai sammuttaa virta päävirtakytkimestä. Myös katkaisijalla varustettu jatkojohto on hyvä vaihtoehto. [2, s. 13.]

Taulukko 1. Tyypillisiä työasemien todellisia keskimääräisiä kulutuslukemia toimistokäytössä [2.]

Työasematyyppi	Päällä	Valmiustila	Lepotila	Pois päältä
Perustyöasema	75 W	40 W	4 W	4 W
Tehotyöasema	100 W	50 W	6 W	6 W
Kannettava	30 W	10 W	1 W	1 W

Pöytäkoneen edut ovat

- hyvät päivitys- ja laajennusmahdollisuudet
- paremmin käytettävyys
- monikäyttömahdollisuudet: tietokoneen näyttö voi toimia myös televisiona.

Pöytäkoneen haitat ovat

- suurempi sähkönkulutus
- isompi koko
- valmistus kuluttaa enemmän materiaaleja ja luonnonvaroja. [6.]

Yllä on koottu pöytätietokoneiden edut ja haitat kannettaviin tietokoneisiin verrattuna.

2.1.2 Kannettavat tietokoneet

Kannettava tietokone on suunniteltu liikuteltavaksi työasemaksi, jonka tulee olla mahdollisimman itsenäinen myös sähkönsyötön suhteen. Keskitason kannettava tietokone kuluttaa 50-80 % vähemmän sähköä kuin keskitason pöytäkone ja katodisädeputkinäyttö (CRT). [2, s. 12.] Tämä selittyy pääasiassa laiteteknisillä eroilla, eli vähemmän sähköä kuluttavalla virtalähteellä. Toisaalta, pöytä tietokoneen käyttöikä on usein pidempi kuin kannettavan, koska pöytäkoneeseen voidaan helpommin vaihtaa eri komponentteja [6].

Usein tietokoneen sähkönkulutus kasvaa koneen prosessorintehon lisääntyessä. Viime aikoina tietokoneiden suoritinvalmistajat ovat pyrkineet kehittämään erityisesti kannettaviin tietokoneisiin suorittimia, jotka kuluttaisivat mahdollisimman vähän sähköä. [2, s. 12.]

Kannettavan tietokoneen edut ovat

- pienempi sähkönkulutus
- siirrettävyys
- pienempi koko.

Kannettavan tietokoneen haitat ovat:

- Laajennus- ja päivitysmahdollisuudet eivät ole yhtä hyvät kuin pöytäkoneilla.
- Valmistuksessa käytetään myrkyllisiä kemikaaleja ja metalleja.
- Sisältää muun muassa akun, joka on ongelmajätettä.
- Suorituskyky on heikompi kuin pöytäkoneella. [6.]

Kun arvostetaan energiansäästöä, valitaan kannettava tietokone. Kun arvostetaan suorituskykyä, valitaan pöytä tietokone.

2.2 Oheislaitteet

2.2.1 Näytöt

Nykyään näyttöjä on olemassa kahta tyyppiä: CRT-näyttö (kuvaputkinäyttö) ja LCD-näyttö (nestekidenäyttö). Litteät LCD-näytöt kuluttavat selvästi vähemmän sähköä perinteisiin putkinäyttöihin verrattuna. Keskitason LCD-näyttö kuluttaa noin 50 % vähemmän sähköä kuin vastaava tavanomainen kuvaputkinäyttö (taulukko 2). [2, s. 14.]

Taulukko 2. Tyypillisiä todellisia kulutuslukuja normaalikäytössä [2.]

Näytön tyyppi	Normaali tila	Valmiustila	Pois päältä
CRT 15"	65 W	3 W	3 W
CRT 17"	80 W	4 W	4 W
CRT 19"	100 W	5 W	5 W
LCD 15"	23 W	2 W	2 W
LCD 17"	30 W	2 W	2 W
LCD 19"	40 W	2 W	2 W

Viime aikoina suurin osa kaupoissa myytävistä tietokoneiden näytöistä on LCD-näyttöjä. Syynä on huomattava etu litteissä näytöissä kuvaputkinäyttöihin verrattuna. LCD-näytöt kuluttavat vähemmän sähköä, vievät työpöydältä vain vähän tilaa, niiden siirto on helppoa ja niissä on terävämpi kuva kuin kuvaputkinäytöissä. [2, s. 14.]

2.2.2 Monitoimilaitteet ja tulostimet

Tulostimilla tarkoitetaan tässä sekä tavallista keskusyksikköön liitettyä tulostinta että verkkotulostinta, joka liitetään tietoliikenneverkkoon. Nykyään käytetään yleensä laser- ja mustesuihkutulostimia. [2, s. 14.]

Sähkönkulutuksen kannalta tulostimien maailmassa ei ole kaikki niin yksiselitteisesti kuin näytöissä ja keskusyksiköissä. Sähkönkulutus riippuu tulostimen tulostuslaadusta ja nopeudesta. Lasertulostimet kuluttavat enemmän sähköä tulostaessaan kuin mustesuihkutulostimet. Jos tulostinta käytetään joka päivä, lasertulostimet ovat edullisimpia kokonaiskustannuksien kannalta.

Monitoimilaitteilla voidaan tulostaa, skannata ja kopioida. Joissakin monitoimilaitteissa on myös faksi. Monitoimilaitte kuluttaa pelkästään noin puolet erillisen skannerin, tulostimen, kopiokoneen ja faksin kuluttamasta energiasta, koska yksi laite korvaa useamman laitteen. [2, s. 15.]

3 SÄHKÖNSÄÄSTÖN ENNAKKOTOIMENPITEET

Nykyään tietotekniikan kehitys ei pysy paikallaan. Uudenaikaisilla laitteilla on vanhoihin malleihin verrattuna tehokkaimmat prosessorit ja komponentit, jotka kuluttavat enemmän sähköä. Tämä tarkoittaa sitä, että työasemaympäristön sähkönsäästökeinojen hyödyntämisen merkitys vain kasvaa tulevaisuudessa. Toisaalta prosessoreissa kiinnitetään enemmän huomiota sähkönkulutukseen. Tietokoneiden prosessorivalmistajat ovat pyrkineet kehittämään tietokoneisiin prosessoreja, jotka kuluttaisivat mahdollisimman vähän sähköä. [2, s. 12.]

Onnistunut sähkönsäästön lopputulos edellyttää harkittua strategiaa alusta loppuun asti. Sähkönsäästön strategia voidaan jakaa kahteen luokkaan: ennakoiiviin toimenpiteisiin ja käytönaikaisiin toimenpiteisiin. Ennakoiviin toimenpiteisiin tässä kuuluu systemaattinen valmistelu ja käytönaikaisiin toimenpiteisiin kuuluvat operatiiviset toimenpiteet. [2, s. 7.]

Ennakoiviin toimenpiteisiin kuuluvat muun muassa energiatehokkaiden laitteiden hankinta, tehon hallinta, virrankäyttösuunnitelma, systemaattinen virransäästötilojen vakiointi ja niin edelleen.

Laitteen toipumisajat ja virransäästötilojen toimivuus ovat hyvin tärkeitä ominaisuuksia, jotka kannattaa selvittää jo etukäteen. Joskus virransäästötiloihin siirtymisessä on ongelmia tai niistä toipuminen kestää kauan. Tämä valitettavasti vähentää luottamusta laitteiden toimintaan ja heikentää työtehoa. Sen vuoksi virransäästötilojen toiminta tulee testata kattavasti ennen niiden ottamista laajamittaisesti käyttöön. Erilaisilla sähkönsäästökeinoilla ei pyritä vähentämään työasemien hyödyllistä käyttöä vaan niiden turhaa sähkönkulutusta silloin, kun niitä ei käytetä. [2, s. 44.]

Tässä luvussa käsitellään myös energia- ja ympäristömerkit, joiden päätavoitteena on kuluttajien ohjaaminen mahdollisimman haitattomissa tuotteissa ympäristön kannalta. Tässä kiinnitetään erityistä huomiota Energy Star -merkkiin, TCO'03-, TCO'05-, TCO'06-merkkeihin ja Pohjoismaisen Joutsenmerkkiin ja Euroopan Kukkamerkkiin.

3.1 Energiatehokkaiden laitteiden hankinta

Kestävien ja energiatehokkaiden laitteiden hankinta on tärkeä askel sähkönsäästökeinoissa. Tyypillisen toimistotietokoneiden käyttöikä on kolmesta neljään vuoteen ja keskeisimmät sähkönsäästösuunnitelmat tehdään jo hankintavaiheessa. [2, s. 27.]

Motiva on laatinut keinoja, joiden avulla hankintavaiheessa voidaan säästää sähköä työasemissa ja oheislaitteissa. Alla esitetään tärkeimmät menetelmät energiatehokkaampien laitteiden saamiseksi.

- Suunnitellaan laitteiden hankinta. Hankitaan vain sellaisia laitteita, joiden ominaisuudet on sovitettu käyttötarkoitukseen.
- Hankitaan litteitä LCD-näyttöjä perinteisten kuvaputkinäyttöjen sijaan.
- Ostetaan monitoimilaite erillisen tulostimen, faksin ja kopiokoneen sijaan.
- Hankitaan tietokoneita tarkoituksen mukaan. Hankitaan liikkuville käyttäjille kannettavia tietokoneita.
- Tutkitaan huolellisesti laitteiden sähkönkulutus virransäästötiloissa, normaalikäytössä ja pois-päältä -tilassa. Valitaan sellainen laite, jossa sähkönkulutus on pienempi.
- Valitaan laite, jossa on lyhyempiä lämpenemis- ja palautumisaikoja.
- Hankitaan Energy Star- tai TCO-laitteita. [2, s. 28.]

Usein ostajat eivät tiedä, että sähköinen laite kuluttaa jonkin verran sähköä jopa pois-päältä -tilassa. Koska tietokoneet ja oheislaitteet ovat suurimman osan ajastaan pois päältä, niiden lepo- ja valmiustilat ovat merkittäviä pitkällä aikavälillä. [7, s. 5.]

Ennen tuotteen halpamallin ostamista kannattaa tarkistaa sen sähkönkulutukset normaalikäytössä ja valmiustilassa. Kun halpamallin sähkönkulutus on suuri, se tarkoittaa, että halpamalli tulee joka vuosi kalliimmaksi ja laitteen käyttöaikana sähkölasku moninkertaistaa ostohinnan. [8.]

3.1.1 Neljä askelta kestävämpiin hankintoihin

Vuosittain Suomen julkinen sektori kuluttaa valtavia rahasummia laitteiden hankintoihin. Tehdyt viisaat valinnat lisäävät kustannustehokkuutta. Jotkut hankinnat saattavat alussa nostaa kustannuksia, mutta alemmat käyttökulut kompensoivat ne nopeasti. [9, s. 3.]

Kestävien hankintojen edistämiseen tarvitaan koko organisaation yhteistyötä. Jokaisen organisaation kannattaa luoda henkilöstöryhmä, joka vastaisi laitteiden hankinnasta ja tuesta. Motiva on laatinut julkisen sektorin avuksi neljä askelta kestävämpiin hankintoihin.

1. Tarve

Selvitetään hankinnan tarve ja paras menetelmä tyydyttää se. Ratkaisuja on monta, esimerkiksi ostamisen sijaan voi vuokrata tai korjata vanhan laitteen tai joskus jopa luopua hankinnasta.

2. Ympäristövaatimusten määritteleminen

Valitaan huolellisesti tarjoajan, joka vastaa ympäristövaatimuksia. Merkitään tarjouspyyntöön rohkeasti esimerkiksi tekniset vaatimukset, ympäristömerkin kriteerien täyttymistä, kemikaalien välttämistä ja niin edelleen.

3. Valintaperusteet

Tarjouksen valintaperusteeksi valitaan kokonaistaloudellinen edullisuus. Tarjouspyynnön vertailuperusteita ovat elinkaarikustannukset ja ympäristönäkökohdat, jotka kannattaa määritellä rehellisesti ja avoimesti.

4. Tarjousvertailu

Tarkistetaan, että vastaanotetut tarjoukset vastaavat pyyntöä pakollisten vaatimusten osalta, ja vertaillaan, mikä niistä on paras. [9, s. 10.]

Kestäviin hankintoihin siirtyminen ei tarkoita suoraa kustannusten kasvua. Hyvät kokemukset ja arviot osoittavat, että ympäristön huomioiminen hankinnoissa säästää rahaa ja lisää innovaatioita. Energiansäästön aloittamista aina säästää rahaa. [9, s. 9.]

3.1.2 Energia- ja ympäristömerkit

Laitteiden hankintavaiheessa on tärkeää etukäteen saada luotettavaa tietoa niiden sähkönkulutuksesta. Viisaan hankinnan helpottamiseksi on luotu standardeja ja merkintöjä, joita määrittävät laitteiden virrankulutuksen ja virransäästön raja-arvot.

Yleisimpiä työasemaympäristön energiamerkintöjä ja standardeja ovat

- Energy Star
- TCO'03, TCO'05 ja TCO'06
- ympäristömerkinnät. [2, s. 15, 16.]

Energy Star -merkki

Energy Star on Yhdysvaltain ympäristönsuojeluviraston (EPA) merkintäohjelma, joka oli julkistettu vuonna 1992. Alussa se oli vapaaehtoinen merkintäohjelma, jolla pyrittiin edistämään energiatehokkaiden tuotteiden kehittämistä. Myöhemmin Energy Star kasvoi maailmanlaajuisesti energiansäästöohjelmaksi ja EU:lla syntyi oma Energy Star -ohjelma. [2, s. 16; 4, s. 8.]

Ohjelman ensimmäisiä tuotteita, joille myönnettiin Energy Star -tunnuksia, olivat tietokoneet ja niiden monitorit. Vuonna 1995 EPA laajensi merkinnän kattamaan myös muita toimistolaitteita, kuten telefakseja, kopiokoneita ja jäädyttimiä. Jatkossa merkintä laajeni valaistus- ja kodinelektroniikkalaitteisiin ja muihin laitteisiin. [2, s. 16.]

Kuvassa 3 on esitetty vasemmalla vanhempi Energy Star -merkki ja oikealla vuoden 2006 Energy Star -logo.



Kuva 3. Energy Star -merkki ja Energy Star -logo [2.]

Perinteisiin laitteisiin verrattuna Energy Star -tuotteet kuluttavat yli 50 prosenttia vähemmän sähköä. Energy Star -merkki on vastuussa siitä, että atk-laitteessa on virranhallintajärjestelmä eli laitteet siirtyvät automaattisesti lepotilaan, jos niitä ei käytetä.

Katsotaan yksi esimerkki. Jos tietokone on päällä yöstä päivää, tavallinen kone kuluttaa sähköä 1300 kilowattituntia vuodessa, kun taas Energy Star -tuotteita vain 700 kilowattituntia. [11.]

Energy Star on yleisin energiatehokkaan laitteen standardi, johon voi luottaa, koska siihen liittyy seuranta edellytetyistä vaatimuksista [2, s. 17].

TCO -merkit

Ruotsalaisen TCO-järjestön myöntämä energia-, ergonomia- ja ympäristömerkki on toinen maailmassa tunnettu terveellisen työympäristön ja energiansäästön tunnus [4, s. 9].

Ensimmäinen TCO-standardi ilmestyi vuonna 1992 tietokoneen monitorilla. Sen jälkeen tuli lisämerkintöjä, joista tunnetuimmat ovat TCO'99, TCO'03, TCO'05 ja TCO'06. TCO'99-merkintä kattaa litteät näytöt, kuvaputkinäytöt, pöytäasemat, kannettavat tietokoneet, näppäimistöt ja tulostimet ja sitä käytetään vielä vanhemmissa laitteissa. TCO'03-merkintä on erityisesti tarkoitettu litteille tietokonenäytöille (kuva 4). TCO'06-merkintä on pääasiassa tarkoitettu monikäyttönäytöille, joissa esitetään liikkuvaa kuvaa. TCO'05 on tarkoitettu sekä pöytätietokoneille että kannettaville tietokoneille. TCO'05-standardi on melko uusi eikä sen takia ole niin tunnettu kuin vastaava Energy Star -standardi. [2, s. 21-24; 7, s. 7.]



Kuva 4. TCO'99-tunnus ja TCO'03 Displays -tunnus [4.]

Nykyään Energy Star- ja TCO-merkit ovat maailman tunnetuimmat merkinnot. Miten ne eroavat toisistaan? TCO poikkeaa Energy Star -merkistä siten, että se sisältää paitsi energiankulutuksen vaatimuksia myös työntekijän terveyteen ja ympäristöön liittyville näkökohdille. [4, s. 9.]

Ympäristömerkkejä

Ympäristömerkki on tunnus, joka myönnetään ympäristömerkin myöntämisperusteet täyttävälle tuotteelle tai palvelulle. Ympäristömerkkien tarkoituksena on auttaa yrityksiä ja kuluttajia ostopäätöksissään valitsemaan mahdollisimman ympäristöystävällisiä tuotteita. [12.]

Käytössä on useita erilaisia ympäristömerkkejä. Osa merkeistä on virallisia ja niiden lisäksi on myös useita muita ympäristömerkkejä. Suomessa on kaksi virallista ympäristömerkkiä, Pohjoismainen Joutsenmerkki ja Euroopan Kukkamerkki. [13.]

Pohjoismainen ympäristömerkki, Joutsenmerkki (kuva 5), toimistolaitteista kattaa henkilökohtaiset tietokoneet, tulostimet, kopiokoneet sekä telefaksit ja antaa luotettavaa tietoa niiden ympäristövaikutuksista. Eri tuoteryhmille on laadittu omat kriteerit. Kriteerit luodaan asiantuntijaryhmissä, joissa otetaan huomioon tuotteen ympäristövaikutus valmistuksessa, jakelussa, käytössä ja poistossa. Joutsenmerkin vaatimukset tarkistetaan 3-5 vuoden välein, jotta ne pysyvät ajan tasalla. [4, s. 9; 13; 14.]



Kuva 5. Pohjoismainen ympäristömerkki [13.]

Motivan mukaan Pohjoismaisen ympäristömerkinnän mikrotietokoneita koskevat vaatimukset ovat seuraavat:

- Työasemassa ja näytössä tulee olla selkeä etupaneelissa sijaitseva virtakytkin.
- Työaseman tulee tukea standardeja virransäästötiloja.
- Työaseman sähkönkulutuksen on oltava pois-päältä -tilassa < 2 W.
- Näytön sähkönkulutuksen pitää olla virransäästötilassa < 2 W.
- Oletusarvo näytön automaattiselle virransäästötilaan siirtymiselle on oltava alle 30 min.
- Näytön sähkönkulutus pois päältä -tilassa on < 1 W.
- Kannettavan sähkönkulutus virransäästötilassa on < 3 W. [2, s. 24, 25.]

Euroopan ympäristömerkki (kuva 6) on samankaltainen ympäristömerkki kuin Joutsenmerkki, mutta merkkiä käytetään vähemmän Suomessa. Se perustuu ympäristövaikutuksiin, joita tuotteesta aiheutuu sen koko elinkaaren aikana. Merkki kertoo, että tuote on valmistettu ympäristöystävällisesti eli

energiaa ja vettä säästäen sekä jätteen määrää minimoiden. Kukkamerkki kattaa henkilökohtaiset tietokoneet. [14.]



Kuva 6. Euroopan ympäristömerkki [13.]

Euroopan ympäristömerkki ja Joutsenmerkki tekevät yhteistyötä muun muassa kriteerien laadinnassa. [15.]

3.2 Virransäästötilojen suunnittelu

Vuonna 1992 Intel ja Microsoft laativat virransäästötilojen yhtenäiset säännöt henkilökohtaisille tietokoneille. Näin syntyi APM (Advanced Power Management) -tekniikka. Sen avulla virransäästöominaisuuksia käsiteltiin BIOS:issa, mutta melko hankalasti. Varsinaisella käyttöjärjestelmäkontrollilla oli pelkästään pieni valta. APM on vanhentunutta tekniikkaa, jonka seuraajana on ACPI, josta puhutaan tarkemmin myöhemmin. [2, s. 30.]

Heti kun tietokoneita otetaan käyttöön isossa organisaatiossa, on mietittävä niiden energiakulutusta. Virransäästötilojen tehokas käyttö on helpoin tapa saavuttaa parempi energiatehokkuus.

On järkevää siirtää tietokone virransäästötilaan, kun sitä aiotaan käyttää lähitunteina uudelleen. Tietokoneen herääminen virransäästötilasta on melko nopea, ja kone on taas valmis käyttöön hiiren liikautuksella, näppäimistön näppäimellä tai virtapainikkeesta. [16, s. 115.]

3.2.1 Lepotila (Sleep)

Siitä huolimatta, että lepotiloja on erilaisia, yleisin käytössä oleva on S3-tila. Kun näyttö menee pimeäksi, ääni hiljenee ja merkkivalo syttyy tai vilkkuu, tietokone siirtyy virransäästötilaan. [16, s. 115.]

Lepotila tallentaa avoimet asiakirjat ja ohjelmat muistiin ja sitten siirtää tietokoneen virransäästötilaan. Tietokone kuluttaa lepotilassa (S3) pelkästään muutaman watin tehoa (taulukko 1).

Tietokoneen virranhallinta-asetusten mukaan se voi energiansäästösyistä siirtyä lepotilaan myös automaattisesti tietyn käyttämättömyysajan jälkeen. Palautuminen lepotilasta onnistuu painamalla mitä tahansa näppäimistön näppäintä: hiiren liikautuksella tai virtakytkimen painalluksella. Prosessi vaatii vähän aikaa. [16, s. 115.]

3.2.2 Horrostila (*Hibernation*)

Horrostilassa prosessorin ja muistin tiedot tallennetaan kiintolevylle ja lopuksi tietokone sammutetaan. Seuraavan kerran tietokoneen käynnistyessä tallennetut tiedot luetaan kiintolevyltä, ja työpöydän ulkoasu on samannäköinen, kuin se oli ennen sulkemista. [16, s. 115.]

Tietokoneen toipuminen horrostilasta on samanaikainen prosessi kuin toipuminen sammutetusta tilasta. Erona on vain sitä, että kesken jääneet avoimet asiakirjat ja ohjelmat ovat heti valmiina jatkamiseksi. Kaikista Windowsin virransäästötiloista horrostila käyttää vähiten virtaa. [17.]

On tärkeää muistaa, että horrostilassa ei saa muuttaa tietokoneen kokoonpanoa esimerkiksi kytkemällä siihen lisälaitteita. Vastakkaisessa tapauksessa seurauksena voi olla tietokoneen jumitumista tai muita teknisiä ongelmia. Horrostila ei ole käytettävissä, jos tietokoneeseen on valittu yhdistelmälepotila käyttöön. [16, s. 115.]

3.2.3 Yhdistelmälepotila (*Hybrid Sleep*)

Yhdistelmälepotila on erityisesti työpöytä-tietokoneisiin suunniteltu virransäästötila. Yhdistelmälepotilassa tallennetaan avoimet asiakirjat ja ohjelmat muistiin ja kiintolevylle väliaikaisesti. Sitten tietokone siirretään virransäästötilaan. Palautuminen yhdistelmälepotilasta on hyvin nopea.

Jos tapahtuu virtakatkos tietokoneen ollessa tavallisessa lepotilassa, työpöytä-tietokoneen tietoja saatetaan menettää. Tietokoneen ollessa yhdistelmälepotilassa, Windows voi palauttaa tiedot kiintolevyltä. Se on yhdistelmälepotilan etu. Työpöytä-tietokoneissa yhdistelmälepotila on yleensä käytössä oletusarvoisesti.

Lepotila-painiketta napsauttaen, tietokone siirtyy yhdistelmälepotilaan automaattisesti, jos tila on käytössä. Kun yhdistelmälepotila ei ole käytössä tai jos kone ei tue sitä, tietokone siirtyy lepotilaan Lepotila-painiketta napsauttaen. [17.]

3.3 Tehon hallinta

ACPI-tilat

ACPI (Advanced Configuration and Power Interface) on vuonna 1996 laadittu rajapinta, jonka avulla käyttöjärjestelmätason tehonhallintaa parannettiin. ACPI määrittelee tietokoneelle erilaiset virrankäyttötilat. On olemassa kuusi eri virtatilaa S0-S5. S0-tilassa tietokone on täysin toiminnassa ja S5-tilassa tietokone on sammutettu. [2, s. 30.]

S0-tilassa tietokone toimii normaalisti ilman virransäästötoimenpiteitä.

S1-tilassa (POS, Power On Suspend) tietokoneen laitteet menevät vähän virtaa säästäviin tiloihin. Prosessori ja muut laitteet säilyttävät sen hetkiset tiedot. Toipuminen tilasta kestää alle kaksi sekuntia.

S2-tilassa prosessori pysäytetään. Prosessorin pysäytystä edeltävä tila on siis tallessa toiminnan jatkamista varten. Palauttaminen kestää yli kaksi sekuntia.

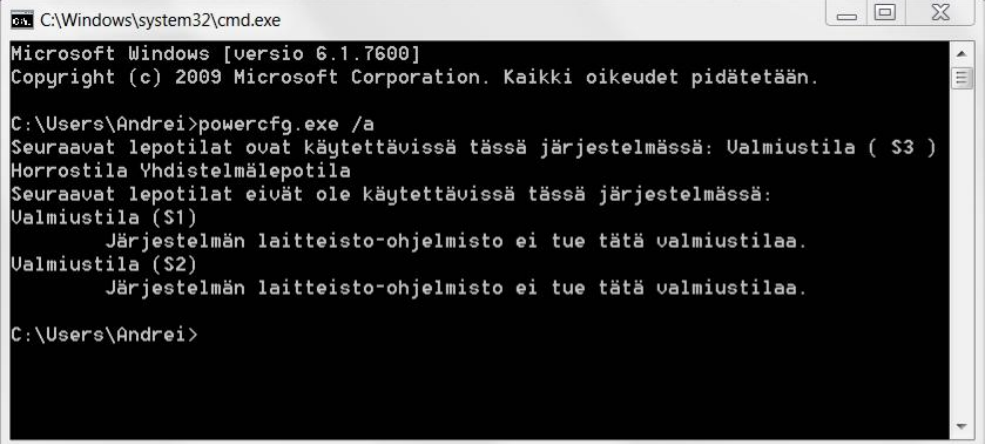
S3-tilassa (STR, Suspend To RAM) muistia lukuun ottamatta kaikki muut laitteet asetetaan virransäästötiloihin. Palauttaminen on huomattavasti hitaampaa kuin S2-tilasta.

S4-tilassa (STD, Suspend To Disk) kaikki laitteet ovat virransäästötilassa. Tässä lepotilassa kaikki keskusmuistin tiedot tallennetaan levyasemalle ja sitten tietokone sammuu. Heti tietokoneen käynnistyessä tiedot luetaan kiintolevyltä keskusmuistiin. Toipuminen on huomattavasti hitaampaa kuin S3-tilasta.

S5-tilassa tietokone on asetettu ohjelmallisesti pois päältä (horrostila). Muistin tilaa ei säilytetä. Kun tietokonetta taas halutaan käyttää, sitä on käynnistettävä uudelleen. [16, s. 116.]

Lepotilassa käytettävä ACPI-tila voidaan tarkistaa seuraavalla tavalla:

- Napsautetaan Käynnistä-painiketta.
- Kirjoitetaan Aloita haku -kohtaan cmd ja painetaan Enter.
- Kirjoitetaan ikkunaan powercfg.exe /a ja painetaan Enter. [16, s. 116.]



```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [versio 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Kaikki oikeudet pidätetään.

C:\Users\Andrei>powercfg.exe /a
Seuraavat lepotilat ovat käytettävissä tässä järjestelmässä: Ualmiustila ( S3 )
Horrostila Yhdistelmälepotila
Seuraavat lepotilat eivät ole käytettävissä tässä järjestelmässä:
Ualmiustila (S1)
    Järjestelmän laitteisto-ohjelmisto ei tue tätä valmiustilaa.
Ualmiustila (S2)
    Järjestelmän laitteisto-ohjelmisto ei tue tätä valmiustilaa.

C:\Users\Andrei>

```

Kuva 7. ACPI-tilan tarkistus Windows 7:ssä

Kuvasta 7 nähdään, että kokeilutietokoneessa on käytössä S3-tila.

3.4 Virrankäyttösuunnitelma

Paitsi kiintolevyä ja näyttöä, tietokoneeseen kuuluu myös muita laitteita, jotka kuluttavat virtaa. Virrankäyttösuunnitelman avulla hallitaan laitteiston virrankäyttöä. Virrankäyttösuunnitelma on joukko järjestelmä- ja laiteasetuksia, joilla voi hallita tietokoneen virrankäyttötapaa. Virrankäyttösuunnitelman avulla voidaan pienentää tietokoneen käyttämän virran määrää, parantaa suoritustehoa tai tasapainotella näiden välillä.

Windowsiin kuuluu seuraavat käyttötavat, joiden avulla hallitaan tietokoneen virrankäyttöä

- **Tasapainotettu (Balanced).** Suunnitelma antaa välttämättömyydestä järjestelmän täyden suoritustehon ja säästää virtaa, kun tietokonetta ei käytetä. Tasapainotettu virrankäyttösuunnitelma soveltuu parhaiten useimmille käyttäjille.
- **Virransäästö (Power Saver).** Se säästää virtaa pienentämällä järjestelmän suoritustehoa ja näytön kirkkautta. Jos kyseessä on kannettava tietokone, virransäästön avulla käyttäjät voivat hyödyntää akun latauksen tehokkaasti.
- **Paras suoritusteho (High Performance).** Sen avulla säilytetään näytön kirkkaus parhaalla tasolla. Voidaan myös lisätä tietokoneen suoritustehoa

joissakin tilanteissa. Kannettavan tietokoneen käyttäjien on oltava varovaisia, koska tämä suunnitelma kuluttaa paljon enemmän virtaa ja vähentää koneen akun käyttöaika. [18.]

Työn käytännön osassa otetaan suunnitelmat käyttöön ja sovelletaan käyttöprofiilien optimointia.

3.5 Näytönsäästäjät

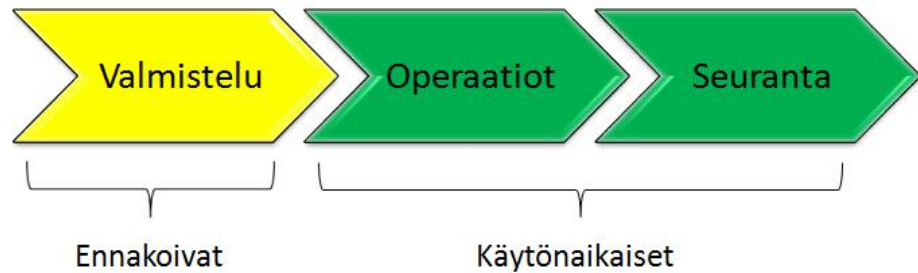
Näytönsäästäjä (Screen saver) on esitysohjelma, joka tulee näyttöön, kun tietokonetta ei ole käytetty määritettyyn aikaan. Näytönsäästäjä laittaa näytölle liikkuvaa kuvaa tai kuviota tai jättää näytön mustaksi. [16, s. 85.]

Näytönsäästäjällä ei ole enää näyttöä säästävää vaikutusta. Näytönsäästäjien tehtävänä on estää näytöllä paikallaan pysyvien näkymien palaminen kiinni näyttöön. Monimutkaiset näytönsäästäjät jopa nostavat tietokoneen suorittimen tai näytönohjaimen kuormaa ja kasvattavat energiankulutusta. [16, s. 85; 2, s. 32.]

Tietokoneen energiatehokkain näytönsäästäjä on tyhjä, musta ruutu. Nykyään näytönsäästäjiä käytetään enemmän turvallisuus- ja viihdetarkoituksissa. Internetissä on runsaasti erilaisia ilmaisia näytönsäästäjiä. [2, s. 32.]

4 SÄHKÖNSÄÄSTÖN KÄYTÖNAIKAISET TOIMENPITEET

Kuten on jo kerrottu luvussa 3, sähkönsäästökeinoit voidaan ryhmitellä ennakoihin ja käytönaikaisiin toimenpiteisiin. Käytönaikaisilla toimenpiteillä tarkoitetaan jo hankittujen ja asennettujen työasemien sähkönkulutusta vähentäviä keinoja, jotka voidaan soveltaa koneiden käytössä ja hallinnassa. Valmistelun lisäksi sähkönsäästökeinoissa pitäisi ottaa huomioon energian tehokas käyttö ja sen seuranta. Kuvasta 8 voidaan havaita, miten jakautuvat valmistelu, operaatiot ja seuranta. [2, s. 7, 35.]



Kuva 8. Ennakoivat ja käytönaikaiset toimenpiteet [2, s. 7.]

Tässä luvussa käsitellään sähkönsäästön mahdolliset toimenpiteet, jotka voidaan soveltaa valmisteluvaiheen jälkeen. Tähän voi sisältyä työasemien etäkäynnistys ja sammutus, käyttäjien koulutus ja tiedotus sekä kaikkien keinojen seuranta.

4.1 Manuaalinen laitteiden hallinta

Nykyisillä näytöillä toipumisaika virransäästötiloista on hyvin nopea. Sen takia näyttöjä kannattaa sammuttaa aina, kun niitä ei tarvita. Helpoin ja nopein tapa toteuttaa se, on sammuttaa näyttö manuaalisesti eli painamalla virtapainiketta.

On olemassa mielipide, jonka mukaan laitteiden usea sulkeminen lyhentää niiden käyttöikä. Nykyiset näytöt on suunniteltu kestävänsä satoja tuhansia käynnistyskäyntejä. Motivan mukaan näytön jokapäiväinen sammuttaminen voisi vaikuttaa merkittävästi vikaantumistodennäköisyyteen vasta 20 vuoden käytön jälkeen. [2, s. 36.]

4.2 Etäkäynnistys ja sammutus

Etäkäynnistys

Monissa yrityksissä työasemat ovat olleet aina päällä, jotta niihin saadaan hallitusti tarvittavat tietoturva- ja muut päivitykset. WOL (Wake-on-LAN) mahdollistaa koneiden pidon normaalisti sammutettuina ja niiden etäkäynnistyskäynnistyksen tarvittaessa. [19.]

Etäkäynnistystä käyttämällä käyttäjät voivat hyödyntää seuraavissa tilanteissa:

- Ei ole enää ohjelmistoasennuksia työaseman käynnistyessä.
- Kannettavien tietokoneiden käyttäjät voivat itse säätää virransäästötiloja.

- Hyödyntämällä uusia teknologioita voidaan pienentää kustannuksia.
- Vikatilanteissa ei tarvitse aina lähteä paikan päälle. [20, s. 28.]

Loppukäyttäjille tämä teknologia on täysin läpinäkyvä ja parantaa merkittävästi työasemien käytettävyyttä. [20, s. 24.]

Etäsammutus

Useimmissa työasemissa, jotka tukevat etäkäynnistystä, on mahdollisuus myös sammuttaa tai asettaa työasemat lepotilaan keskitetysti esimerkiksi tiettyyn kellonaikaan. [2, s. 39.]

Etäsammutuksen kanssa tulee olla hyvin huolellinen. Jos työasema sammutetaan silloin, kun siinä on keskeneräisiä töitä tai prosesseja, nämä voidaan menettää. [7, s. 19.]

4.3 Yhteiskunnan koulutus ja tiedotus

Energian järkevä käyttö ja sen merkityksen ymmärtäminen on tärkeä taito. Sähkönsäästön ennakoivien toimenpiteiden noudattaminen ei vielä takaa säännöllistä energiansäästöä ilman loppukäyttäjien aktiivista osallistumista. Työasemien käyttäjien kiinnostuminen sähkönsäästöstä vaatii vakavaa motivaatiota.

Motivaatio ei synny itseksensä, vaan se edellyttää motiivien aktiivista käsittelyä. Motiivit voidaan herättää konkreettisilla esimerkeillä. Esimerkiksi yritys tai joku muu julkinen organisaatio voi luoda listan uusista hankinnoista, joita voidaan ostaa säästörahoilla.

Koulutus ja tiedotus ovat tärkeitä välineitä, jotka takaavat onnistumisen energiansäästöissä. Mutta kuitenkin se edellyttää sekä käyttäjien että IT-ammattilaisten yhteistyötä. Kouluttamalla ja opastamalla kaikkia osallistujia energiankäytössä saavutetaan hyvät tulokset heti.

4.4 Säästön noudattamisen seuranta

Seurannan avulla huolehditaan, että sähkönsäästömenetelmiä noudatetaan ja arvioidaan niiden toimivuutta. Tämä on tärkeä vaihe säästösuunnitelmasa. Seurantamalla tehdään havaintoja, joiden avulla voidaan parantaa ja tehostaa saatuja tuloksia. [2, s. 7.]

Jokaisen organisaation kannattaa nimittää yksi henkilö, joka vastaisi sähkönsäästön seurannasta ja tukisi muita käyttäjiä tarpeen mukaan. Näin voidaan helposti tehostaa kaikki edelliset säästökeinot. [2, s. 39.]

5 ENERGIATEHOKKUUDEN TUTKIMUS

Mittauksen tavoitteena oli kartoittaa ammattikorkeakoulun tietoverkkolaboratorion U206 sähkönkulutuksen nykytilanne, mitata energian kokonaiskulutus ja etsiä optimaalisia sähkönsäästömahdollisuuksia. Perusideana oli hyödyntää virransäästötiloja, soveltaa tietokoneiden käyttöprofiilien optimointi ja muut sähkönkulutukseen vaikuttavat keinot. Sähkönsäästö on suunniteltava sillä ehdolla, ettei se vähennä työasemien hyödyllistä käyttöä.

Mittaukset tehtiin muiden töiden häiritsemättä tai kun laboratoriotila oli vapaana. Yhteensä laboratoriossa on 16 kaksinäyttöistä työasemaa, lasertuostin, 40-tuumainen televisio, videoprojektori, serverihuone ja erilaisia Cisco Systems -laitteita, jotka muodostavat tietoliikennejärjestelmän. Sähkölaitteiden optimaalisen lämpötilan pitämisestä vastaa 2 ilmastointia. Laboratoriossa lämpötila on 25 °C.

Hyvään lopputulokseen edellytettiin myös selkeän ja yksinkertaisen ohjeen laadinta. Se toimisi oppaana laitteiden energiatehokkuuden parantamisessa. Tästä ohjeesta olisi hyötyä sekä laboratorion käyttäjille että IT-ammattilaisille.

5.1 Tutkimuksen toteuttaminen

5.1.1 Laitteisto

Mittauksissa käytettiin Metropolia Ammattikorkeakoulun tehomittari Fluke 41 Power Harmonics Analyzer (kuva 9) ja tavallinen jatkojohto. Jatkojohto esivalmistettiin niin, että sen suojakuori osittain kuoritettiin ja siitä paljastui 3 eriväristä ohutta johtoa. Kelta-vihreä johto vastaa suojaamisesta, sininen toimii nollajohtimena ja ruskean kautta tulee virta.



Kuva 9. Tehomittari ja komponentit [21.]

Tehomittarista luettiin pätöteho (W), virta (A) ja jännite (V). Mittaustuloksista käytettiin pääosin sähkönkulutukseen liittyviä tuloksia eli tehoja.

5.1.2 Nykytilanteen kartoittaminen

Yksi helppo tapa tarkistaa tietokoneen virrankulutuksen asetukset on käyttää Windows 7:n ominaisuutta. Se tapahtuu antamalla komentokehoteessa komento **powercfg /energy**. Komento tekee tarkastuksen tietokoneen virrankäytölle ja luo siitä raporttiedoston samaan hakemistoon, jossa komento annettiin.

Kuvasta 10 nähdään, että ennen toimenpiteitä laboratorion koneessa on 12 virhettä, 8 varoitusta ja 12 informaatiota.

```

Administrator: Command Prompt
Microsoft Windows [Version 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Cisco>powercfg /energy
Enabling tracing for 60 seconds...
Observing system behavior...
Analyzing trace data...
Analysis complete.

Energy efficiency problems were found.
12 Errors
8 Warnings
12 Informational

See C:\Users\Cisco\energy-report.html for more details.

C:\Users\Cisco>_

```

Kuva 10. Laboratorion koneen virrankulutuksen tarkistus

Se, mitä pitää tehdä virheiden ja varoitusten välttämiseksi, kerrotaan luvussa 5.2.

Selvitettiin myös, että laboratoriossa ei koskaan aikaisemmin suoritettu sähkökulutuksen mittaustyötä.

5.1.3 Mittaustyö

Mittauksiin ryhdyttiin työasemista, joita on laboratoriossa 16 kappaletta. Joka työasema koostuu keskusyksiköstä, hiiristä, näppäimistöstä ja kahdesta näytöstä. Jokaiseen työasemaan on asennettu Windows 7 -käyttöjärjestelmä. Tehomittarin avulla saatiin seuraavat tulokset:

Laite	Merkki ja malli	Tila				
Keskusyksikkö	HP Compaq dc5800	off	on	on	on	on
Näyttö	HP L1950	off	off	on	on	on
Näyttö	ViewSonic VG700b	off	off	off	on	on
Ohjelma	Microsoft Word 2010	off	off	off	off	on
WWW-selain	Internet Explorer 8.0	off	off	off	off	on
Teho (W)		2	57	87	116	120
Jännite (V)		228	228	228	228	229
Virta (A)		0,10	0,33	0,48	0,67	0,70

Kuva 11. Työasemien sähkökulutukset normaalikäytössä

Kuvan 11 mukaan voidaan havaita, että mitä enemmän työasema on kuormitettu, sitä enemmän se kuluttaa sähköä. Käynnistetyt ohjelmat ja www-selain eivät kuitenkaan merkittävästi vaikuta tietokoneen virrankulutukseen.

Kokeiltiin testiohjelman ja grafiikkatestin avulla kuormittaa 100 %:lla työaseman molempia prosessoreita. Testiohjelmana käytettiin GNS3 verkon simulaattoria ja grafiikkatestinä oli 3DMark Vantage. Testiohjelman käytön aikana työaseman sähkökulutukseksi mitattiin 160 W (120 W normaalikäytössä). Testiohjelman ja grafiikkatestin yhtäaikainen käyttö on nostanut työaseman sähkökulutusta 170 W:ksi.

Kuvassa 12 on havainnollistettu mittaustyön komponenttien kytkentää. Mittauskohteina tässä ovat keskusyksikkö ja 2 näyttöä.



Kuva 12. Sähkönkulutuksen mittauksen prosessi

Sen jälkeen kokeiltiin työasemien erilaiset virransäästötilat. Työasemien mahdolliset virransäästötilat ovat lepotila, horrostila ja yhdistelmälepotila. Kuvassa 13 on esitetty mittaustulokset, joista huomataan, että pienin sähkökulutus on horrostilassa.

Laite	Merkki ja malli	Lepotila	Horrostila	Yhdistelmälepotila
Keskusyksikkö	HP Compaq dc5800			
Näyttö	HP L1950			
Näyttö	ViewSonic VG700b	Yhteensä	Yhteensä	Yhteensä
Teho (W)		4	2	4
Jännite (V)		229	231	231
Virta (A)		0,1	0,11	0,12

Kuva 13. Työasemien sähkökulutukset eri virransäästötiloissa

Laboratoriossa on myös lasertulostin, videoprojektori ja 40-tuumainen televisio. Tarkoituksena oli mitata laitteiden sähkökulutukset normaalikäytössä ja valmiustilassa sekä lisäksi tulostimen sähkökulutus tulostaessa.

Laite	Merkki ja malli	Käynnistetty	Valmiustila	Tulostaessa
Televisio	diVision DV3	250 W	1 W	-
Videoprojektori	ViewSonic	240 W	3 W	-
Tulostin	HP LaserJet 4050N	19 W	17 W	500 W

Kuva 14. Elektronisien laitteiden sähkökulutukset

Tuloksista (kuva 14) nähdään, että tulostaessa tulostin kuluttaa huomattavasti enemmän sähköä normaaliin tilaan verrattuna. Havaitaan, että tulosti-

men valmiustila on melko tehoton. Ensiksi valmiustila astuu voimaan aikaisintaan 15 minuutin kuluttua ja toiseksi valmiustilassa tulostin säästää sähköä naurettavan vähän. Televisio ja videoprojektori kuluttavat melko paljon sähköä, mutta onneksi niitä käytetään melko harvoin.

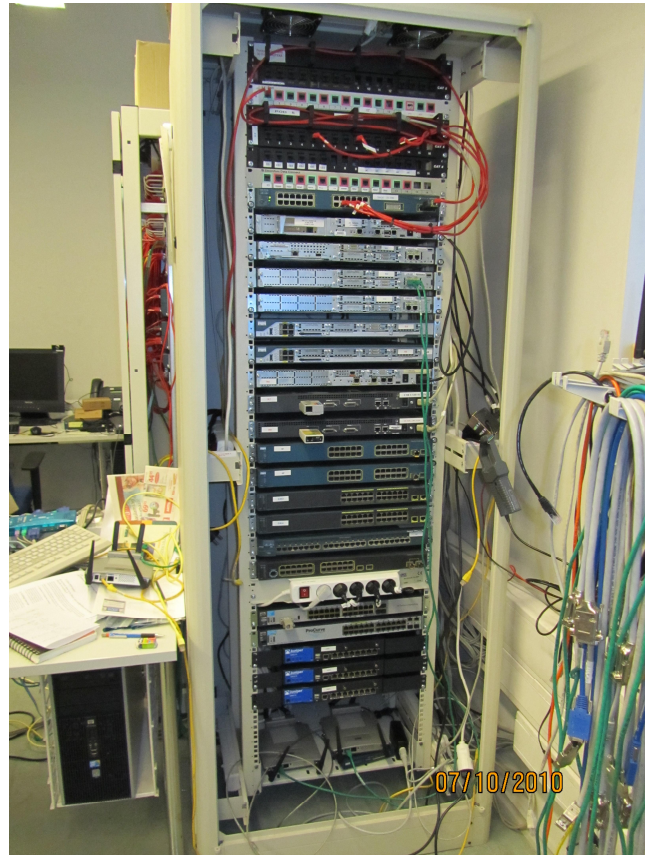
Metropolia Ammattikorkeakoululla oli tavoitteena myös selvittää eri Cisco Systemsin yksittäisten laitteiden (muun muassa reitittimien, palomuurien, kytkemien) sähkönkulutukset. Yhden Cisco-kaapin sähkön kokonaiskulutus on 720 W. Yksittäisten laitteiden sähkönkulutukset on esitetty kuvassa 15.

Laite	Teho (W)
Cisco Systems Catalyst 3500 series XL	50
Cisco Systems Cisco 2811 (R1)	53
Cisco Systems PIX-515E	32
Cisco Systems Cisco 2811 (R3)	34
Cisco Systems Cisco 2800 (R4)	29
Cisco Systems Cisco 2621XM (R6)	15
Cisco 2501 (R7)	23
Cisco Systems Catalyst 3560 series PoE-24 (sw1)	38
Cisco Systems Catalyst 2960 (sw3)	16
Cisco Systems Catalyst 2900 series XL (sw5)	40
Cisco Systems Catalyst 3750 Metro	62
HP ProCurve 3500-24	62
HP ProCurve Switch 2610-24	40
Juniper Networks SRX210 (Jun #1)	14
Juniper EX 4200 series 8PoE	116
OmniPCX	39
SmartAX MA5616	33

Kuva 15. Cisco Systems -laitteiden sähkönkulutukset

Katsotaan esimerkiksi Cisco Systems Catalyst 3560 series PoE-24 ja HP ProCurve 3500-24. Laitteita ovat eri valmistajien ominaisuuksiltaan melko samantasoisia. Molemmissa on L3 reititys, 24 porttia, jotka ovat 10/100 PoE sekä 2 kpl 1 GB porttia. Sähkönkulutuksen kannalta Catalyst 3560 on taloudellisempi, sen käyttämä teho on 38 W, kun taas HP ProCurve 3500:n teho on 62 W.

Suluissa käytetyt symbolit ovat tarkoitettu tietoverkko-laboratorion tarpeisiin. Lyhenteet yksinkertaistavat laitteiden hallintaa ja valvontaa. Kuvassa 16 on havainnollistettu Cisco Systems -laitteita, jotka muodostavat tietoliikennejärjestelmän.



Kuva 16. Cisco Systems -laitteita

Lisäksi mitattiin serverihuoneen yksittäisten laitteiden sähkönkulutukset. Kuvasta 17 voidaan havaita, että eniten sähköä kuluttavat HP ProLiant DL380 -palvelin ja Cisco 7604 -reititin.

Laite	Teho (W)
Dell PowerEdge 850	108
Dell PowerEdge 850 (Xanadu-Kyle)	101
Cisco Systems Cisco 2621 (XANADU)	17
Cisco 2501 (SOUTHPARK)	23
Cisco 2501 (SPRINGFIELD)	22
Cisco 2514 (SIMPSON)	26
HP ProCurve switch 2626 (Garrison)	25
Cisco 2950 (HOME)	21
HP ProCurve switch 2626 (Mr. Hankey)	25
AT-RMON Ethernet Rmon Probe	13
Cisco Systems Catalyst 2950	21
HP ProLiant DL380	280
Dell PowerEdge 2650	122
Cisco Systems Cisco 2821 (R1)	37
Juniper Networks J4350	74
Cisco Systems Cisco 7604	220

Kuva 17. Serverihuoneen sähkönkulutukset

Kuvassa 18 on havainnollistettu verkkokytkimien sähkönkulutukset normaaliikäytössä.

Laite	Teho (W)
HP ProCurve Switch 5406zl	220
HP ProCurve Switch 5304xl	54
HP ProCurve Switch 3500yl-24G	81
HP ProCurve Switch 2610-24/12PWR	42

Kuva 18. Verkkokytkimien sähkönkulutukset

Tietoverkko-laboratorion sähkön kokonaiskulutus

Mittaukset jatkettiin mittaamalla kiinteistön sähkökeskusten sulakkeiden avulla tietoverkko-laboratorion sähkön kokonaiskulutusta. Selvitettiin mitkä pistorasiat ovat minkä sulakkeiden takana ja mitattiin tehonkulutukset suoraan sulakkeista. Mittauksien aikana kävi ilmi, että sulakkeiden ja pistorasioiden tiedotelaput olivat sekaisin. Joissakin lapuissa viittaukset olivat jopa täysin väärältä huoneelta. Työn toteuttamiseksi otettiin kaikki sulakkeet irti ja laitettiin vuorotellen takaisin, jonka kautta selvitettiin, kumpi sulake kuuluu mihinkin pistorasiaan. Lopuksi merkattiin kaikki sulakkeet ja pistorasiat oikeilla tarroilla (kuva 19). Sen jälkeen mittaukset menivät sujuvammin. Mittauksien perusteella selvitettiin, että tietoverkko-laboratorion U206 sähkönkulutuksen maksimi käyttämä teho on 11,38 kW.



Kuva 19. Pistorasioista vastaavat sähkökeskusten ja sulakkeiden numerot

Kuvassa 20 on havainnollistettu tietoverkko-laboratorion U206 ja serverihuoneen sähkön kokonaiskulutus. Mittauskohteina oli 2 sähkökeskusta JK/21 ja JK/22.

Sulakkeen numero	Tarkoitus	Teho (W)
1	valaistus	790
30	pistorasiat	2900
31	pistorasiat	2400
33	pistorasiat	500
34	pistorasiat	2800
37	serverihuoneen pistorasiat	1050
38	serverihuoneen pistorasiat	550
54	ilmastointi	210
55	ilmastointi	180
		11380

Kuva 20. Tietoverkko-laboratorion sähkön kokonaiskulutus

Sulakkeen 30 takana on liikaa laitteita, vaikka 16 A sulakkeen nimellinen maksimiteho 3680 W ei jatkuvassa tilassa ylitä. Jos kaikki laitteet käynnistetään kerrallaan (esimerkiksi sähkökatkon jälkeen) on käynnistysvirtapiikki niin suuri, että se polttaa sulakkeen. Tämän takia laitteiden sähkönsyöttöä ryhmiteltiin hieman tasaisemmaksi.

Tutkimuksen perusteella luotiin tietoverkko-laboratorion ja serverihuoneen sähköpiirustukset, jotka ovat insinööriyön liitteenä 2 ja 3. Sähköpiirustuksissa on havainnollistettu pistorasiat ja niistä vastaavat sähkökeskusten ja sulakkeiden numerot.

Seuraavissa kappaleissa käsitellään mittaustyössä esiintyviä ongelmia ja ehdotuksia laboratoriolaitteiden energiatehokkuuden parantamiseksi.

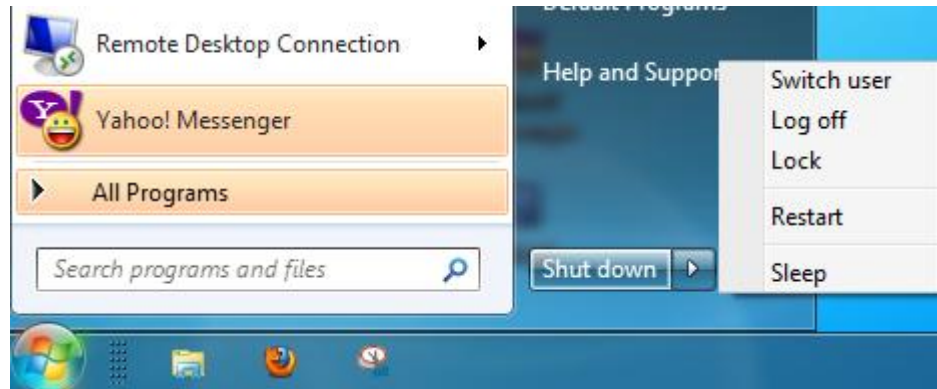
5.1.4 Esiintyviä ongelmia

Mittausten aikana tavoitteena oli mitata työasemien sähkönkulutukset erilaisissa virransäästötiloissa muun muassa lepotilassa, horrostilassa ja yhdistelmälepotilassa.

Windowsin ohjeiden mukaan tietokoneen asettaminen horrostilaan on melko helppo. Asettaminen onnistuu ensin **Käynnistä**-painiketta napsauttamalla ja

sitten napsauttamalla **Lukitse**-painikkeen vieressä olevaa nuolta ja valitsemalla sitten Horrostila.

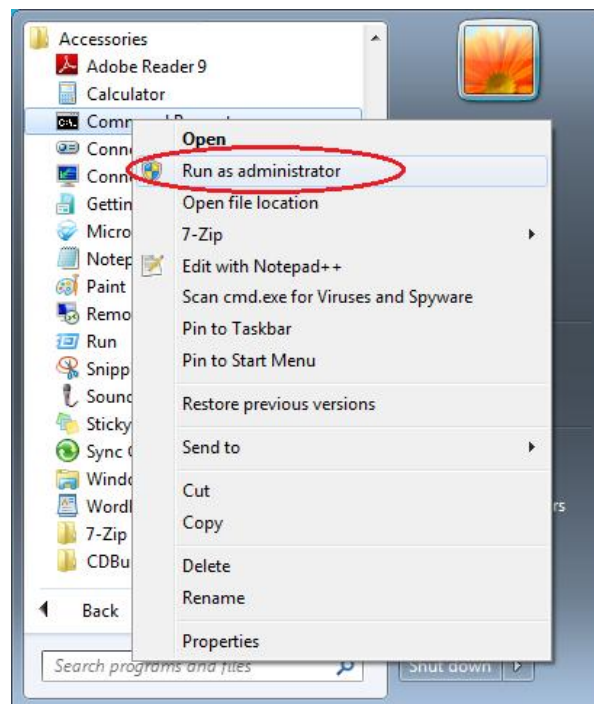
Ongelmana oli, että laboratorion tietokoneissa **Horrostila**-valinta puuttui kokonaan (kuva 21).



Kuva 21. Shut down -valikko

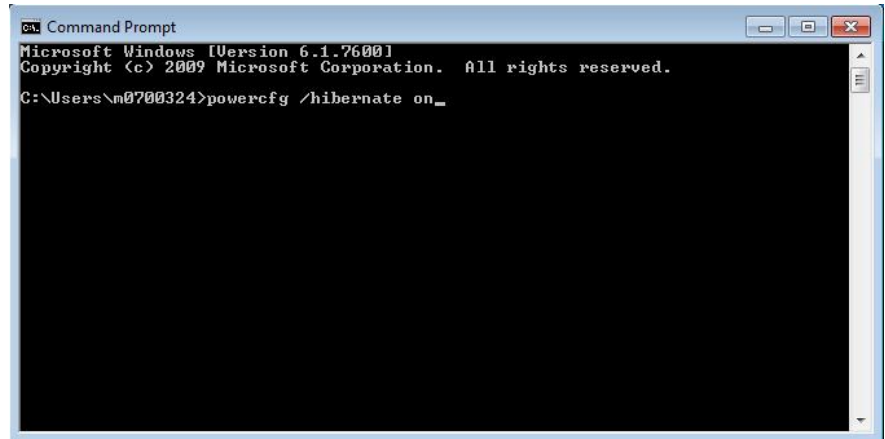
Internet-lähteistä selvitettiin, että tietokoneen asettaminen horrostilaan tapahtuu näin:

1. Avataan komentoikkuna (Command Prompt) järjestelmävalvojana (kuva 22).



Kuva 22. Komentoikkunan käynnistäminen järjestelmävalvojana

2. Syötetään komentoikkunaan **powercfg /hibernate on** -komento ja painetaan **Enter** (kuva 23).



Kuva 23. Horrostila-toiminnon aktivointi

3. Syötetään **exit** ja suljetaan komentoikkuna.
4. Mennään **Power Optionsiin** ja muutetaan: Sleep -> Allow hybrid sleep: **Off** ja myös Hibernate after: **1 min**.

Seurattiin ohjeita, minkä jälkeen **Käynnistä**-valikosta ilmestyi **Horrostila**-valikko.

5.2 Ehdotuksia energiatehokkuuden parantamiseksi

Työasemien käyttöprofiilien optimointi

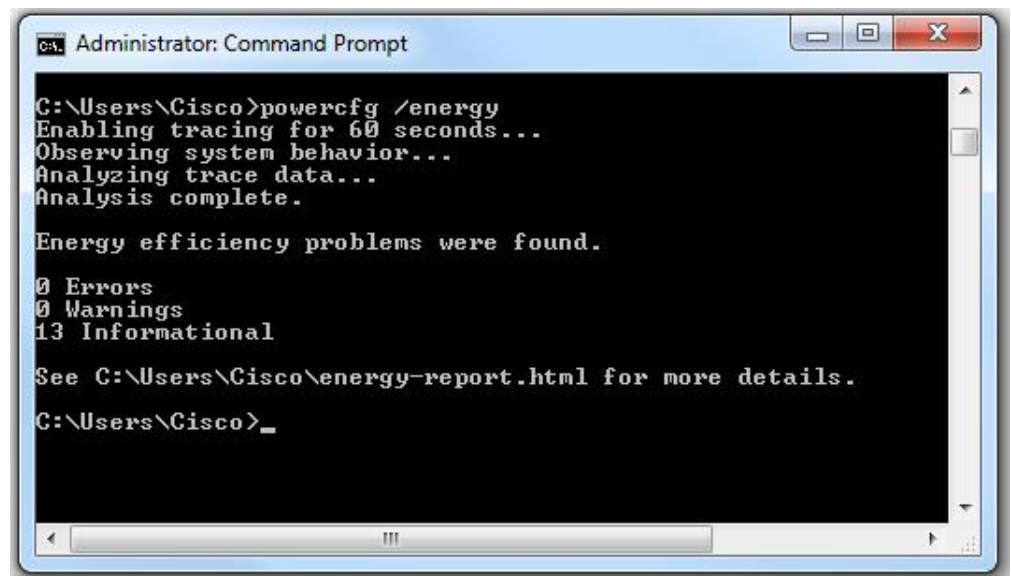
Kuten oli mainittu luvussa 5.1.2 laboratorion tietokoneiden virrankäytössä ennen toimenpiteitä, oli havaittu 12 virhettä ja 8 varoitusta.

Virheiden välttämiseksi virrankäytössä sovellettiin virrankäyttösuunnitelmaa. Kolmesta virrankäyttösuunnitelmasta valittiin Virransäästö-suunnitelma (Power saver). Sitten muutettiin seuraavat asetukset:

- Klikataan Change advanced power settings ("Muuta virrankäytön lisäasetuksia") -linkkiä.
- Kiintolevyjen sammuttamisasetus tehdään Hard disk -linkin alta. Asetetaan kiintolevyjen sammuttamista 10 minuutin kuluttua, kun työasemaa ei enää käytetä.
- Langattoman sovittimen asetukseksi asetetaan suurin virransäästö: Wireless Adapter Settings -> Power Saving Mode: Maximum Power Saving.

- Lepotilan kannattaa asettaa päälle valitsemalla Sleep after -valinnalle arvo 10 minuuttia. Horrostilan kannattaa asettaa päälle valitsemalla Hibernate after -valinnalle arvo 20 minuuttia.
- Työasemaan kytketyt USB-ohjelaitteet otetaan virransäästöön mukaan ottamalla käyttöön (Enable) USB selective suspend settings (USB laitteiden valikoiva keskeytystila).
- Työaseman väylän asetukseksi asetetaan suurin virransäästö: PCI Express -> Link State Power Management: Maximum power saving.
- Prosessori kuormaa säädetään seuraavalla tavalla: Processor power management -> Minimum processor state: 5 %; Maximum processor state: 95 %.
- Näytön sammuttamisasetus tehdään Display-linkin alta. Asetetaan näytön sammuttamista 10 minuutin kuluttua.

Toimenpiteiden jälkeen saatiin virheetön ja varoitukseton työaseman virrankäyttö (kuva 24).



```

Administrator: Command Prompt

C:\Users\Cisco>powercfg /energy
Enabling tracing for 60 seconds...
Observing system behavior...
Analyzing trace data...
Analysis complete.

Energy efficiency problems were found.

0 Errors
0 Warnings
13 Informational

See C:\Users\Cisco\energy-report.html for more details.

C:\Users\Cisco>_

```

Kuva 24. Työaseman virrankäyttö

Horrostila- ja Lepotila-toiminnot käyttöön

Mittauksissa selvitettiin, että toipumisaika lepotilasta kestää keskimäärin 4 sekuntia ja toipumisaika horrostilasta noin 27 sekuntia.

Tästä voidaan tehdä päätös, että kiireisessä työskentelyssä kannattaa ottaa käyttöön lepotila ja muissa tapauksissa horrostila.

Manuaalinen vai automaattinen näytön sammuttaminen

Selvitettiin, että virrankulutuksen kannalta manuaalinen ja automaattinen näytön sammuttaminen ei poikkea toisistaan. Nopein tapa laskea näytön turha virrankulutus on käyttää kuitenkin manuaalista sammuttamista.

Työasemien virtajohdot irti seinästä

Sähköinen laite kuluttaa jonkin verran sähköä jopa pois-päältä -tilassa. Laskelmat-luvussa lasketaan, paljonko voidaan säästää ottamalla virtajohto irti seinästä työpäivän jälkeen vuoden ajan. Se on rutiinityö, mutta esimerkiksi viikonloppuisin tai lomilla sähköt voisi katkaista.

Tietoliikennelaitteita

Cisco-kaappien kytkimet on ryhmitelty ryhmiin siten, että saadaan vain osa laitteista päälle (reitittimet, kytkimet, Juniper-palomuuri ja HP-laitteita), kuten voidaan havaita kuvassa 16. Joissakin laitteissa ei ole erillisiä virtakytkimiä tai ne ovat asennettu siten, ettei niihin pääse helposti käsiksi.

Voidaan korvata tietoverkko-laboratorion kaapeissa olevat kaikki kytkimet yhdellä isolla kytkimellä serverikaapissa. Ajatuksena on laittaa esimerkiksi Juniper 4200EX -sarjan 48 portin 10/100/1000 -kytkin sinne ja ottaa kaappien viisi 2950T-sarjan kytkintä pois. Tällöin saadaan koneiden liitäntä samalla nostettua 100Mbit/s:sta 1Gbit/s:ksi. [19.]

6 LASKELMAT

Tässä insinööriyössä laskelmien tavoitteena on soveltaa saadut mittaustulokset käytäntöön. Työssä lasketaan vain pöytätietokoneiden ja kannettavien tietokoneiden sähkökustannukset ja mahdolliset säästöt. Muita oheislaitteita ovat muun muassa tulostin, televisio ja videoprojektori, joita ei oteta huomioon, koska niitä käytetään vähän.

Sähkön kokonaishinta muodostuu sähkön myynnistä, sähkön siirrosta ja veroista. Vuonna 2010 Suomen keskimääräinen sähkön hinta on 12 snt/kWh. Kilowattitunti (kWh) on käytetyn energian mitta. Laitteen käyttämän sähkön kokonaishinta lasketaan kertomalla laitteen teho (kW) käyttöajalla (h). [10.]

Pöytätietokoneiden vuosittaiset sähkökustannukset

Lähtötilaksi oletetaan, että kaikki työasemat ovat päällä 24 tuntia vuorokaudessa, 7 päivää viikossa ja 365 päivää vuodessa ilman virransäästöä. Windows 7:ssä on oletuksena blank screen näytönsäästäjä, mutta mittauksien perusteella selvitettiin, että näytönsäästäjä ei säästä sähköä. Mittausten avulla selvitettiin, että keskusyksikön ja kahden näytön sähkön kokonaiskulutus normaalikäytössä on 120 W. Lasketaan yhden työaseman vuosittainen sähkönkulutus.

Yhden työaseman (teho 120 W) sähkönkulutus normaalikäytössä vuodessa on:

$(24 \times 365) \text{ h}$ on 8760 h.

$8760 \text{ h} \times 120 \text{ W}$ on **1051,2 kWh**.

Laboratoriossa on yhteensä 16 työasemaa:

$16 \text{ kpl} \times 1051,2 \text{ kWh}$ on **16819,2 kWh**.

Kustannukset euroina ovat:

$0,12 \text{ €} \times 16819,2 \text{ kWh}$ on **2018,3 €**

Pöytätietokoneiden arvioidut vuosittaiset kustannukset käyttäen sähkönsäästömahdollisuuksia

1) Katsotaan pöytätietokoneiden sähkönsäästömahdollisuuksia. Oletetaan, että työpäivän aikana 80 % pöytätietokoneista on päällä ja 20 % pois päältä. Oletetaan, että pöytätietokone on käytössä 8 tuntia päivässä, 5 päivää viikossa ja 9 kuukautta vuodessa. Muina aikoina eli pois-päältä -tilassa pöytätietokone kuluttaa 2 W.

Yhden työaseman (teho 120 W) sähkönkulutus normaalikäytössä kahdeksan tunnin aikana on: $0,12 \text{ kW} \times 8 \text{ h}$ on 0,96 kWh.

Vuodessa (180 vrk/v): $0,96 \text{ kWh} \times 180 \text{ vrk}$ on **172,8 kWh**.

Yhden työaseman (teho 2 W) sähkönkulutus pois-päältä tilassa kuusitoista tunnin aikana on: $0,002 \text{ kW} \times 16 \text{ h}$ on 0,032 kWh.

Vuodessa (180 vrk/v): $0,032 \text{ kWh} \times 180 \text{ vrk}$ on **5,76 kWh**.

Yhden työaseman (teho 2 W) sähkönkulutus pois-päältä tilassa kaksikymmentäneljä tunnin aikana on: $0,002 \text{ kW} \times 24 \text{ h}$ on 0,048 kWh.

Vuodessa (185 vrk/v): $0,048 \text{ kWh} \times 185 \text{ vrk}$ on **8,88 kWh**.

Lasketaan työaseman vuosittaiset sähkönkulutukset yhteensä:

$172,8 \text{ kWh} + 5,76 \text{ kWh} + 8,88 \text{ kWh}$ on **187,44 kWh**.

Laboratoriossa on yhteensä 16 työasemaa (otetaan niistä vain 80 %):

$13 \text{ kpl} \times 187,44 \text{ kWh}$ on **2436,72 kWh**.

Kustannukset euroina ovat:

$0,12 \text{ €} \times 2436,72 \text{ kWh}$ on **292 €**

Lasketaan sähkösäästön prosenttiosuus tilanteessa, kun työpäivän aikana vain 80 % koneista on päällä.

$2436,72 \text{ kWh} / 16819,2 \text{ kWh} \times 100$ on 14,5 %

$100 \% - 14,5 \%$ on 85,5 %.

Laskelmien avulla voidaan havaita, että käyttämällä tietokonetta vain tarpeen mukaan vuoden aikana voisi säästää sähköä 85,5 prosenttia.

2) Katsotaan pöytätietokoneen toinen sähkösäästömahdollisuus. Oletetaan, että 8 tunnin aikana vähintään 1 tunti pöytätietokone on lepotilassa. Mittauksien avulla selvitettiin, että lepotilassa pöytätietokone kuluttaa 4 W.

Yhden työaseman sähkönkulutus normaalikäytössä kahdeksan tunnin aikana on: $0,12 \text{ kW} \times 7 \text{ h} + 0,004 \text{ kW} \times 1 \text{ h}$ on 0,844 kWh.

Vuodessa (180 vrk/v): $0,844 \text{ kWh} \times 180 \text{ vrk}$ on **151,9 kWh**.

Yhden työaseman (teho 2 W) sähkönkulutus pois-päältä -tilassa kuudentoista tunnin aikana on: $0,002 \text{ kW} \times 16 \text{ h}$ on 0,032 kWh.

Vuodessa (180 vrk/v): $0,032 \text{ kWh} \times 180 \text{ vrk}$ on **5,76 kWh**.

Yhden työaseman (teho 2 W) sähkönkulutus pois-päältä -tilassa kahdenkymmenen neljän tunnin aikana on: $0,002 \text{ kW} \times 24 \text{ h}$ on $0,048 \text{ kWh}$.

Vuodessa (185 vrk/v): $0,048 \text{ kWh} \times 185 \text{ vrk}$ on **8,88 kWh**.

Lasketaan työaseman vuosittaiset sähkönkulutukset yhteensä:

$151,9 \text{ kWh} + 5,76 \text{ kWh} + 8,88 \text{ kWh}$ on **166,54 kWh**.

Laboratoriossa on yhteensä 16 työasemaa:

$16 \text{ kpl} \times 166,54 \text{ kWh}$ on **2664,64 kWh**.

Kustannukset euroina ovat:

$0,12 \text{ €} \times 2664,64 \text{ kWh}$ on **319 €**

Lasketaan sähkösäästön prosenttiosuus tilanteessa, kun 8 tunnin aikana vähintään 1 pöytätietokone on yhden tunnin lepotilassa.

$2664,64 \text{ kWh} / 16819,2 \text{ kWh} \times 100$ on $15,8 \%$

100% - $15,8 \%$ on $84,2 \%$.

Laskelmien avulla voidaan havaita, että käyttämällä tietokonetta vain tarpeen mukaan ja käyttämällä lepotila vähintään 1 tunti päivässä vuoden aikana voisi säästää sähköä noin 84 prosenttia.

3) Katsotaan yhdistelmäsäästömahdollisuus eli kun työpäivän aikana 80 % pöytätietokoneista on päällä ja 20 % pois päältä ja 8 tunnin aikana vähintään 1 tunti pöytätietokone on lepotilassa.

Yhden työaseman sähkönkulutus normaalikäytössä kahdeksan tunnin aikana on: $0,12 \text{ kW} \times 7 \text{ h} + 0,004 \text{ kW} \times 1 \text{ h}$ on $0,844 \text{ kWh}$.

Vuodessa (180 vrk/v): $0,844 \text{ kWh} \times 180 \text{ vrk}$ on **151,9 kWh**.

Yhden työaseman (teho 2 W) sähkönkulutus pois-päältä -tilassa kuudentoista tunnin aikana on: $0,002 \text{ kW} \times 16 \text{ h}$ on $0,032 \text{ kWh}$.

Vuodessa (180 vrk/v): $0,032 \text{ kWh} \times 180 \text{ vrk}$ on **5,76 kWh**.

Yhden työaseman (teho 2 W) sähkönkulutus pois-päältä -tilassa kahdenkymmenen neljän tunnin aikana on: $0,002 \text{ kW} \times 24 \text{ h}$ on $0,048 \text{ kWh}$.

Vuodessa (185 vrk/v): $0,048 \text{ kWh} \times 185 \text{ vrk}$ on **8,88 kWh**.

Lasketaan työaseman vuosittaiset sähkönkulutukset yhteensä:

$151,9 \text{ kWh} + 5,76 \text{ kWh} + 8,88 \text{ kWh}$ on **166,54 kWh**.

Laboratoriossa on yhteensä 16 työasemaa (otetaan niistä vain 80 %):

$13 \text{ kpl} \times 166,54 \text{ kWh}$ on **2165,02 kWh**.

Kustannukset euroina ovat:

$0,12 \text{ €} \times 2165,02 \text{ kWh}$ on **260 €**

Lasketaan sähkönsäästön prosenttiosuus tilanteessa, kun työpäivän aikana 80 % pöytätietokoneista on päällä ja 20 % pois päältä ja 8 tunnin aikana vähintään 1 tunti pöytätietokone on lepotilassa.

$2165,02 \text{ kWh} / 16819,2 \text{ kWh} \times 100$ on $12,9 \%$

$100 \% - 12,9 \%$ on $87,1 \%$.

Laskelmien avulla voidaan havaita, että käyttämällä yhdistelmä säästötila vuoden aikana voisi säästää sähköä noin 87 prosenttia.

Kannettavien tietokoneiden vuosittaiset sähkökustannukset

Lopuksi katsotaan kannettavien tietokoneiden kannattavuus energian säästön kannalta. Lasketaan 16 pöytätietokoneen sijaan 16 kannettavaa tietokonetta. Kannettavan tietokoneen sähkönkulutus lasketaan pöytätietokoneen mallin mukaan.

Teorian mukaan normaalikäytössä kannettava tietokone kuluttaa 30 W, kun taas pois-päältä -tilassa se kuluttaa 1 W. Lasketaan yhden kannettavan tietokoneen vuosittainen sähkönkulutus.

Yhden kannettavan tietokoneen (teho 30 W) sähkönkulutus normaalikäytössä kahdeksan tunnin aikana on: $0,03 \text{ kW} \times 8 \text{ h}$ on $0,24 \text{ kWh}$.

Vuodessa (180 vrk/v): $0,24 \text{ kWh} \times 180 \text{ vrk}$ on **43,2 kWh**.

Yhden kannettavan tietokoneen (teho 1 W) sähkönkulutus pois-päältä -tilassa kuusitoista tunnin aikana on: $0,001 \text{ kW} \times 16 \text{ h}$ on **0,016 kWh**.

Vuodessa (180 vrk/v): $0,016 \text{ kWh} \times 180 \text{ vrk}$ on **2,88 kWh**.

Yhden kannettavan tietokoneen (teho 1 W) sähkönkulutus pois-päältä -tilassa kahdenkymmenen neljän tunnin aikana on: $0,001 \text{ kW} \times 24 \text{ h}$ on **0,024 kWh**.

Vuodessa (185 vrk/v): $0,024 \text{ kWh} \times 185 \text{ vrk}$ on **4,44 kWh**.

Lasketaan kannettavan tietokoneen vuosittaiset sähkönkulutukset yhteensä:

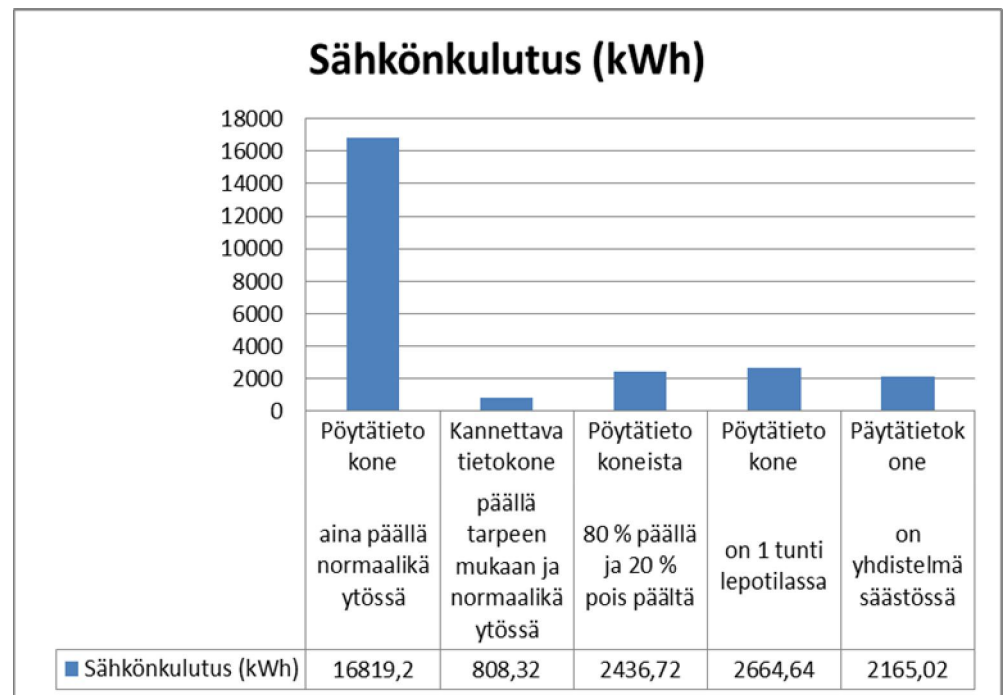
$43,2 \text{ kWh} + 2,88 \text{ kWh} + 4,44 \text{ kWh}$ on **50,52 kWh**.

Oletetaan, että laboratoriossa on 16 kannettavaa tietokonetta:

$16 \text{ kpl} \times 50,52 \text{ kWh}$ on **808,32 kWh**.

Kustannukset euroina ovat

$0,12 \text{ €} \times 808,32 \text{ kWh}$ on **97 €**



Kuva 25. Työasemien sähkönkulutukset normaalikäytössä ja käyttäen sähkönsäästömahdollisuuksia

Kuvassa 25 on havainnollistettu sähkönkulutuksen käyttämä teho. Käynnistetyn ympäri vuoden pöytätietokoneen käyttämä teho on korkea. Kannettava tietokone kuluttaa ehdottomasti vähiten sähköä.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Sähköenergian säästäminen on helppo aloittaa heti ja siihen pystyy meistä jokainen. Riittää kun vain sammuttaa valot poistuessaan huoneesta tai sammuttaa tietokoneen, jos sitä ei enää tarvitse. On mahdollista, että monet meistä eivät ole sitä edes ajatelleet tai ovat varmoja, että yksittäinen tapaus ei vaikuta mihinkään. Olen varma, että jos jokainen ihminen yrittää säästää energiaa edes vähän, maailmanlaajuisesti sen huomaa.

Tämä insinööriyö tehtiin Metropolia Ammattikorkeakoululle. Insinööriyön tavoitteena oli tarkistaa tietoverkko-laboratorion nykytilannetta sähkönkulutuksen kannalta, mitata laboratorion sähkön kokonaiskulutus ja esittää optimaalaisia menetelmiä laboratorion laitteiden energiatehokkuuden parantamiseksi.

Sähkön kokonaiskulutuksen mittaustyön aikana törmäsimme muutamiin ongelmiin siitä, miten sähkönkulutus sähkökeskuksessa mitataan. Ensiksi, yhden sulakkeen takana olevien laitteiden samanaikainen käynnistäminen aiheutti useaan kertaan sulakkeen palamisen. Toiseksi, sähkökeskuksen sulakkeiden nimilaput olivat sekaisin, mikä teki mittaamisesta työlästä. Kolmanneksi, tietoverkko-laboratoriossa 8-21 välillä oli käyttäjiä, joiden työtä ei voinut katkaista sähkökatkoilla.

Insinööriyössä kävi ilmi, että sähkönsäästö on helppo aloittaa yksinkertaisista toimenpiteistä. Pöytätietokoneet kannattaa pyrkiä sammuttamaan yön, viikonloppujen ja lomien ajaksi. Kuvaputkinäytöt kannattaa vaihtaa litteisiin näyttöihin. Vielä parempi on siirtyä kannettaviin tietokoneisiin, jotka ovat akukeston vuoksi valmiiksi erittäin vähävirtaisia. Turhat tietokoneen lisälaitteet kannattaa sammuttaa. Toimenpiteitä ovat helppoja, mutta todella tehokkaita.

Insinööriyön tekemisen aikana opittiin paljon uutta. Ennen sitä ei ajateltu vakavasti sähköenergian säästämisen tärkeyttä, ja kodissa tietokone oli päällä ympäri vuorokauden. Teorian analysoinnin ja sähkönkulutuksen laskelmien jälkeen alettiin suhtautua kuluttamaan energiaan toisin. Ei ole vaikeaa sammuttaa valoja, vaihtaa tavallinen lamppu energiansäästölamppuun

tai sammuttaa näyttö, mutta siitä hyötyvät paljon sekä ympäristö että oma kukkaro.

Toivottavasti tutkimuksen mittaustuloksia pystytään hyödyntämään tulevaisuudessa energiatehokkuuden kehittämisessä. Tutkimuksen voisi jatkaa ohjelmistotekniikan puolelta. Skriptien tai sähkönsäästön tietokoneohjelmien kirjoittaminen voisi hyödyntää laboratorion laitteiden virranhallinnassa.

Insinööriyön lopputuloksena on tietoverkko-laboratorion energiasäästämissen ohje. Sitä voivat käyttää sekä IT-ammattilaiset että tavalliset käyttäjät. Ohjeen laatiminen pohjautui laboratorion laitteisiin, sen käyttötarkoitukseen, käyttötunteihin ja itse käyttäjiin. Ohje on insinööriyön liitteenä 1.

VIITELUETTELO

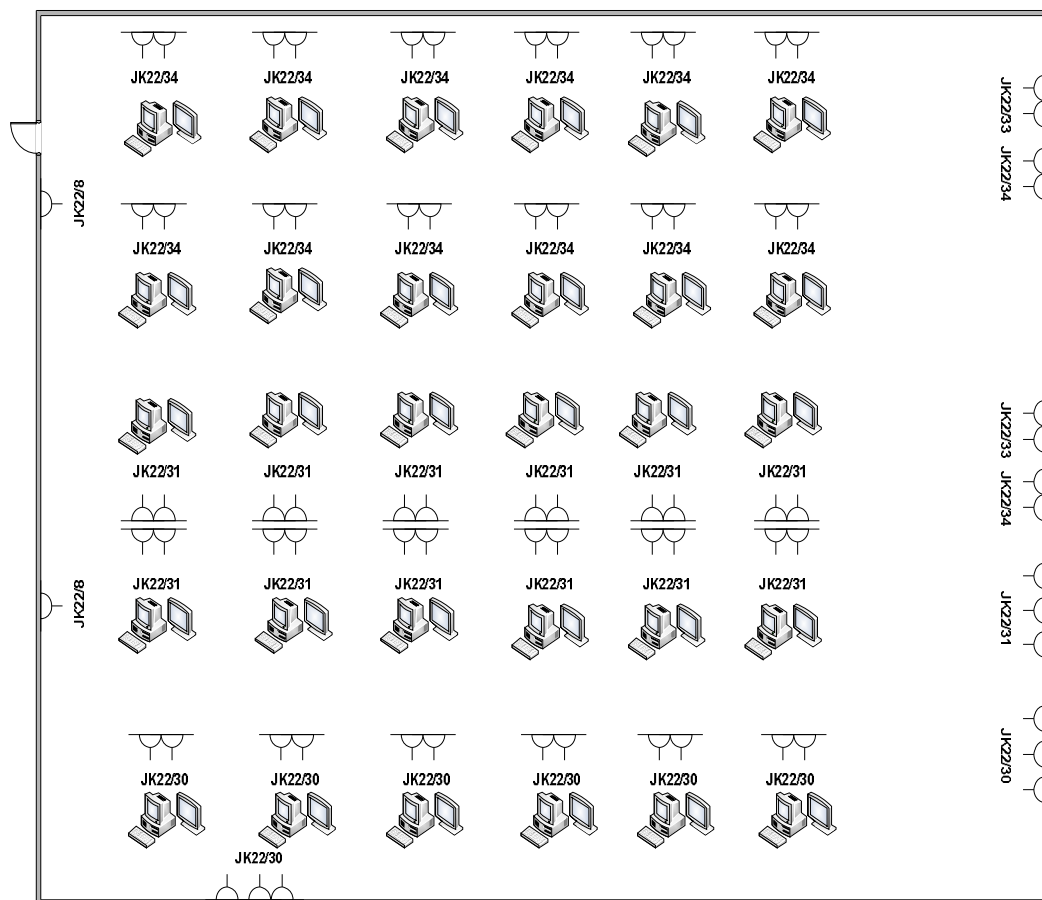
- [1] Tanner-Faarinen, Merja. Energiavuosi 2009. Verkkodokumentti. <<http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/ajankohtaista/lehdist%C3%B6tiedotteet/liitteet/2010/energiavuosi%202009%20s%C3%A4hk%C3%B6.ppt?SectionUri=%2Ffi%2Ftilastot>>. Päivitetty 28.1.2010. Luettu 27.9.2010.
- [2] Selvitys tietotekniikkaympäristön sähkönsäästämahdollisuuksista. 2006. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <http://www.motiva.fi/files/1580/Selvitys_tietotekniikkaympariston_sahkonsaastomahdollisuuksista.pdf>. Päivitetty 2.4.2007. Luettu 21.9.2010.
- [3] Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. 2009. Ehdotus energiansäästön ja energiatehokkuuden toimenpiteiksi. Edita Publishing Oy.
- [4] Kokkarinen, M., Nissinen, A., Loisa, L., Pihala, H., Härkönen, H. 2005. Toimistolaitteiden sähkönkulutus ja energiatehokas käyttö. Verkkodokumentti. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=74876>>. Luettu 25.9.2010.
- [5] Motiva Oy. 2009. Verkkodokumentti. <http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/toimistolaitteet>. Luettu 7.9.2010.
- [6] Koistinen, Mari. 2010. Pöytätietokone vs. kannettava tietokone. Verkkodokumentti. <http://www.yhteishyva.fi/yhteishyva/vastuullinen_kuluttaminen/ekomatsi_tuote_vastaan_tuote/poytatietokone_vs_kannettava_t/fi_FI/poytatietokone_vs_kannettava_tietokone>. Päivitetty 2.8.2010. Luettu 10.9.2010.
- [7] IT-ympäristön sähkönsäästöohjeet. 2007. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <http://www.motiva.fi/files/1581/IT-ympariston_sahkonsaastoojheet.pdf>. Päivitetty 4.4.2007. Luettu 22.9.2010.
- [8] Kotilainen, Samuli. Vihteä IT. Verkkodokumentti. <http://www.tietokone.fi/lehti/fallback/vihrea_it_1091>. Luettu 16.9.2010.
- [9] Kestävät julkiset hankinnat. 2009. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <http://www.motiva.fi/files/2089/Kestavat_julkiset_hankinnat_esite.pdf>. Luettu 18.9.2010.
- [10] Vattenfall. 2010. Verkkodokumentti. <<http://www.vattenfall.fi/fi/keskimaarainen-kulutus.htm>>. Luettu 10.10.2010.
- [11] Energia- ja ympäristömerkit. 2009. Verkkodokumentti. <http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energiankayton_tehostaminen/toimistolaitteet/energia-_ja_ymparistomerkit>. Luettu 21.9.2010.
- [12] Ympäristömerkit. 2008. Verkkodokumentti. <<http://www.yrittajat.fi/fi-FI/yritystoiminnanabc/ymparistotietoa/ymparistomerkki>>. Päivitetty 14.10.2008. Luettu 4.10.2010.
- [13] Ympäristömerkit. 2008. Verkkodokumentti. <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12129&lan=fi>>. Päivitetty 17.7.2008. Luettu 4.10.2010.

- [14] Joutsenmerkki. Verkkodokumentti.
<<http://www.ymparistomerkki.fi/ymparistomerkki/kriteerit>>. Luettu 5.10.2010.
- [15] Ympäristömerkit. Verkkodokumentti.
<<http://www.hel2.fi/ymk/julkaisut/oppaat/ympopas/ymparistomerkit.htm>>. Luettu 6.10.2010.
- [16] Flyktman, Reima. 2010. Suuri PC-käsikirja – Windows 7. Porvoo: WS Bookwell Oy.
- [17] Tietokoneen sulkeminen. 2010. Verkkodokumentti.
<<http://windows.microsoft.com/fi-FI/windows-vista/Turn-off-a-computer-frequently-asked-questions>>. Luettu 22.9.2010.
- [18] Virrankäyttösuunnitelmat. 2010. Verkkodokumentti.
<<http://windows.microsoft.com/fi-FI/windows7/Power-plans-frequently-asked-questions>>. Luettu 21.9.2010.
- [19] Uusitalo, Marko. 2010. Lehtori, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Helsinki. Keskustelu 23.11.2010.
- [20] Ympäristöystävällinen Microsoft. 2008. Verkkodokumentti.
<download.microsoft.com/download/.../VihreaIT_Salminen.pdf>. Luettu 29.10.2010.
- [21] WWW-sivu. <<http://www.atecorp.com/Equipment/Fluke/41b.asp>>.
- [22] Kettunen, Tapio. 2007. Energiansäästäminen julkisissa toimistorakennuksissa. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- [23] Verkkodokumentti. <http://www-europe.cisco.com/web/FI/solutions/smb/doc/cisco_catalyst_kytkimet.pdf>. Luettu 20.11.2010.

OHJE

- Hanki laite käyttötarkoituksen mukaan
- Hanki vain Energy Star- tai TCO-merkkisiä laitteita
- Vältä tarpeettomien komponenttien hankkimista
- Hanki vain litteitä LCD-näyttöjä perinteisten kuvaputkinäyttöjen sijaan
- Mikäli mahdollista, hanki kannettavia tietokoneita pöytäkoneiden sijaan
- Hanki monitoimilaitteita erillisten tulostinten, kopiokoneiden ja faksien sijaan
- Valitse kone, jossa ovat lyhyt lämpenemis- ja palautumisajat virransäästötiloista
- Nimitä henkilö, joka on vastuussa sähkönkulutuksesta
- Ota WOL-toiminto käyttöön
- Aseta näytönsäästäjäksi tyhjä ja musta näyttö
- Viikonloppuna ja ennen lomaa kannattaa ottaa työasemien virtajohto irti seinästä
- Käynnistä laite vasta, kun tarvitset sitä
- Sammuta toinen näyttö, kun et käytä sitä
- Sammuta molemmat näytöt manuaalisesti, kun et tarvitse niitä
- Aseta Power Optionsissa seuraavat asetukset:
 - Valitse Power saver*
 - Hard disk -> Turn off hard disk after: 5 min*
 - Wireless Adapter Settings -> Power Saving Mode: Maximum Power Saving*
 - Sleep -> Sleep after: 10 min; Hibernate after: 20 min*
 - USB settings -> USB selective suspend setting: Enable*
 - PCI Express -> Link State Power Management: Maximum power saving*
 - Processor power management -> Minimum processor state: 5 %; Maximum processor state: 95 %*
 - Display -> Turn off display after: 5 min*
- Poistuttaessa laita kone horrostilaan (jos aiot vielä käyttää sitä)
- Poistuttaessa sammuta kone (jos et aio enää käyttää sitä)

Tietoverkko-laboratorion U206 sähköpiirustus



*)  tarkoittaa pistorasia

JK22/31 tarkoittaa sähkökeskuksen ja pistorasian numero

Serverihuoneen sähköpiirustus

