

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Talotekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

Juha Kivelä

**HEHKULAMPPUJEN KIELTÄMISEN VAIKUTUKSET ENERGIAN KÄYTÖSSÄ**

Työnvalvoja  
Tampere 2009

Yliopettaja, tekn. lis. Pirkko Harsia

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma  
Talotekniikka

Kivelä, Juha Petri	Hehkulampun energian kulutus
Tutkintotyö	46 sivua + 4 liitesivua
Työn ohjaaja	Yliopettaja, tekn. lis. Pirkko Harsia
Toukokuu 2009	
Hakusanat	energia, hehkulamppu, valaistus

## TIIVISTELMÄ

Tässä työssä oli tarkoituksena selvittää miten paljon säästetään energiaa, päästöjä ja saako kuluttaja siitä taloudellisesti hyötyä, kun hehkulamput vaihdetaan energiansäästölamppuihin. Näitä säästöä vertasin myös kotitalouksien muihin säästötoimenpiteisiin, kuten ilmalämpöpumppuun, puulämmitykseen, eristyksen lisäämiseen ja auton käyttöön.

Pelkästään vain hehkulamppujen vaihtamisella ei saavuteta merkittäviä säästöjä rahallisesti. Hehkulamppujen vaihtamisella on enemmän vaikutusta päästöjen syntymisen puolella. Ei ole olemassa yhtä yksittäistä tapaa synnyttää säästöjä, vaan paras tulos saadaan monen eri säästötavan yhteistuloksella. Auton käytöllä on suurimmat mahdollisuudet vaikuttaa säästöjen syntymiseen.

TAMPERE POLYTECHNIC  
Electrical Engineering  
Building Services Engineering

Kivelä, Juha Petri	Energy consumption of Bulb
Engineering Thesis	46 pages + 4 appendices
Thesis Supervisor	Principal Lecturer Pirkko Harsia
May 2009	
Keywords	energy, light bulb, lighting

## ABSTRACT

Energy efficiency is important matter at greenhouse gas emissions. Lighting is sector which consumes energy. Different lamps are different on light efficiency.

Well done judgement and good planning of lighting cut down energy consume and greenhouse gas emissions.

I want be aware how much does it save when light bulbs are change to fluorescent lamps. Is this the way to save energy at home economics? I compare also heat pump, fireplace, house insulation and car usage.

## SISÄLLYSLUETTELO

SISÄLLYSLUETTELO .....	1
TERMILUETTELO.....	2
1 JOHDANTO .....	3
2 SÄHKÖENERGIAN KULUTUS .....	5
2.1 Hiilidioksidipäästökerroin.....	8
3 LAMPUT.....	9
3.1 TERMISET SÄTEILIJÄT .....	11
3.11 Hehkulamput .....	11
3.12 Halogeenilamput .....	12
3.2 LOISTELAMPUT .....	13
3.3 ELOHOPEALAMPUT .....	14
3.4 PURKAUSLAMPUT .....	15
3.41 Monimetallilamput .....	15
3.42 Natriumlamput.....	15
3.5 LED.....	16
4. VALAISTUSTEHOKKUUS.....	18
4.1 Valotehokkuus.....	18
4.2 Valaisimen hyötysuhde .....	21
4.21 Lamppu .....	23
4.22 Liitäntälaitte .....	23
4.23 Optiikka.....	23
4.24 Olosuhteet .....	25
5. VALAISTUKSEN SUUNNITTELU.....	25
5.1 Ohjaus .....	26
5.2 Valaisimen sijoittaminen .....	27
5.3 Valaistustasot.....	29
6. LAMPPUJEN KÄYTTÖKUSTANNUKSET .....	30
7. SÄHKÖENERGIAN SÄÄSTÄMINEN .....	33
8 SÄHKÖN SÄÄSTÄMINEN LÄMMITYKSESSÄ .....	34
8.1 Ilmalämpöpumppu .....	35
8.2 Puulämmitys .....	35
8.3 Lämmöneristys.....	36
9 AUTON KÄYTTÖ .....	38
10 YHTEENVETO.....	40
LÄHTEET .....	42
LIITTEET	

1 Asennuskorkeus 2,3m

2 Asennuskorkeus 3,0m

3 Lämmöneristys  $U=0.22$  W/m<sup>2</sup>K

4 Lämmöneristys  $U=0.17$  W/m<sup>2</sup>K

## TERMILUETTELO

<b>Valovirta <math>\Phi</math></b>	Ilmaisee säteilyvirran lasketun kyvyn synnyttää valoisuusaistimukseen johtava ärsytys. Säteilyn eri aallonpituuksien suhteellinen kyky lasketaan suhteellisten valotehokkuusarvojen mukaan, yksikkö lumen <i>lm</i> . /29/
<b>Valomäärä <math>Q</math></b>	Valovirran ja sen kestoajantulo $Q = \Phi t$ , yksikkö luumensekunti <i>lms</i> . /29/
<b>Valaistusvoimakkuus <math>E</math></b>	Pinnalle tuleva valovirta $\Phi$ jaetaan pinnan alalla, yksikkö luks <i>lx</i> . /28/
<b>Valotehokkuus <math>\eta\Phi</math></b>	Ilmaisee lampun antaman valovirran suhteessa kulutettuun sähkötehoon, yksikkö $lm/W$ . /28/
<b>Hintatehokkuus</b>	Hintatehokkuuteen vaikuttaa valovirta ( <i>lm</i> ), teho ( <i>W</i> ), hyötyikä (1000 h) ja hankintahinta (€). Hintatehokkuus saadaan jakamalla valotehokkuus ( $lm/W$ ) hyötyikäkustannuksella (€/h).
<b>Värintoistoindeksi <math>R_a</math></b>	on suure, jolla mitataan valolähteen kykyä toistaa värejä verrattuna ihanteelliseen valonlähteeseen eli mustaan kappaleeseen. Pienin arvo 0 ja suurin 100 (paras värintoisto). /28/

## 1 JOHDANTO

Tämän työn tavoitteena on selvittää minkälaisia ovat hehkulamppujen vaikutukset koko Suomen energiankäytössä. Ajatus työstä tuli lakiehdotuksesta, jossa haluttiin kieltää hehkulamppujen myynti. Esitys on yksi toimenpide, jolla pyritään pääsemään Kioton pöytäkirjan tavoitteisiin. Tarkoituksena olisi vaihtaa hehkulamput "energiansäästölamppuihin", näin saataisiin syntymään säästöjä sähköenergian käytössä. Lakiehdotuksessa halogeenilamput jätetään kiellon ulkopuolelle. Lakiehdotus hehkulamppujen kieltämisestä tulisi voimaan aikaisintaan kolmen vuoden siirtymisajan jälkeen. /26/

Ilmastopöytäkirjasta täsmätyksiä Kioton pöytäkirja hyväksyttiin vuonna 1997 ja se tuli voimaan 16.2.2005. Sen on ratifioinut 14.2.2007 mennessä yhteensä 176 maata. Suomi ratifioi Kioton pöytäkirjan muiden Euroopan unionin jäsenmaiden kanssa vuonna 2002. /25/

Kioton pöytäkirja velvoittaa kehittyneitä maita vähentämään kuuden kasvihuonekaasun (hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi, fluorihilivedyt, perfluorihilivedyt ja rikkiheksafluoridi) päästöjä yhteensä 5,2 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuosina 2008–2012. Tämä sitova yleisvelvoite on jaettu maakohtaisiksi velvoitteiksi, mitkä ovat erisuuruisia eri maissa. /25/

Suomen hallitus on päättänyt kiinnittää huomiota energiansäästöön ja energiatehokkuuden parantamiseen, toteuttaakseen velvoitettaan. Yhtenä keinona käytetään siirtymistä hehkulamppujen käytöstä energiansäästölamppuihin tai muihin vähän energiaa kuluttaviin valonlähteisiin. Koti- ja maatalouksien sähkön kulutus on n. 25 % Suomen sähkönkulutuksesta ja valaistuksen osuus tästä on n. 18 %.

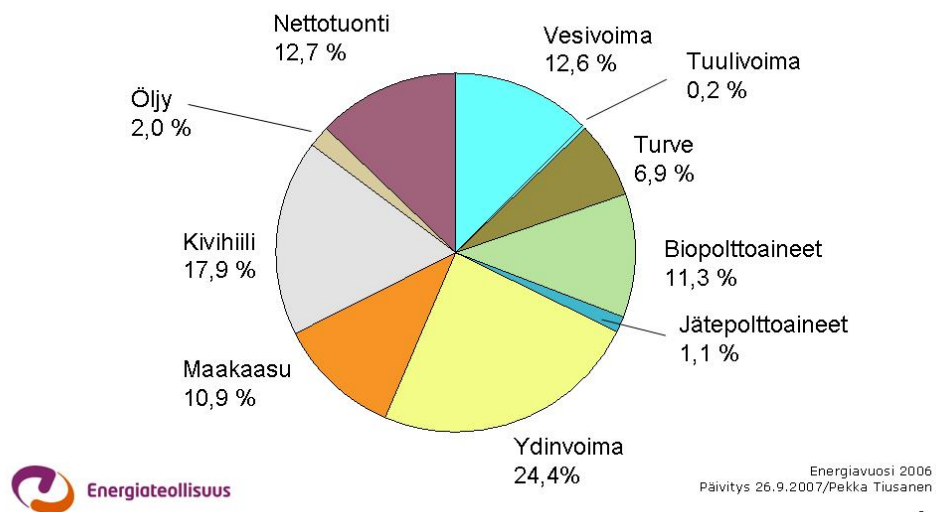
Energiatehokkuudella tarkoitetaan energiankäytön vähentämistä ilman, että siitä saadusta hyödystä joudutaan tinkimään eli pyritään siihen, että saadaan sama tulos pienemmällä energialla. Näin saadaan energian käyttöä pienennettyä ja sitä kautta myös ilmastopäästöjä.

Jokainen säästötoimenpide on tarpeen, mutta mikä on hehkulampun mahdollisuudet sähkön säästämässä. Voidaanko tehdä suurempia säästö ratkaisuja jollakin muulla tavalla?

## 2 SÄHKÖENERGIAN KULUTUS

Suomen sähkön tuotanto rakentuu siten että perustuotanto tuotetaan ydinvoimalla, vesivoimalla ja tuonnilla. Perustuotannon päälle tulevat kulutushuiput täytetään pääsääntöisesti uusiutumattomilla luonnonvaroilla. Huippukulutus Suomessa osuu talviaikaan. Uusiutumattomia luonnonvaroja ovat esim. öljy, maakaasu, kivihiili ja turve. Uusiutumattomia energialähteitä käytetään yleensä yhteistuotannossa, jossa saadaan samanaikaisesti sähkö- ja lämpöenergiaa.

### Sähkön hankinta energialähteittäin 2006 (90,0 TWh, ennakkotieto)

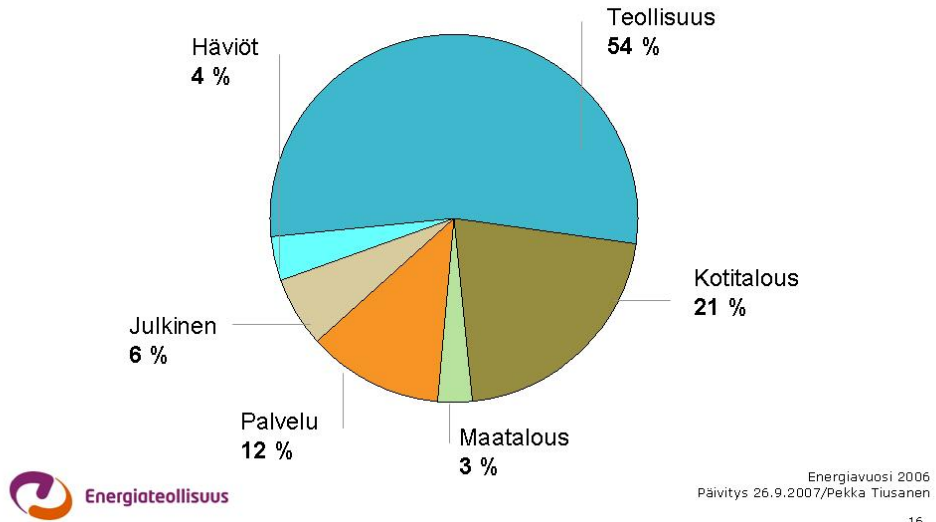


**Kuva 1** Sähkön hankinta 2006

Teollisuus käyttää ylipuolet ja koti- ja maatalous käyttää 24 % Suomen sähköenergiasta. Koti – ja maatalouden osuus on 21,6 TWh (kuva 2).

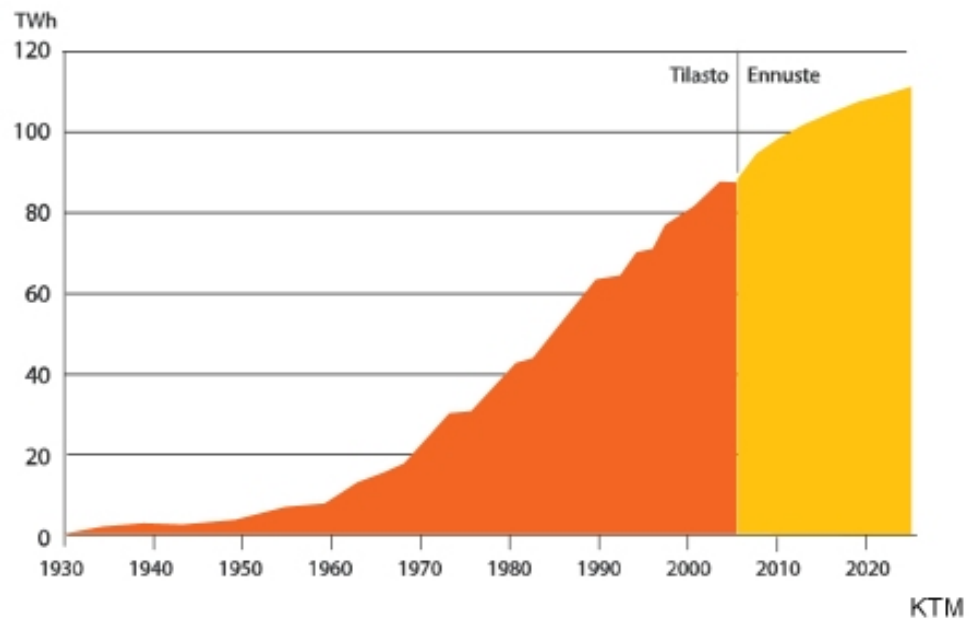


## Sähkön kokonaiskulutus 2006 90,0 TWh

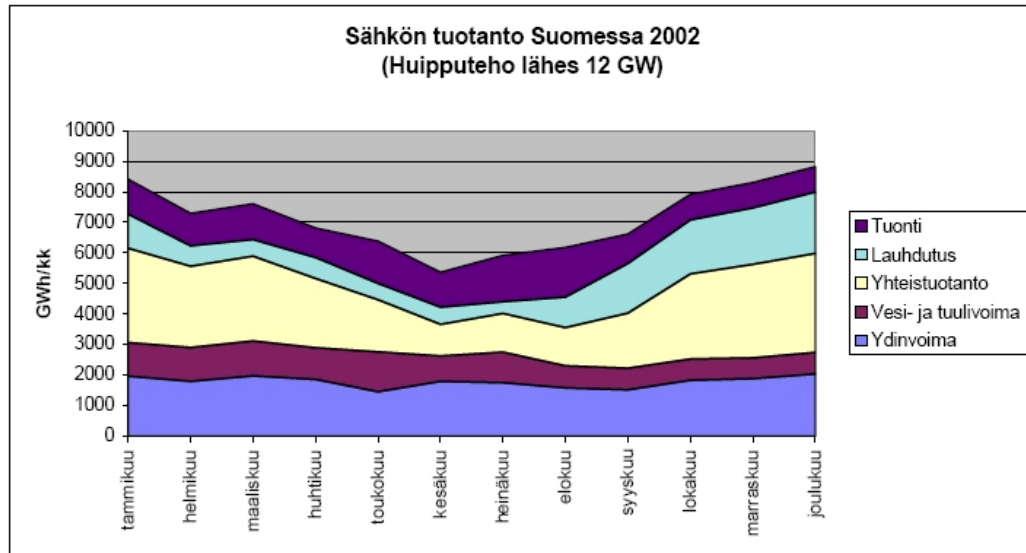


**Kuva 2** Sähkön kokonaiskulutus 2006.

## Sähkön kulutus 1930-2005 ja arvio tulevasta kehityksestä vuoteen 2025



**Kuva 3** Sähkön kulutuskehitysarvio. Sähkön kulutus on lisääntynyt vuosittain 2 TWh, mutta ennusteen mukaan kulutuksen kasvu pienenee 1 TWh:iin vuodessa.



**Kuva 4** Sähkön tuotanto Suomessa 2002 /19/

Kuvassa 4 voidaan nähdä sähköntuotannon rakenne eri vuodenaikoina. Yhteistuotannon määrä kasvaa selvästi silloin kun lämmitystarve lisääntyy eli lämmitys huiput hoidetaan yhteistuotannon sähköllä. Yhteistuotannon pääasiallisia polttoaineita ovat maakaasu, kivihiili, turve ja öljy. Ydinvoiman voidaan ajatella olevan teollisuuden ja muun tasaisena pysyvän sähköntarpeen perusvoimana.

Vesivoima toimii myös perusvoimana ja lisäksi säätövarana hoitamassa esim. sähkönkäytön vuorokausivaihtelua. Lauhdevoimaa tarvitaan mm. tasaamaan tuontivaihteluita, hoitamaan sähkön huipputuotantoa kovilla pakkasilla ja lisäksi lauhdevoimalaitokset toimivat varavoimalaitoksina /19/.

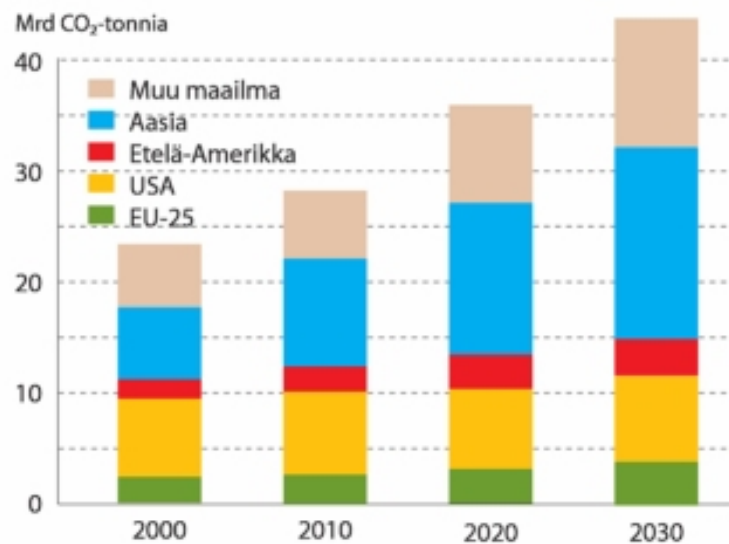
## 2.1 Hiilidioksidipäästökerroin

Motiva Oy on määritellyt sähkölle hiilidioksidipäästökertoimia, joiden avulla voidaan laskea sähkön käytön päästöjä. Taulukkoon 1 on koottu seuraavanlaisia päästökertoimia /21/.

**Taulukko 1** hiilidioksidipäästökertoimia /21/

AINE	Kg CO <sub>2</sub> / MWh
Puu	18
Kevyt polttoöljy	267
Raskas polttoöljy	279
Kaukolämpö	224
Sähkö keskimäärin	204
Sähkö marginaali	714
Sähkö lämmitys	400

## Maailman energiantuotannon ja käytön hiilidioksidipäästöjen kehitysarvio



Euroopan komissio, IEA

**Kuva 5** Hiilidioksidipäästöjen kehitysarvio

Arvion mukaan CO<sub>2</sub> päästöt lisääntyvät n. 2 % joka vuosi. Länsimaiden kulutuksen lisääntyminen on pientä verrattuna muun maailman kulutuksen kasvuun, joka kaksinkertaistuu 30 vuodessa ennusteen mukaan.

### 3 LAMPUT

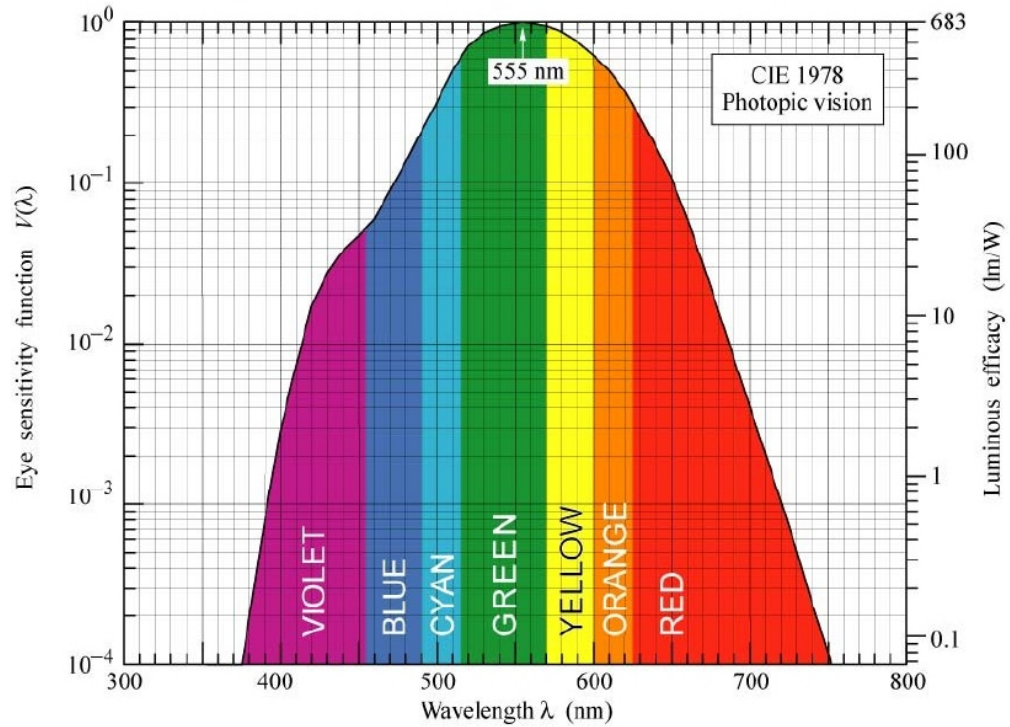
Lamppu on valonlähde, joka on valmistettu valon tuottamista varten. Lamput voidaan jakaa neljään pääryhmään: termiset säteilijät, loistesäteilijät, purkaussäteilijät ja ledit.

Ensimmäinen hehkulamppu kehitettiin 100 vuotta sitten. Hehkulampun valon tuotto perustuu termiseen säteilyyn, jossa metalli aineen kuumentaminen sähkövirralla synnyttää valoa. 60 vuotta sitten on aloitettu käyttämään valontuotossa luminesenssisäteilyyn perustuvaa menetelmää. Luminesenssisäteily on sähköpurkauksen atomeissa aiheuttaman virittymisen ja virityksen palautumisesta lähtevä purkaussäteily. Tällaisia lamppeja kutsutaan purkaus- ja loistelampuiksi.  
/1;13/

Pääosa nykyisestä valaistuksesta perustuu purkaus- ja loistesäteilyyn perustuviin lamppeihin. Myös termiseen säteilyyn perustuvat lamput ovat laajassa käytössä. Varsinkin halogeenilamput on yleistyneet kotitalous- ja ravintolakäytössä.

Tärkeimpiä lampun ominaisuuksia on fyysinen koko, teho, valovirta ja valotehokkuus. Myös värilämpötila ja värintoisto-ominaisuudet sekä käyttöikä ovat huomioitavia ominaisuuksia /1;13/

Silmän herkkyys eri värien aallonpituuksille vaihtelee. Kuvasta 6 voidaan nähdään, että silmä on herkin vihreälle 555nm valolle.

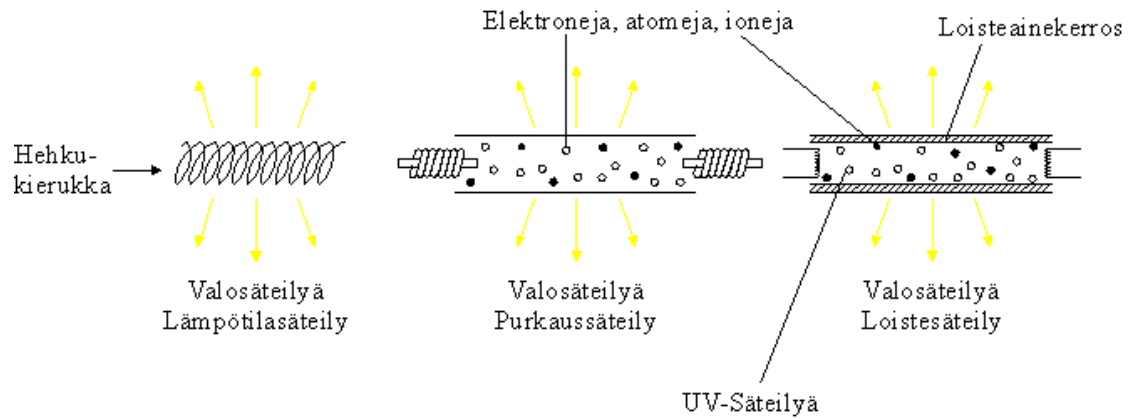


**Kuva 6** Silmän herkkyys erivärisille valoille /27/

Väriämpötila kertoo minkä väristä valoa lamppu tuottaa (kuva 7). Hehkulampun väriämpötila on 2850K, halogeenin 3000K. Loisteputkesta voidaan saadaan värejä väliltä 2700K – 10 000K. Värintoistoindeksi (Ra) ilmoitetaan lukuarvon välillä 0 – 100 %. Mitä suurempi arvo on, sitä luonnollisimpina värit toistuvat. Koti- ja toimistovalaisuudessa Ra tulee olla yli 80 /23/.



**Kuva 7** Väriämpötila

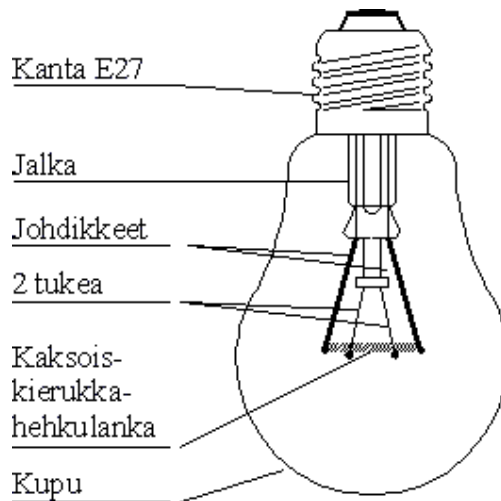


**Kuva 8** Valontuotto tavat /2/

### 3.1 TERMISET SÄTEILIJÄT

#### 3.11 Hehkulamput

Hehkulampun hehkulanka kuumennetaan sähkövirran avulla riittävän korkeaan lämpötilaan (2377 - 2477 °C), jolloin se alkaa säteillä näkyvän valon aallonpituuksilla (380-780nm). Hehkulanka on valmistettu volframimetallista, jonka ominaisuus on korkea sulamislämpötila (3410 °C). Hehkulampun kupu on lasia. Hehkulanka on kuvun sisällä tyhjiössä tai kupu on täytetty jollakin jalokaasulla esim. argon /1;16-17/.



**Kuva 9** Hehkulampun rakenne /1:16/

Hehkulampun nimellisjännitteet vaihtelee välillä 70 – 260 V ja teho alue on 15 – 2000 W. Polttoikä on 1000 -1500 h. Käytettäessä nimellisjännitettä pienempää jännitettä, voidaan lampun ikää pidentää merkittävästi. Mutta samalla lampun valotehokkuus ja valovirta laskee. Jännitteen lisäämisellä on päinvastainen vaikutus. Hehkulampun värinointio-ominaisuudet ovat erinomaiset. Hehkulamppu on toiminta varma monenlaisissa olosuhteissa. Sen toimintaan ei vaikuta ympäristön kuumuus eikä kylmyys. Hehkulampun heikkous on tärinän kestävyys.

### 3.12 Halogeenilamput

Halogeenilamput ovat paranneltuja hehkulamppuja, joissa käytetään hyväksi halogeenikaasun kykyä palauttaa höyrystyneet volframatomit takaisin hehkulankaan. Lähellä lampun kupua vallitsevassa lämpötilassa (n. 350 °C) halogeeniatomit (jodi tai bromi) yhtyvät volframatomien kanssa värittömiksi yhdisteiksi. Nämä yhdisteet kulkeutuvat jossakin vaiheessa täytöskaasun virtauksen mukana kuumen kieran ohitse. Kieran lähellä vallitsevassa korkeassa lämpötilassa (n. 1400 °C) yhdisteet hajoavat, ja vapautuneet volframatomit palautuvat

hehkulankaan. Tämä ilmiö lisää lampun käyttöikää tavallisiin hehkulamppuihin nähden. /1; 27/

Hehkulamppua pienemmästä koosta ja halogeenin toiminnasta johtuen halogeenilamppujen valotehokkuus on n. 25 % suurempi kuin hehkulampan. Polttoikä on saatu n. 2000 tuntiin. Yleisimmät nimellisjännitteet ovat 12 V ja 230 V. 12 V:n teho alue 20 – 65 W ja 230V:n 60 – 2000 W

### 3.2 LOISTELAMPUT

Loistelampun toiminta perustuu sähköpurkaukseen. Lampun päissä olevien elektrodien välille aikaansaatu sähköpurkaus virittää putken sisällä olevan elohopeahöyryn atomeja ylemmälle tasolle. Atomien palautuessa takaisin alemmille energiatasoille, silloin viritetyt elektronit synnyttävät tasojen välisen energiaeron aallonpituuden mukaan kääntäen verrannollista ultraviolettisäteilyä ja pieni määrä näkyvää valoa. Pääosa tästä säteilystä on aallonpituuksilla 185 ja 253 nm. Lampun kuvun sisäpinnassa oleva loisteainekerros on valittu siten, että se absorboi mahdollisimman hyvin tämän ultraviolettisäteilyn ja muuntaa säteilyenergian näkyväksi valoksi (aallonpituus 380 – 780 nm). Loisteaineen valinnalla voidaan vaikuttaa lampun värintoisto-ominaisuuksiin ja väriin sekä valotehokkuuteen /1; 34/

Loisteputkia on kaiken kokoisia ja muotoisia. Niissä on lukuisia kantatyyppisiä. Tehot ovat yleensä 5 – 58 W. Loisteputken valoteho vähenee ajan myötä ja hyötypolttokäyttöikä on 8000–12000 tuntia. Putki vaatii erillisen liitälaitteen toimiakseen. Liitälaitteita on kahta perustyyppiä: kuristin ja elektroninen liitälaitte. Ympäristön lämpötila vaikuttaa valotehoon, jos se poikkeaa paljon normaalista huone lämpötilasta (21 °C). Korkea lämpötila ei vaikuta niin paljon kuin pakkasasteet. Lämpötilan mennessä alle -10 °C loisteputken syttyminen



tulee ongelmaksi. Ulkokäyttöön vaaditaan aina "pakkasputkia". Loisteputki ei ole hyvä ratkaisu ulkovalaistus käytössä.

### 3.3 ELOHOPEALAMPUT

Elohopealamppu on purkauslamppu. Siinä pienen (n. 5cm) purkausputken kautta johdetaan niin suuri virta että elohopeahöyryn paine putken sisällä nousee useaan ilmakehään. Tässä tapahtumassa syntyvä ultraviolettisäteilyä muutetaan loisteaineen avulla valoksi. Purkausputki on sijoitettu lasikuvun sisään hapettomaan tilaan. Näin saadaan lämmöneriste purkausputkelle, jotta sen lämpötila saadaan riittävän korkeaksi. /1;47/



**Kuva 10** tyypillinen elohopealamppu

### 3.4 PURKAUSLAMPUT

#### 3.41 Monimetallilamput

Monimetallilampuissa on elohopealampun polttimoa vastaavaan purkausputkeen on viety elohopean lisäksi muiden metallien jodideja. Kuumassa sähköpurkauksessa jodidit hajoavat, jolloin vapaat metalliatomit elektronit virittäminä alkavat lähettää niille tyypillistä säteilyä. Polttimo on muotoiltu niin, että koko seinämässä saavutetaan elohopealampun polttimoita korkeampi lämpötila, mikä on tarpeen jodidien riittävän höyrystymisen aikaansaamiseksi. Käytettyjä jodideja ja niiden säteilyn maksimeita ovat natrium (587 nm keltainen), tallium (535 nm vihreä) ja indium (451 nm sininen ja 670 nm punainen). /1;53–54/

Monimetallilampun kupu on kirkas, koska siinä ei tarvita loisteainetta. Elektrodit poikkeavat muista kaasupurkaus lampuista siinä, että sytytys elektrodeja ei käytetä, jolloin kummassakin päässä on vain yksi johdike. Eniten käytetään perinteisiä putkilonmuotoisia kupuja, joiden tehot ovat tavallisesti 250 – 2000 W. Uudet pienikokoiset ja – tehoiset pistokannalla varustetut lamput ovat 35 – 150 W. Monimetallilampun syttyminen kestää muutaman minuutin, joten se ei sovellu valaistukseen jossa valo ja sytytetään ja sammutetaan toistuvasti. Hyötykäyttöikä vaihtelee paljon mallista riippuen 2000 tunnista 20 000 tuntiin. Lampun värilämpötilat vaihtelevat 3000 – 6500 K ja värintoistoindeksi on 60 – 95. /1;54–55/

#### 3.42 Natriumlamput

Pienpainennatriumlampun toiminta on samanlainen kuin muissakin purkauslamppuissa, mutta natriumlampun purkausputkessa on käytetty natriummetallia. Natriumhöyry on kemiallisesti hyvin aktiivista ja reagoi helposti lasin kanssa, joten purkausputki on tehty lasista, jossa on natriumia hylkivä sisäkerros. Elektrodit ovat usein valmistettu volframista ja ovat usein rakenteeltaan kolmoiskierteisiä. Virtatiheys ja muut

olosuhteet on sovitettu sellaiseksi, että höyrystyneet natrium atomit alkavat lähettää mahdollisimman tehokkaasti keltaista resonanssisäteilyä (589 nm). Lampun kuvulla on tärkeä merkitys lämmöneristyksen kannalta, jotta sen avulla saadaan riittävän korkea toiminta lämpötila. Toiminta lämpötila purkausputkessa on n. 350 °C /1;57–58/.

Lampun syttyminen normaaliin toimintatilaan kestää 15 – 20 minuuttia. Hyötypolttoikä on 8000 – 10000 tuntia ja värilämpötila ja värintoistoindeksi ovat huonot muihin lamppuihin verrattuna: 1900K ja 28. Värintoisto ominaisuudet rajaavat lamppujen käyttöön maanteiden valaistukseen. /1;58–60/.

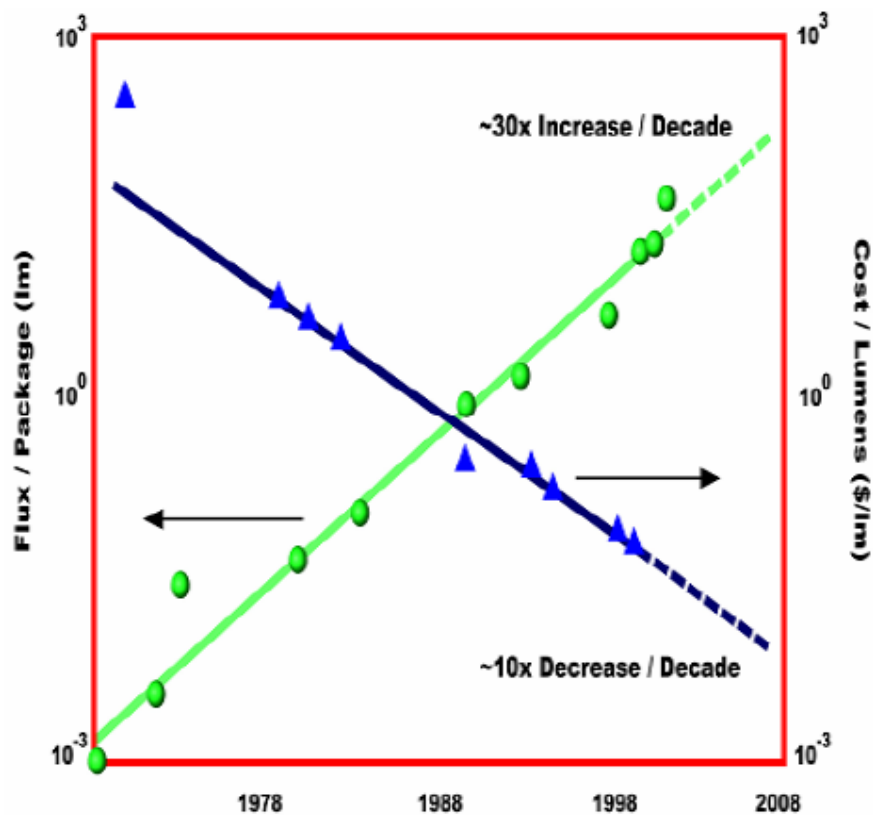
### 3.5 LED

LED on puolijohde. Nimi tulee sanoista: Light Emitting Diode. Alunperin LED on kehitetty 1960-luvulla merkkilampuksi. Siitä saatiin valoa vain n. 10mcd, 10mA virralla. Ensimmäinen väri oli punainen. Seuraavat värit olivat keltainen ja vihreä. Japanilainen professori Shuji Nakamura kehitti sinisen LED-valon vuonna 1993 ja pian sen jälkeen vihreän ja lopulta valkoisen LED-valon. Hän sai tästä työstä Millennium -teknologiapalkinnon vuonna 2006 /4/.

Sinisen ledin kehittäminen on ollut merkittävä vaihe ledin mahdollisuuksissa käyttää valaistuksessa. LED on tällä hetkellä ottamassa ensi askeleita valaistuksessa. Suurin ongelmana LEDillä on tehonkesto ja tästä johtuva lämmönkestävyys. LED on herkkä kuumuudelle, jo 40 °C:n jälkeen sen hyötypolttoikä alkaa merkittävästi lyhentyä. Ledin käyttöikä voi olla merkkilamppu käytössä 100 000 tuntia. Mutta valaistus käytössä, jossa halutaan ottaa mahdollisemman paljon tehoa, niin ledin käyttöikä on tällä hetkellä n. 50 000 tuntia. Tämä tuntimäärä vaatii laadukkaan liitäntälaitteen (ohjain) ja riittävän jäähdytyksen /4/.

LEDin valotehokkuus on tällä hetkellä loisteputkenluokkaa (60 lm/W). LEDin teoreettisesti valotehokkuus on mahdollista kasvattaa moninkertaiseksi (~400 lm/W) /7; 31/.

LED on selvästi tulevaisuuden tapa valaista, vaikka nyt yksittäisen ledin teho on 3 W. LED tulee varmasti syrjäyttämään hehkulamput, halogeenit ja loisteputket monissa käyttökohteissa. LEDien kehitys edennyt siten, että LEDistä saatavat tehot ovat tuplaantuneet joka toinen vuosi. Tämän kehityksen nopeuden pohjalta voidaan ennustaa, että 10-vuoden päästä voi olla ledejä joiden teho on 32 W (Kuva 14). USA:n energiaministeriön arvio: LEDien osuus kaikesta myytävästä valaistuksesta vuonna 2010 on 20 % ja vuonna 2020, 50 %.



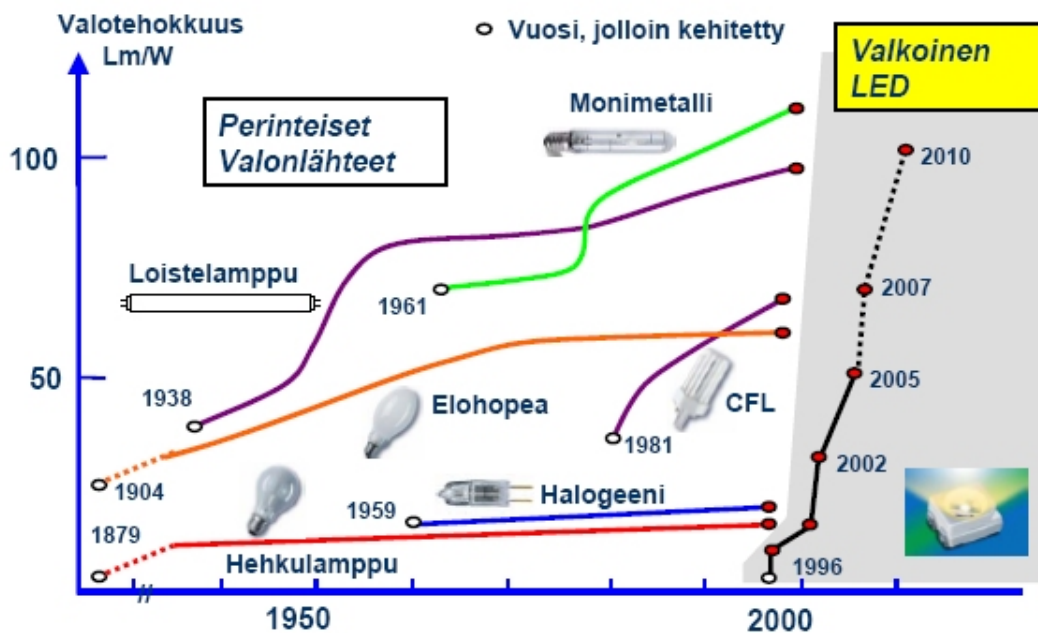
**Kuva 11** LEDin valovirran ja hinnan kehitys arviot /5/

#### 4. VALAISTUSTEHOKKUUS

Valaistustehokkuudella tarkoitetaan koko valaistuksen tehokkuutta, kun otetaan huomioon valaisin, lamppu, optiikka, seinäpinnat, valaisimen sijoitus jne.

Lampuille on tärkeää, miten paljon ne tuottaa valoa syötetystä sähköstä. Hehkulampan valontuotto on 5%:a, halogeeni jonkun verran enemmän 6%:a, loistelampulla 25%:a, purkauslamput 30%:a ja LEDit tällä hetkellä n. 25%:a. Nämä on karkeita arvioita, mutta antaa kuvaa eri lamppujen välisistä eroista. Termiset säteilijät ovat hyötysuhteeltaan huomattavasti huonompia kuin loiste- ja purkauslamput. LED on suurinpiirtein loistelampun tasoa. LED valon kehitysmahdollisuudet ovat vielä tulevaisuudessa, mutta muiden lamppu tyyppien kehityskaari alkaa tasaantumaan (Kuva 15).

##### 4.1 Valotehokkuus



**Kuva 12** Lamppujen valotehokkuuden kehitys /10/

Valotehokkuus kertoo valolähteestä saadun valomäärän suhteessa käytettyyn sähkötehoon. Valolähteiden valotehokkuuden yksikkö on  $\text{lm} / \text{W}$  (lumen / watti), joka kuvaa suoraan lampun hyötysuhdetta. Valotehokkuus on olennainen suure, kun vertaillaan eri valolähteiden energiatehokkuutta. Valotehokkuus saadaan, kun valolähteen tuottama valomäärä (lumen,  $\text{lm}$ ) jaetaan se kulutetulla sähköteholla (Watti,  $\text{W}$ ). Mitä suurempi luku on, sitä energiatehokkaampi valonlähde on.

Taulukossa 2 on koottu valaistutehokkuuteen vaikuttavia ominaisuuksia erilaisten lamppujen osalta. Taulukosta voidaan nähdä että hehku- ja halogeenilamppujen valotehokkuus on selvästi huonompi kuin muissa lamppuissa. LEDin osalta valotehokkuuden taso muuttuu koko ajan, joten sitä ei voida vielä määrittää tarkasti. Kun ennustetaan LEDin kehitystä esitettyjen trendien mukaan (kuva 15) voidaan ennustaa, että LED tulee jatkossa korvaamaan pääsääntöisesti kaikki lampputyypit.

**Taulukko 2** Lamppujen valoteknisiä ominaisuuksia /9/

LAMPPU	Tehoalue W	Valovirta lm	Valotehokkuus lm/W	Polttoikä h
Hehkulamppu	15-150	90-2220	6-15	1000
Halogeenilamppu verkko pienjännite	40-150 5-100	490-2550 60-2300	12-17 12-23	2000- 4000 2000- 4000
Loistelamppu	15-58	1350- 5200	75-93	12000
Pienoisloistelamppu	5-42	200-3200	40-87	8000- 12000
Elohopealamppu	50-400	2000- 24000	40-60	12000
Monimetallilamppu	75-400	5500- 40000	67-87	6000
Suurpainenatrium	150-400	12000- 38000	80-90	12000

**Taulukko 3** LED valoteknisiä ominaisuuksia

AIKAJAKSO	Tehoalue W	Valovirta lm	Valotehokkuus lm/W	Polttoikä h
Nykyinen*	0-5		60	50000
Ennuste v.2017 **	32		200	50000 ->

\* Arvio, /4/, Kuva 15

\*\* Arvio, jos kehitys jatkuu samanlaisena kuin tähän asti. Kuva 14

## 4.2 Valaisimen hyötysuhde

Valaisimen hyötysuhde voidaan jakaa kahteen osaan, optiseen hyötysuhteeseen ja käyttöhyötysuhteeseen.

- Optisella hyötysuhteella tarkoitetaan valaisimesta lähtevän valovirran suhdetta valaisimessa olevien lamppujen kokonaisvalovirtaan. Optinen hyötysuhde ottaa huomioon valaisimeen absorboituneen valonmäärän.
- Käyttöhyötysuhteella tarkoitetaan valaisimesta määräytyissä ympäristöolosuhteissa lähtevän valovirran suhdetta valaisimessa olevien lamppujen kokonaisvalovirtaan. Käyttöhyötysuhde ottaa valon absorboitumisen lisäksi huomioon myös lämpötilan vaikutuksen lamppujen valovirtaan /11/.

Optiikan avulla pyritään suuntaamaan mahdollisimman paljon lampusta lähtevää valoa valaistavaan kohteeseen. Paras optinen hyötysuhde saadaan valaisimesta jonka valolähde (lamppu) on pistemäinen ja heijastin (optiikka) on peili, joka on muodoltaan paraabeli, joka on pyörähtänyt akselinsa ympäri. Ympärisäteilevä valolähde eli lamppu sijoitetaan tällaisen optiikkaan polttopisteeseen. Tämä on ihanteellinen heijastimen tai valaisimen muoto. Erilaisilla paraabelin avauskulmilla saadaan valaisimelle erilaisia valonjakokäyriä.

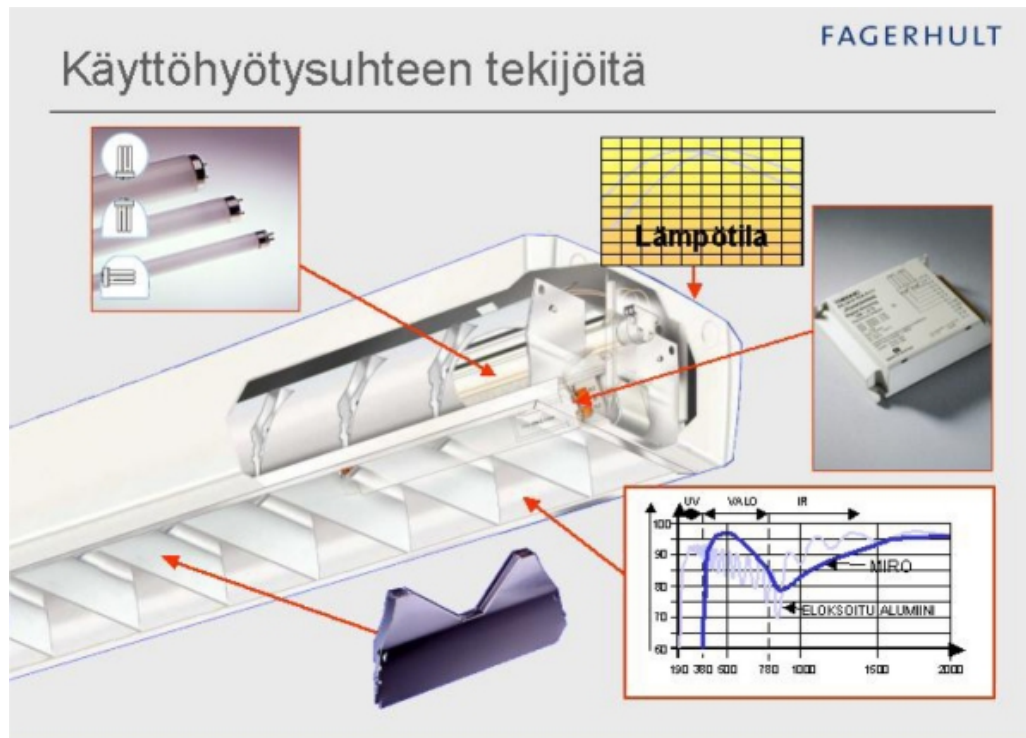


**Kuva 13** paraabelin muoto ja polttopiste





**Kuva 14** valaisin jossa on haettu paraabelin muotoa



**Kuva 15** Valaisimen käyttöhyötysuhteeseen vaikuttavat tekijät /11/

#### 4.21 Lamppu

Lampun osalta tärkein ominaisuus on valotehokkuus energian kulutuksen kannalta. Lampun muodolla ja koolla on merkitystä valaisimen valotehokkuuteen. Periaatteessa pienempi, ohuempi ja lyhyempi lamppu helpottaa optiikan valmistamista valaisimeen.

#### 4.22 Liitäntälaite

Hehku- ja halogeenilamppu ei tarvitse liitäntälaitetta, mutta kaikki purkauslamput tarvitsevat sellaisen. Myös LED tarvitsee liitäntälaitteen, joka yksinkertaisimmillaan voi olla vastus. Energian käytön kannalta elektroninen liitäntälaite on aina parempi ja sillä saavutetaan myös monia muita etuja /11/.

Elektronisen liitäntälaitteen etuja:

- Energiansäästö 20-30 %
- Välikkymätön valo
- Pitkä lampun polttoikä
- Sammuttaa loppuun palaneet lamput
- Pieni magneettikenttä
- Kevyt
- Stabiloitu lampun syöttöjännite
- Tehokerroin jopa 0,95

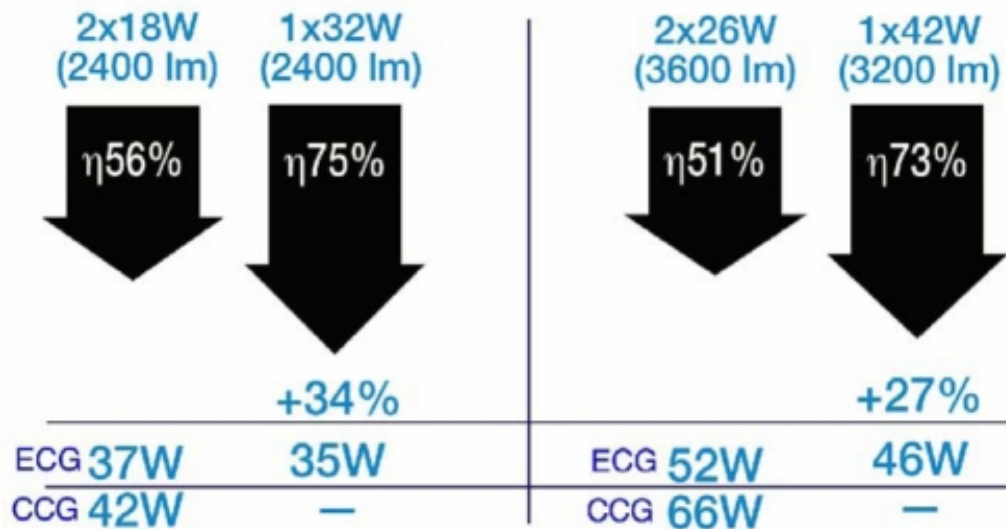
/11/

#### 4.23 Optiikka

Optiikalla suunnataan valo haluttuun suuntaan. Optiikan sijasta puhutaan usein heijastimista. Heijastinmateriaalin valinta vaikuttaa merkittävästi valaisimen optiseen hyötysuhteeseen. Miro-alumiinista valmistetulla heijastimella saadaan valaisimen hyötysuhdetta nostettua 10 % verrattuna vakioheijastimeen /11/.

Heijastimien yhteydessä yleensä puhutaan häikäisysuojista, jotka yleensä heikentävät optista hyötysuhdetta, mutta niillä parannetaan valaistuksen laatua. Valaistuksen laatua parantavat asiat ovat aina valaistustehokkuutta huonontavia, kuten häikäisysuoja, epäsuoravalaisuus, huonosti valoa läpäisevät "suojalasit / värilasit" jne. Nämä on tekijöitä, jotka tulevat esille, kun valaistukselle asetetaan muita kuin tehokkuusvaatimuksia. Valaisin voi olla koriste, tunnelman tuoja, se ei saa häikäistä, se ei saa näkyä jne.

Kaksi – tai useampilamppuisessa valaisimessa tulee olla jokaisella lampulla oma heijastin, koska näin saadaan parempi käyttöhyötysuhde. Saman heijastimen sisällä olevat lamput valaisevat toisiaan ja näin optinen hyötysuhde pienenee. Samassa tilassa olevat lamput lämmittävät toisiaan, mikä taas heikentää valaisimen hyötykäytösuhdetta /11/.

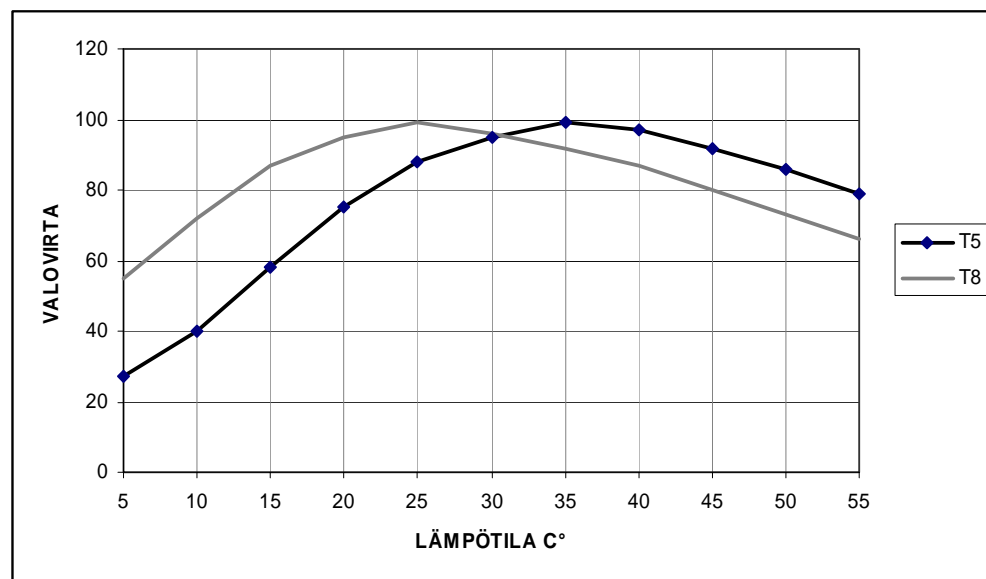


**Kuva 16** Yksilamppuisen valaisimen hyötysuhde on selvästi suurempi kuin vastaavan kokoisien kaksilamppuisen valaisimen. Seuraavassa on esitetty kaksi pientä syvästeilyvalaisinta (down-light), joilla on sama läpimitta ja samasta materiaalista valmistettu heijastin /11/.

#### 4.24 Olosuhteet

Valovirta pienenee T8-lampputyypeillä ( $\varnothing = 26\text{mm}$ ) ympäristölämpötilan poiketessa  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ :ta. Vastaavasti T5-lamppujen ( $\varnothing = 16\text{mm}$ ) paras ympäristölämpötila on  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sopivammasta toimintalämpötilasta T5 on parempi vaihtoehto sisävalaistuksessa kuin T8-lampun (taulukko 4) /16/.

**Taulukko 4** T5 ja T8 loisteputkien valovirran tuotto suhteessa lämpötilaan /16/



#### 5. VALAISTUKSEN SUUNNITTELU

Myös valaistuksen suunnittelulla voidaan vaikuttaa valaistustehokkuuteen merkittävästi. Suunnittelulla on suurempi merkitys toimisto- ja muissa isoissa kohteissa, verrattuna kotitalouksiin. Mutta samoja periaatteita voidaan toteuttaa myös kotitalouksissa. Perusajatus on, että valitsemalla sopiva valaisin ja lamppu sekä sijoittamalla ne oikeaan paikkaan, saadaan energiatehokkuuden kannalta paras valaistus.

Sisävalaistuksen käyttöön soveltuvat lampputyypit:

- hehku- ja halogeenilamput (paikallis- ja kohdevalaistus)
- loiste- ja pienloistelamput (yleis- ja kohdevalaistus)
- monimetallilamput (yleis- ja kohdevalaistus)
- muut purkauslamput (soveltuu ulko- ja tievalaistukseen)

## 5.1 Ohjaus

Ohjauksen tarkoituksena on ohjata valaistusta niin, että ne ovat päällä, kun niitä tarvitaan ja pois päältä, kun ei tarvita. Yksinkertaisin valaistuksen ohjaus tapa on kytkin. Se ei ole usein riittävä tapa ohjata valaistusta, jos valoja halutaan käyttää tehokkaasti. Siksi valon ohjaukseen pitää saada "älyä" ja se voidaan toteuttaa elektroniikalla. Monet erilaiset laitteet, kuten päivänvaloanturit, säätimet, liiketunnistimet, hämäräkytkimet ja kellot, mahdollistavat monipuolisen valaistuksen ohjauksen.

Päivänvalo-ohjaus on teknisesti mahdollista toteuttaa, mutta käytännön toimivuuden toteutuksessa on ollut ongelmia. Päivänvalo säädöllä tarkoitetaan sitä, että anturi pitää huoneen valaistusvoimakkuuden samana, riippumatta siitä kuinka paljon auringon valoa tulee huoneeseen. Säästöarvio 30 - 70 % /24/.

Säätimellä eli himmentimellä voidaan valaistustaso asettaa halutuksi. Säätäminen tapahtuu yleensä jännitettä muuttamalla (hehkulamput). Valaistus tehon pienentäminen vähentää kulutusta ja pidentää hehkulampan käyttöikä, näin voidaan säästää 10 % täydellä teholla polttamiseen verrattuna/25/.

Liiketunnistin kytkee valot päälle, kun se havaitsee liikettä ja sammuttaa valot asetellun ajan kuluttua. Liiketunnistimet sopivat tiloihin, joissa ei oleskella jatkuvasti tai oleskelu on satunnaista. Tällaisia tiloja voi olla esim. porraskäytävät, eteiset, kellarit, käytävät, WC:t ja varastot.

Liiketunnistin voi olla valaisin-, tila- tai aluekohtainen, riippuen ohjauksen tarpeesta. Liiketunnistimella voidaan saada kohteessa 25 % säästö /25/.

Hämäräkytkimellä voidaan valaistusta ohjata hämäryyden mukaan eli valot ovat päällä silloin, kun niitä tarvitaan. Yleensä hämäräkytkimen parina on kello, jonka avulla valot voidaan sammuttaa tiettyinä aikana esim. yöllä jolloin valaistuksen tarvetta ei ole. Säästö riippuu siitä miten paljon valaistusta rajoitetaan kellon avulla.

## 5.2 Valaisimen sijoittaminen

Valaisimen sijoittaminen mahdollisimman lähelle valaistavaa kohdetta vähentää tehon tarvetta, koska etäisyyden tullessa kaksinkertaiseksi valaistusvoimakkuus pienenee neljännekseen. Eli, jos valaisin asennetaan kaksi kertaa kauemmaksi, kuin se olisi mahdollista asentaa, joudutaan tehoja nostamaan nelinkertaiseksi. Taulukoista 3 ja 4 nähdään että laskemalla valaisimia 3 metristä 2,3 metriin voidaan saavuttaa 18 % säästö tehoissa (99W/120W), koska voidaan käyttää pienempi tehoisia lamppeja asentamalla valaisin matalammalle. Vastaavasti valaistus tehot neliömetriä kohti ovat asennus 2,3m, 6,6 W/m<sup>2</sup> ja asennus 3m, 8 W/m<sup>2</sup>. Tulokset on saatu DIALux ohjelmalla (liite1, liite2).

Valaistuksen tasaisuus tulee myös huomioida valaistuksessa. Työpaikoilla työkohteessa heikoimmin valaistun työpisteen valaistus ei saa olla alle 70 % parhaiten valaistun pisteen valaistusvoimakkuudesta. Silmien sopeutumisen hitauden takia liian suuret erot valaistusvoimakkuuksissa vaikeuttavat näkemistä, varsinkin jos joudutaan katsomaan valoisia hämäreitä kohteita vuorotellen /28/.

**Taulukko 5** OfficeNova TL5-28W asennus korkeus 2.3m

Tilan korkeus: 3.000 m, Asennuskorkeus: 2.300 m,  
Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	371	180	622	0.49
Lattia	20	264	143	390	0.54
Katto	70	41	26	48	0.65
Seinät (4)	50	90	24	430	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 64 x 32 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	3	Philips OfficeNova 240TCS 1xTL5-28W/830 HF D6 (1.000)	2600	33.0
Yhteensä:			7800	99.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $6.60 \text{ W/m}^2 = 1.78 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  
15.00 m<sup>2</sup>)

**Taulukko 6** OfficeNova TL5-35W asennus korkeus 3m

Tilan korkeus: 3.000 m, Asennuskorkeus: 3.000 m,  
Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	373	225	488	0.60
Lattia	20	272	185	362	0.68
Katto	70	61	39	72	0.65
Seinät (4)	50	138	36	491	/

**Käyttötaso:**

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 64 x 32 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

**Luettelo valaisimista**

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	3	Philips OfficeNova 240TCS 1xTL5-35W/830 HF D6 (1.000)	3300	40.0
Yhteensä:			9900	120.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $8.00 \text{ W/m}^2 = 2.15 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $15.00 \text{ m}^2$ )

### 5.3 Valaistustasot

T5-lampuilla saadaan 4 % enemmän valoa kuin vastaavalla T8-lampuilla, käytettäessä elektronista liitäntälaitetta. Mutta yhdistettynä paremmin suunniteltuun optiikkaan ja heijastin MIRO-alumiinimateriaaliin saadaan hyötysuhdetta parannettua 35 % perinteiseen matalaluminanssi valaisimeen /16/.

Energiätehokkuuden kasvu toimistovalaisuudessa:

T8-valaisimilla kattoon asennettuna 16W/ m<sup>2</sup>  
T5-valaisimilla kattoon asennettuna 11W/ m<sup>2</sup>  
T5-valaisimilla työvyöhykevalaistuksena 6-8W/ m<sup>2</sup>  
/16/



Työvyöhykevalaistuksella tarkoitetaan valaistusta, joka suunnitellaan työpisteen eri toimintoalueiden mukaan. Erilaisille työtehtäville määritellään valaistustaso. Esimerkiksi toimistossa tietokone työskentelyssä lukualueella tulee olla 500 lx valaistustaso. Apupöydillä 300 lx, mutta näyttöpäätteen kuvaruudulla rajoitetaan vertikaalinen valaistustaso 200 lx:n tasoon /16/. Nämä perustuu standardin SFS-EN 12464-1 valaistusvoimakkuusarvoille. Standardista löytyy satoja huonetiloja ja niille sopivia valaistustasoja.

Työtehoseuran julkaisussa 384 arvioi, että vuonna 2000 keskiarvo toimistotiloissa oli 17,5 W/m<sup>2</sup>. Jatkossa valaistustehoja tulisi saada tippumaan 14 %. Tämä ei ole ongelma, jos käytetään T5-lamppuja, joilla päästään helposti alle 10 W/m<sup>2</sup>.

Ranskalaisessa tutkimuksessa käytiin läpi 26 työpaikkaa puolen vuoden aikana Lyonissa. Valaistuksen laadun ja käytetyn tehon välillä ei ollut korrelaatiota. Pienin teho pinta-alaa kohti oli 6 W/m<sup>2</sup>, jolla vielä valaistus koettiin hyväksi tai erinomaiseksi /25/.

## **6. LAMPPUJEN KÄYTTÖKUSTANNUKSET**

Valaisimien energiankulutus koostuu liitännälaitteesta ja itse lampusta. Kokonaiskustannusta ajatellen kuluttajalle merkitsee myös valaisimien hankintahinta. Elinkaarikustannukset on järkevä tapa ajatella valaistuksen käyttökustannuksia. Kun lasketaan hankintahinta, käyttökustannus ja jätteenkäsittelystä aiheutuvat menot, saadaan valaistukselle kokonaishinta. Taulukossa 7 on vertailtu eri lamppujen kustannuksia valontuoton ja energian kulutuksen kannalta. Siitä voi nähdä, että loisteputket ovat monta kertaa halvempia käyttää kuin hehku- ja halogeenilamput.

Seuraavassa vertailussa on hinnoittelussa käytetty Finnparttia Oy:n hinnastosta 21. Hinnat ovat kappalehintoja (AVL 0%) /17/. Kuluttajahinta

saadaan lisäämällä hintaan 22% liikevaihtovero. Tuotteet on jokaisen kuluttajan ostettavissa.

Haettaessa LEDin vuosikustannuksen kokoluokkaa. Voidaan sitä arvioida, vertailemalla LEDin hintaa vaikka vastaavaan pienoisloistelamppuun. LEDin ja pienoisloistelampun valotehokkuudet ovat suurin piirtein samaa luokkaa (Kuva 12). Erään 5W:n LED hinta on 22 € (230 V) ja erään 26 W:n pienoisloistelampun hinta on 7,5 €.

LEDin vattihinta on:  $5W / 22 \text{ €} = 0,227 \text{ W/€}$

Pienoisloisteputken vattihinta on:  $26W / 7,5 \text{ €} = 3,47 \text{ W/€}$

Jakamalla pienoisloistelampun vattihinta LEDin vattihinnalla, voidaan arvioida miten monta kertaa LEDin vuotuinen kustannus on pienoisloistelamppuun verrattuna:

$$(3,47 \text{ W/€}) / (0,227 \text{ W/€}) = \underline{15,3}$$

LEDin vuotuinen kustannus on noin 15 kertaa suurempi kuin pienoislampun. LED on vielä kallis tapa valaista kokonaiskustannuksiltaan. Kun LEDin hinta laskee loisteputken tasolle, niin LEDin käyttökustannukset alkavat olla kilpailukykyisiä. Ennusteen mukaan tämä hintataso voitaisiin saavuttaa n. 8- vuoden päästä (kuva 11). Samassa ajassa LEDin tehot ovat 16W:n luokkaa ja valotehokkuus on varmasti lisääntynyt.

**Taulukko 7** Lamppukustannuksia laskettaessa on otettu huomioon myös liitäntälaittehäviöt /10/

Valonlähteiden käyttökelpoisuutta arvioitaessa tulee ottaa huomioon niiden vuosittaiset kokonaiskustannukset suhteutettuna lampun valovirtaan. Seuraavassa taulukossa on arvioitu tyypillisten valonlähteiden vuosikustannuksia 1000 lm kohti laskettuna vuosittaiselle 3000 h polttotuntimäärälle, kun sähköenergian hinta on 0,07 €/kWh.

Lamppu + liitäntälaitte	Polttoikä	W	Häviöt	lm	€/kpl	€/klm,v
Suora loistelamppu Ø26mm EL	18000	36	0	3350	2,2	2,19
Suora loistelamppu Ø16mm EL	18000	28	3,5	2600	4,0	2,60
Suora loistelamppu Ø26mm magn.	12000	36	10	3350	2,2	2,83
Pienloistelamppu FSM EL	8500	26	3	1800	7,5	4,59
Monimetallilamppu MT magn.	6000	70	15	6000	30	5,25
Pienloistelamppu FSM magn.	5500	26	8	1800	7,5	5,93
Elohopealamppu QE magn.	6000	50	11	2000	4,0	6,91
WhiteSon-lamppu STH magn.	8000	100	16	4800	45	8,20
Halogeenilamppu HSG EL	4000	50	3	930	1,25	12,05
Hehkulamppu IAA	1000	100	0	1380	0,45	15,02

Taulukossa 8 selviää lamppujen hintatehokkuus. Hintatehokkuuteen vaikuttaa valovirta (lm), teho (W), hyötyikä (1000 h) ja hankintahinta (€). Hintatehokkuus saadaan jakamalla valotehokkuus (lm/W) hyötyikäkustannuksella (€/h). Mitä suurempi hintatehokkuus luku on, sitä edullisempi se on käyttää. T5-loisteputki on selvästi edullisin valaistus ratkaisu. Monimetallilamppu on yllättävän kustannustehoton vaihtoehto. Suurin ongelma monimetallilampulla on hinta, muiden ominaisuuksien ollessa sillä keskitasoa. Arvot ja hinnat on saatu Finnparttia Oy:n hinnastosta 21. Hinnat ovat kappalehintoja (AVL 0%) /17/.

**Taulukko 8** Hintatehokkuuden laskenta

LAMPPU	teho W	valovirta lm	käyttöikä 1000h:a	hinta €	hintatehokkuus
hehkulamppu	60	710	1	0,42	28
energiansäästö-lamppu	11	600	15	7,90	104
loistelamppu T5	28	2900	20	4,90	423
monimetallilamppu	70	5500	6	22	21
suurpainenaatriumlamppu	150	17500	30	19,80	177
led	2	70*	50	10,80	162

\* arvio

## 7. SÄHKÖENERGIAN SÄÄSTÄMINEN

Kotitalouksien käyttämät lamput ja niiden määrät näkyvät taulukossa 9. Hehku- ja halogeenilamppujen kokonaiskulutus on n.1,4 TWh. Tämä on Suomen sähkön kokonaiskulutuksesta 1,6 %. Jos kaikki hehkulamput vaihdettaisiin pienoisloistelamppuihin, saataisiin säästöä seuraavasti: hehkulampan ja yksikantaloistelampan erotus kerrotaan kappalemäärällä ja vuosittaisella käyttöajalla:

$$(58W-10W) \times 45\,296\,000 \times 511h = 1,1TWh$$

Saatu arvo on 1,2 % sähkön kokonaiskulutuksesta. Kotitalouksien sähkönkäytöstä se on n. 5 %, joka alkaa olla merkittävä osa jokaisen perheen sähkönkulutuksesta. Pelkän valaistuksen osalta säästöä tulee n. 30 %.

**Taulukko 9** Kotitalouksien käyttämät lamputyytit /8/

Lampputyyppi	Laitekanta		Keskimääräinen teho W	Polttoaika		Kokonaiskulutus	
	Kpl/ asunto	Kpl		h/vrk	h/a	GWh/a	%
Hehkulamput	19	45 296 000	58	1,4	511	1342	83
Halogeenilamput	0,5	1 192 000	21	2	730	18	1,1
Vakioaloistelamput	3	7 152 000	25+11=36	2,5	913	235	14,5
Yksikantaloistelumput	1	2 384 000	10	2,5	913	22	1,4
<b>Yhteensä</b>	<b>23,5</b>	<b>56 024 000</b>				<b>1617</b>	<b>100</b>

Suomessa on n. 2,4 miljoonaa asuntoa, joten säästö asuntoa kohti vuodessa tulee:

Säästettävä energia    1 100 000 000 kWh  
Asuntojen määrä        2 400 000  
Energian hinta            0,1 1 €/kWh

$(1\ 100\ 000\ 000\ \text{kWh} / 2\ 400\ 000) \times 0,1\ \text{€}/\text{kWh} = 46\ \text{€}$  (460 kWh / a / asunto).

Jos tarkastellaan asiaa suhteutettuna perheen tuloihin, saadaan kustannuksen kokoluokka selville. Perheen keskitulot vuodessa ovat n. 61 320 € /13/. Verot  $0,24 \times 61320\text{€} = 14\ 716\ \text{€}$  /14/. Perheen tulot verojen jälkeen on noin 46 603 €. Energian kustannus säästö tuloihin verrattuna on 0,1 %, vaikka toisaalta se on kotitalouden koko sähköenergian kulutuksesta 5 %. Tällä voi olla vaikutusta kuluttajan tarpeeseen vaihtaa hehkulamppuja energiatehokkaampiin, koska rahallinen etu on tuloihin nähden vähäinen. Sekä energiasäästölamppun ostohinta on moninkertainen verrattuna hehkulamppuun. Käytännössä hehkulamppu kestää ainakin vuoden tai parhaimmillaan useita vuosia, eikä sen vaihtovälistä synny välttämättä ongelmaa.

## **8 SÄHKÖN SÄÄSTÄMINEN LÄMMITYKSESSÄ**

Vuonna 2002 sähkön tuotannon huipputeho oli 12 GW, josta arvioitiin olevan 4GW sähkölämmitystalojen osuus, kun ulkolämpötilat olivat -30 °C /19/.

Vuosina 2006 ja 2007 huipputeho on ollut 15 GW ja siitä voisi arvioida sähkölämmitystalojen osuudeksi ainakin 5 GW. Tuotanto huiput ovat suurimpia CO<sub>2</sub>-päästöjen aiheuttajia, koska lämmitys tarpeen täyttämiseen käytetään pääasiallisesti fossiilisia energialähteitä. Sähkölämmityksen keskimääräiseksi päästökertoimeksi on arvioitu 400 Kg CO<sub>2</sub> / MWh. Lämmityksen osuus on noin puolet kaikesta sähkön kulutuksesta kotitalouksissa.

## 8.1 Ilmalämpöpumppu

Valaistus on yksi tapa säästää energiaa, mutta on myös monta muuta sähkön käyttö kohdetta, joissa voidaan tehdä säästö toimenpiteitä. Ilmalämpöpumput ovat yksi tapa säästää sähköenergiaa ja sen vaikutukset ovat huomattavat. Ilmalämpöpumpulla saadaan paras hyöty 15 °C – -15 °C lämpötila alueella. Suomessa on yli 370 000 taloa joissa on huonekohtainen sähkölämmitys, joihin olisi edullista asentaa ilmalämpöpumppu. Omakotitalo joka on kooltaan 140 m<sup>2</sup>, saattaa kuluttaa sähkölämmityksen osalta 12 000 kWh/a. Tästä voidaan säästää 35 % eli 4200 kWh/a (420 € / a), ilmalämpöpumpun avulla /17/.

Ilmalämpöpumpulla säästetään huonetilojen lämmitysenergiaa:

- 35 % pientalossa, jossa huonekohtainen sähkölämmitys
  - 25 % pientalossa, jossa vesikiertoinen sähkölämmitys
  - 30 % rivitalossa, jossa huonekohtainen sähkölämmitys
  - 25 % rivitalossa, jossa vesikiertoinen sähkölämmitys
- /17:29/

## 8.2 Puulämmitys

Puulämmitys on edullinen tapa lämmittää ja sen CO<sub>2</sub>-päästöiksi on sovittu nolla. Halkojen hinta on n. 3,3 c/kWh, pelletin n. 3,6 c/kWh, sähkön hinta on n.10 c/kWh. Jos otetaan huomioon hyötysuhde, saadaan hinnaksi:

- halko kattilalämmitys  $3,3 \text{ c/kWh} / 0,8 = 4,1 \text{ c/kWh}$ ,
- halko takka  $3,3 \text{ c/kWh} / 0,65 = 5,1 \text{ c/kWh}$
- pelletti  $3,6 \text{ c/kWh} / 0,8 = 4,5 \text{ c/kWh}$ .
- Sähkölämmityksessä hyötysuhde on 100 %, joten hinta on 10 c/kWh.

Puulämmityksellä päästään noin puoleen lämmityskuluissa verrattuna sähkölämmitykseen /18/.

Nunna Uuni ilmoittaa takoilleen luovutustehoksi keskimäärin 2 kW. Jos ajatellaan, että takan luovutusenergia olisi 2 kW:a. Suomessa on n. 370 000 takkaa, jos näitä lämmitettäisiin vaikka 2 kuukautta (1440h) vuoden aikana, saataisiin siitä energia määräksi 1 TWh. Säästöä taloa kohti tulisi 2700 kWh (270 € / a). Vastaavasti 2 kW luovutusteholla saavutettaisiin huipputehoin 370 000 x 2kW = 740 MW:n vähennys, joka on n. 19 % sähkölämmitystalojen huipputehosta.

Kuutio kuivaa koivupilkettä vastaa energia määrältään 100 litraa kevyttä polttoöljyä (1100 kWh). Puulämmityksen järkevä käyttöjako tulisi sijoittua pakkasjaksoille, jolloin fossiilisten polttoaineiden käyttö on suurimmillaan. Samalla vaikutetaan positiivisesti sähköenergian huipputehoin. Ei ole selvää tutkimusta takan käyttöajoista, mutta oman kokemuksen pohjalta takan käyttö korreloi selvästi pakkasen kanssa, mikä on hyvä asia CO<sub>2</sub>-päästöjen suhteen.

Puun käyttö energian lähteenä on kuitenkin kyseenalaista, vaikka sen CO<sub>2</sub>- päästöt katsotaan olevan lähellä nollaa. Puun käytöllä on sama vaikutus, kuin muillakin saman energia määrän sisältävillä lähteillä. Koska ihminen voi helposti tuhota kaikki maapallon puut, esimerkkinä: Amatsoni, jossa on huomattava osa poltettu pelloiksi tai otettu teollisuuden tarpeisiin, lyhyessä ajassa. Kasvillisuus ja etenkin puut on merkittävä CO<sub>2</sub>-päästöjä vähentävä tekijä maapallolla. Jokainen poltettu puu lisää CO<sub>2</sub>-päästöjä ja vähentää CO<sub>2</sub>- päästöjen sitomista.

### 8.3 Lämmöneristys

C3 rakennusmääräyskokoelma määrittää rakennusten lämmöneristämisen. Määräys on tullut voimaan 1.10.2003. Vieressä uusi 1.1.2008 voimaan tulevat vaatimukset. Lämmönläpäisykerroin U (W/m<sup>2</sup>K) ilmoittaa eristyksen lämpövastuksen. Rakenteille on määritelty arvot joita ei saa ylittää:

RAKENNE	2003	2008
- seinä	0,25 W/m <sup>2</sup> K	0,24 W/m <sup>2</sup> K
- yläpohja	0,16 W/m <sup>2</sup> K	0,15 W/m <sup>2</sup> K
- alapohja	0,20 W/m <sup>2</sup> K	0,19 W/m <sup>2</sup> K
- maapohja	0,25 W/m <sup>2</sup> K	0,24 W/m <sup>2</sup> K
- ikkuna, ovi	1,4 W/m <sup>2</sup> K	1,4 W/m <sup>2</sup> K

Talon lämmöneristys on yksi energiatehokkuuteen vaikuttava tekijä. Määräyksien kiristämällä on parannettu lämmöneristystä 4 %. Talossa jossa on villaa seinissä n. 175 mm. Lisäämällä eristysvillaa 45 mm, voidaan parantaa energiansäästöä seuraavasti yksinkertaistetun laskelman mukaan:

Seinä villaa 175mm	U arvo on 0,22 W/m <sup>2</sup> K /LIITE 3/
Seinä villaa 220mm	U arvo on 0,17 W/m <sup>2</sup> K /LIITE 4/
Seinän pinta-ala	120 m <sup>2</sup>
Katon pinta-ala	140 m <sup>2</sup>

$0,22 \text{ W/m}^2\text{K} - 0,17 \text{ W/m}^2\text{K} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$  (lisäeristykseen U-arvo 50 mm)  
 $0,05 \text{ W/m}^2\text{K} \times 260 \text{ m}^2 \times 4502\text{K} \times 24\text{h} = 1404 \text{ kWh} / \text{a}$  (140 € / a)  
 $1404 \text{ kWh} / 12\ 000 \text{ kWh} \times 100 \% = 12 \% \text{ säästö energiankulutuksessa.}$   
 Eristeet maksavat, (260m<sup>2</sup>) n.730 €.

Lämmitystarvelukua laskettaessa käytetään sisälämpötilana +17 °C. Loput kolme astetta muodostuu taloussähköstä, ihmisistä ja auringosta. Näin ajateltuna asunnon lämpötila on 20 °C. Esimerkiksi, jos erään vuorokauden keskilämpötila on -5 °C, tulee lämmitystarveluvuksi (17 °C – (-5 °C)) Kd = 22 Kd.

Taulukosta 5 voidaan nähdä, että Tampereen luku koko vuodelle on 4502. Jos keskilämpötila nousee ilmastomuutoksen vaikutuksesta 1 °C, niin Tampereen astepäiväluku olisi 4502 – 365 = 4137. Tämä merkitsee 8 % säästöjä lämmitys kustannuksissa. Ennusteen mukaan Suomen keskilämpötila nousee puoli astetta vuosikymmenessä /24/.



**Taulukko 10** lämmitystarvelukuun 1971–2000 on laskettu 30 vuoden ajalta keskiarvo /20/

Lämmitystarveluvut 1971-2000													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	vuosi
Maarianhamina	599	577	559	424	216	36	7	22	160	320	433	543	3896
Helsinki-Vantaa	691	647	593	402	165	18	4	27	185	364	502	631	4229
Helsinki Kaisaniemi	657	619	574	404	169	12	2	15	144	331	468	594	3989
Pori	680	639	589	413	189	25	5	29	195	364	500	627	4255
Turku	667	629	582	399	170	19	4	23	170	352	488	612	4115
Tampere-Pirkkala	734	681	614	411	186	29	6	39	211	382	537	672	4502
Lahti Laune	737	686	615	419	172	25	6	36	215	394	533	674	4512
Lappeenranta	771	702	624	425	177	26	6	34	204	404	548	691	4612
Jyväskylä	789	727	650	464	217	43	13	63	251	427	576	725	4945
Vaasa	732	667	620	445	215	33	9	47	221	397	535	667	4588
Kuopio	820	748	657	468	213	34	8	43	216	415	579	742	4943
Joensuu	837	762	670	479	231	43	12	55	237	434	598	759	5117
Kajaani	867	783	695	502	260	59	21	82	266	460	630	795	5420
Oulu	829	749	674	484	263	49	11	62	243	442	606	758	5170
Sodankylä	964	840	759	570	358	113	55	150	330	545	742	911	6337
Ivalo	947	823	752	575	387	153	76	157	328	545	744	894	6381

## 9 AUTON KÄYTTÖ

Vertailun vuoksi tarkastellaan polttoaineen CO<sub>2</sub> päästöjä. Henkilöauto jolla ajetaan vuodessa 20 000km ja CO<sub>2</sub> päästöt on 174 g/km (Peugeot 307, 7,4 l/100km), synnyttää päästöjä seuraavasti:

$$\text{CO}_2 - \text{päästöt} = 20\,000\text{km} \times 174 \text{ CO}_2 \text{ g/km} = 3480 \text{ kg CO}_2$$

Sähkön keskimääräinen päästökerroin on 204 kg CO<sub>2</sub> / MWh

$$\text{Vastaa sähkönkulutusta (3480 kg CO}_2) / (204 \text{ kg CO}_2 / \text{MWh}) = 17\,000 \text{ kWh}$$

Tämä vastaa suurin piirtein sähkölämmitys talon sähkönkulutusta.

Vastaavasti hehkulamppujen vaihto energiansäästölamppuihin säästää 460 kWh perhettä kohden (taulukko 9). Tämä vastaa ajo kilometreinä:

$$460 \text{ kWh} \times (204 \text{ kg CO}_2 / \text{MWh}) = 93,8 \text{ kg CO}_2$$

$$93,8 \text{ kg CO}_2 / 174 \text{ g/km} = 540 \text{ km}$$

Ajamalla vuodessa 540 km vähemmän, niin se vastaa säästöä, jonka saavutat hehkulamppujen vaihtamisella. Tämän 540 km polttoaineen hinnaksi tulee 52 €, jos bensa maksaa 1,3 €/l ja kulutus on 7,4 l/100km.

Rahallinen säästö on samaa luokkaa kuin hehkulamppujen vaihtamisella saavutettu hyöty (46 €).

## 10 YHTEENVETO

Ei ole mitään merkittävää yksittäistä säästötoimenpidettä sähköenergian käytössä. Hehkulamppujen vaihto, lämpöilmapumppu, puulämmitys ja lisäeristäminen säästävät. Näillä säästö toimenpiteellä on kuitenkin usean vuoden takaisinmaksuaika eli aika, jonka jälkeen kuluttajalle tuleva taloudellinen hyöty alkaa kertyä. Kuluttajan asemaa kuvaa hyvin tilanne kaupan hyllyllä, jossa hän joutuu valitsemaan 0,5 €:n ja 10 €:n maksavan lampun väliltä. Siinä tilanteessa helposti valitaan halvempi vaihtoehto eli hehkulamppu. Monissa kodinkoneissa voidaan tehdä valintoja energiatehokkuuksien välillä ja voidaan saada säästöjä aikaan. Motivan mukaan omilla toimenpiteillä voidaan säästää 10 – 15 % taloussähköstä vuodessa (52- 78 €/a).

Hehkulamulla on oma potentiaalinsa tällä hetkellä, mutta tällä energiankulutuksen kasvuvauhdilla hehkulamppujen vaihto energiasäästölamppuihin, hidastaisi kasvua vain puolesta vuodesta vuoteen. Sen jälkeen hehkulamppujen poistamisella saavutettu hyöty on kulutettu loppuun. Ottamalla käyttöön lämpöilmapumppu, sen vaikutus Suomen kulutuksessa olisi samaa luokkaa kuin hehkulampuilla, kun huomioidaan niiden määrä (370 000kpl) kaikkien talouksien määrästä. Kulutuksen tehostamisella kasvu voidaan korkeintaan pysäyttämään vuodeksi tai kahdeksi, jos kaikki kotitalouksien toimenpiteet otettaisiin käyttöön heti. Käytännössä toimenpiteet jakautuvat useamman vuoden ajalle, jolloin säästön vaikutus näkyy vain pienempänä kulutuksen nousuna koko Suomen sähköenergian käytössä (kuva 12).

Ajamalla joka päivä 3 km (1000 km/a) vähemmän saavutetaan yhtä suuri päästöjen säästö, kuin vähentämällä erilaisin keinoin kotitalouksien sähkön käyttöä. Mikä parasta, tämä hyöty näkyy heti kukkarossa. Säästäminen sähkön osalta vaikuttaa vaikealta, koska siitä ei tunnu hyötyvän paljon ja takaisinmaksu on hidasta.

Uskon lamppujen osalta, että LED tulee korvaamaan aikanaan hehkulamput ja halogeenilamput lähes kokonaan ja muut lamput osittain. Lakiehdotus hehkulamppujen kieltämisestä tulisi voimaan aikaisintaan kolmen vuoden siirtymisajan jälkeen. Tässä ajassa LED-valojen tehot ovat nousseet niin, että ne ovat jo silloin syrjäyttämässä termiseen valontuottoon perustuvat lamput. Siirtyminen toimisto valaistuksessa T5-putkiin on myös järkevää. Suunnittelulla voidaan luoda energiatehokkaita ratkaisuja sekä oikeanlainen käyttö vaikuttaa merkittävästi kulutukseen.

Ongelmana on se että, taloudellisesti ei säästetä niin paljon, kuin säästetään CO<sub>2</sub> päästöissä. Sähkön hinta on niin pieni, että sähköenergiaa ei kannata säästää. Euroopassa sähkön keskihinta on 50 % enemmän kuin Suomessa (0,15 € / kWh).

Ainut tehokas tapa vähentää päästöjä on energian hintojen nostaminen (verotus). Yleinen energian kulutukseen perustuva verotus lampuilla ohjaisi varmasti osto päätöksiä oikeaan suuntaan. Lamppu, jonka valotehokkuus (lm/W) on pieni, verotettaisiin enemmän ja lamppu, jonka valotehokkuus on suuri, verotettaisiin vähemmän. Tämän tyylinen menettely on jo otettu käyttöön esimerkiksi autoissa. Energiaverotuksen kautta tulevia tuloja voitaisiin ohjata esim. sairaan- ja vanhustenhoitoon, tai muuhun hyvinvointiin joka ei "saastuta". Maksamalla enemmän kulutuksesta, saisit enemmän hoitoa, voisi mahdollistaa energian lisä verotuksen (kulutuksen pienentämisen).

## LÄHTEET

### Painetut lähteet

- 1 Lamput ja valaisimet. Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry:n ja Suomen Valotekniikan Seura ry:n julkaisu. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 1999
- 7 Valo-lehti 2/2004.
- 8 Korhonen, Pihala, Ranne, Ahponen, Sillanpää, Kotitalouksien ja toimistojen laitesähkönkäytön tehostaminen, Työtehoseuran julkaisu 384, Helsinki, 2002
- 9 ST 58.20 Energiaa säästävät ratkaisut. valaistus, Sähkötieto ry
- 24 Projektuuutiset-lehti 5/2007
- 25 Sähköala-lehti 8/2007
- 28 Suomen valoteknillinen seura 1986: 9/1986  
Valaistussuositukset sisävalaistus. Jyväskylä: Suomen valoteknillinen seura ry

### Sähköiset lähteet

- 2 SÄHKÖTEKNIikka OPUS. Leena Korpinen  
[www-sivu]. [viitattu 19.10.2007]  
Saatavissa: <http://www.e-leeh.org/svtopus/teksti/luku13.html#13>

- 3 SARMALUX LED-valaistus  
[www-sivu]. [viitattu 19.10.2007]  
Saatavissa: <http://www.ledivalot.fi/LED'laaja.pdf>
- 4 LIMIC OY  
[www-sivu]. [viitattu 19.10.2007]  
Saatavissa: <http://www.limic.fi>
- 5 CUBE Vuosiseminaari Prof. Liisa Halonen 11.10.2004  
[www-sivu]. [viitattu 20.10.2007]  
Saatavissa: [http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/CUBE/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta\\_ja\\_aktivointi/Seminaarit/Seminaarit\\_2004/3\\_Vuosiseminaari\\_2004/11\\_Halonen.pdf](http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/CUBE/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Seminaarit/Seminaarit_2004/3_Vuosiseminaari_2004/11_Halonen.pdf)
- 6 LED – valaistujärjestelmä lähellä läpimurtoa. Prof. Liisa Halonen  
[www-sivu]. [viitattu 20.10.2007]  
Saatavissa: [http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/CUBE/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta\\_ja\\_aktivointi/Seminaarit/Seminaarit\\_2003/vuosiseminaari\\_2003/41\\_Liisa\\_Halonen.pdf](http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/CUBE/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Seminaarit/Seminaarit_2003/vuosiseminaari_2003/41_Liisa_Halonen.pdf)
- 10 Valonlähteet Luminord-seminaari 6.2.2007. Oy Osram Ab  
Paula Fagerroos  
[www-sivu]. [viitattu 24.10.2007]  
Saatavissa: <http://www.nssoy.fi/lumi/Luminord%202007%20Valonlahteet.pdf>
- 11 Valaisimet Luminord-seminaari 22.2.2007. Markku Varsila  
[www-sivu]. [viitattu 24.10.2007]  
Saatavissa: <http://www.nssoy.fi/lumi/Luminord%20seminaari%202007.pdf>

- 12 Energiavuosi 2006 tiedotustilaisuus 19.1.2007,  
Energiateollisuus ry  
[www-sivu]. [viitattu 25.10.2007]  
Saatavissa: [http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/ajankohtaista/lehdist%c3%b6tiedotteet/liitteet/suomenkielinen%20s%c3%a4hk%c3%b6vuosi%202006%20ppt-kuvat%20.ppt?SectionUri=%2ffi%2fajankohtaista%2flehdistotiedotteet#338,9,Sähkön\\_hankinta\\_energiälähteittäin\\_2006\\_\(90,0\\_TWh,\\_ennakkotieto\)](http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/ajankohtaista/lehdist%c3%b6tiedotteet/liitteet/suomenkielinen%20s%c3%a4hk%c3%b6vuosi%202006%20ppt-kuvat%20.ppt?SectionUri=%2ffi%2fajankohtaista%2flehdistotiedotteet#338,9,Sähkön_hankinta_energiälähteittäin_2006_(90,0_TWh,_ennakkotieto))
- 13 Tilastokeskus  
[www-sivu]. [viitattu 25.10.2007]  
Saatavissa: [http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk\\_palkat.html](http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_palkat.html)
- 14 Verottaja  
[www-sivu]. [viitattu 25.10.2007]  
Saatavissa: <http://www.vero.fi/>
- 15 Finnparttia Oy Hinnasto  
[www-sivu]. [viitattu 1.11.2007]  
Saatavissa: [http://www.finnparttia.fi/kuvat/HINN\\_17MR.PDF](http://www.finnparttia.fi/kuvat/HINN_17MR.PDF)
- 16 Elektroskandia valaisinluettelo  
[www-sivu]. [viitattu 3.11.2007]  
Saatavissa: [http://www.elektroskandia.fi/valaisinluettelo/xpdf/yl/yleista\\_5.pdf](http://www.elektroskandia.fi/valaisinluettelo/xpdf/yl/yleista_5.pdf)
- 17 Teknillisen korkeakoulun Sähköverkot ja suurjännitetekniikan julkaisuja Espoo 2007  
IT-sovellukset ja energiatehokkuuden kehittäminen  
[www-sivu]. [viitattu 4.11.2007]  
Saatavissa: [http://powersystems.tkk.fi/julkaisut/Climbus-IT\\_978-951-22-8835-9.pdf](http://powersystems.tkk.fi/julkaisut/Climbus-IT_978-951-22-8835-9.pdf)

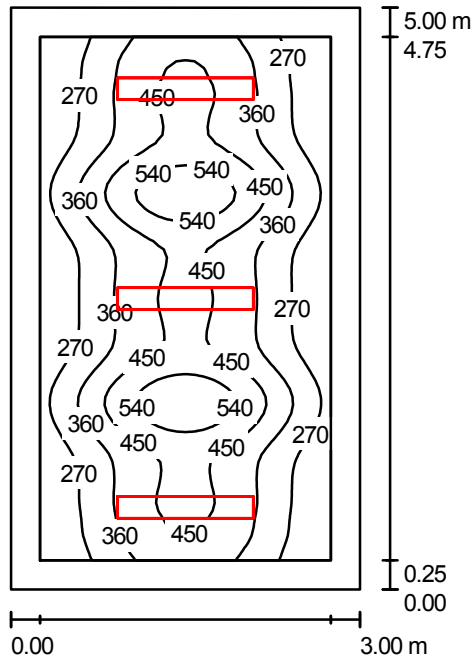
- 18 Metsäkeskus Lämmityjärjestelmät.  
[www-sivu].[viitattu 4.11.2007]  
Saatavissa:[http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/603BD2A1-6287-4404-9E05-B27DE418D202/5476/energia\\_Lammitysjarjestelmat.pdf](http://www.metsakeskus.fi/NR/rdonlyres/603BD2A1-6287-4404-9E05-B27DE418D202/5476/energia_Lammitysjarjestelmat.pdf)
- 19 TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
Sähkölämmitys ja lämpöpumput sähkönkäyttäjinä ja päästöjen aiheuttajina Suomessa  
Juhani Heljo, Hannele Laine Tampere 2005  
[www-sivu].[viitattu 4.11.2007]  
Saatavissa:[http://www.tut.fi/units/rka/rtt/tutkimus/ekorem/EKOREM\\_L\\_P\\_ja\\_sahko\\_raportti\\_051128.pdf](http://www.tut.fi/units/rka/rtt/tutkimus/ekorem/EKOREM_L_P_ja_sahko_raportti_051128.pdf)
- 20 Ilmatieteen laitos  
Lämmitystarveluvut  
[www-sivu].[viitattu 4.11.2007]  
Saatavissa: [http://www.fmi.fi/saa/tilastot\\_148.html](http://www.fmi.fi/saa/tilastot_148.html)
- 21 MOTIVA  
Yksittäisen kohteen CO<sub>2</sub>- päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO<sub>2</sub> -päästökertoimet.  
[www-sivu].[viitattu 4.11.2007]  
Saatavissa: [http://www.motiva.fi/attachment/f16d4d543f99d7a59f54560a69063a0e/a8a7afda7535c2d9768af49e885a4959/Laskentaohje\\_CO2\\_kohde\\_040622.pdf](http://www.motiva.fi/attachment/f16d4d543f99d7a59f54560a69063a0e/a8a7afda7535c2d9768af49e885a4959/Laskentaohje_CO2_kohde_040622.pdf)
- 22 Halkoliiteri.com  
[www-sivu].[viitattu 9.11.2007]  
Saatavissa:<http://www.halkoliiteri.com/sivu/?navi=1,2,18>
- 23 Innojok  
[www-sivu].[viitattu 9.11.2007]  
Saatavissa:<http://www.innojok.fi/valaistuss/index2.php?sivu=46>



- 24 Innojok  
[www-sivu].[viitattu 9.11.2007]  
Saatavissa:<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=49684&lan=fi>
- 25 Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu  
[www-sivu].[viitattu 15.3.2008]  
Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1885&lan=fi>
- 26 Eduskunta  
[www-sivu].[viitattu 15.3.2008]  
Saatavissa:  
[http://www.eduskunta.fi/faktatmp/utatmp/akxtmp/la\\_37\\_2007\\_p.shtml](http://www.eduskunta.fi/faktatmp/utatmp/akxtmp/la_37_2007_p.shtml)
- 27 Rensselaer  
[www-sivu].[viitattu 15.3.2008]  
Saatavissa: <http://www.ecse.rpi.edu/~schubert/Light-Emitting-Diodes-dot-org/chap16/chap16.htm>
- 28 [www-sivu].[viitattu 12.10.2008]  
Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Etusivu>
- 29 [www-sivu].[viitattu 25.04.2009]  
Saatavissa:  
<http://www.tekniikka.info/?page=hakusanaluettelo&acolor=EAEAEA&bcolor=FFFFFF&ID=4e298adcc2abdc2964ea870d9c38dfad>

Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

# LIITE 1



Tilan korkeus: 3.000 m, Asennuskorkeus: 2.300 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:65

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	371	180	622	0.49
Lattia	20	264	143	390	0.54
Katto	70	41	26	48	0.65
Seinät (4)	50	90	24	430	/

### Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 64 x 32 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

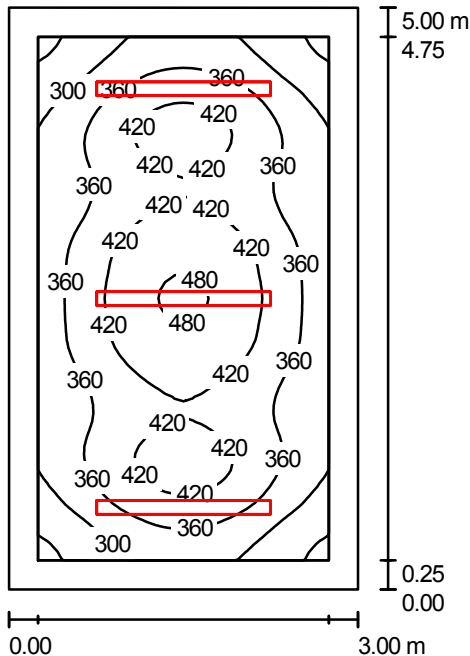
### Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	3	Philips OfficeNova 240TCS 1xTL5-28W/830 HF D6 (1.000)	2600	33.0
Yhteensä:			7800	99.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $6.60 \text{ W/m}^2 = 1.78 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $15.00 \text{ m}^2$ )

Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## LIITE 2



Tilan korkeus: 3.000 m, Asennuskorkeus: 3.000 m, Huoltokerroin: 0.80

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:65

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	373	225	488	0.60
Lattia	20	272	185	362	0.68
Katto	70	61	39	72	0.65
Seinät (4)	50	138	36	491	/

### Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m  
Rasteri: 64 x 32 Pisteet  
Reuna-alue: 0.250 m

### Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	3	Philips OfficeNova 240TCS 1xTL5-35W/830 HF D6 (1.000)	3300	40.0
Yhteensä:			9900	120.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $8.00 \text{ W/m}^2 = 2.15 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $15.00 \text{ m}^2$ )

Rakennuskohde

Sisältö

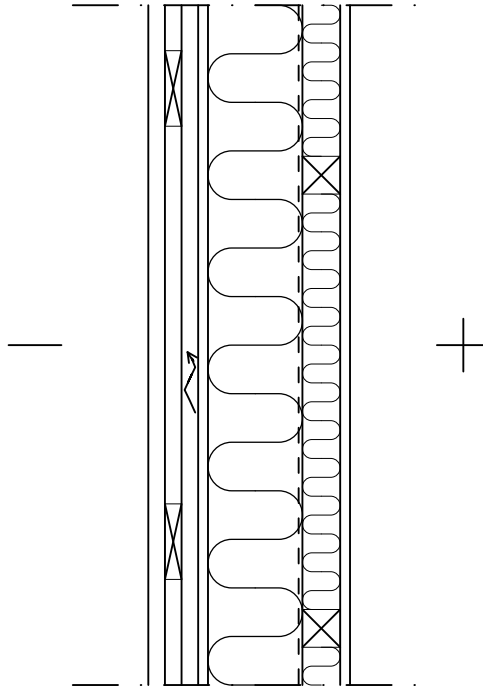
LIITE 3

Suunnittelija

Työ nro

Päiväys

US212



	Ulkoverhous
22+22 mm	Ristikoolaus 22x100 k600 + 22x100 k600 (tuuletus)
9 mm	Tuulensuojakipsilevy GTS-9, saumat tiivistetty
125 mm	Lämmöneriste ISOVER KL-35-125 ja kantava runko 50x125 k600
	Höyrynsulku
50 mm	Lämmöneriste ISOVER KL-35-50 ja koolaus 50x50 k600
13 mm	Kipsilevy GN-13 tai GEK-13

 $\lambda$ Lämmönläpäisykerroin (laskennassa käytetty lämmönjohtavuus  $\lambda$ )U=0.22 W/m<sup>2</sup>K

REI 30

R'<sub>w</sub> ~43 dBR<sub>w</sub> 45-50 dBC<sub>r</sub> -9

TÄULUKKO MUISTA LÄMMÖNERISTEYHDISTELMISTÄ:

Puurunko, runkotolpan leveys 50 mm k600

Tuulisuoja  
(saumat teipatut)

Lämmöneriste

GTS-9

KL-35-150 + KL-35-50  
KL-35-175 + KL-35-50
 $\lambda$  U-arvo  
d-arvoilla  
0.19  
0.17

Rakennuskohde

Sisältö

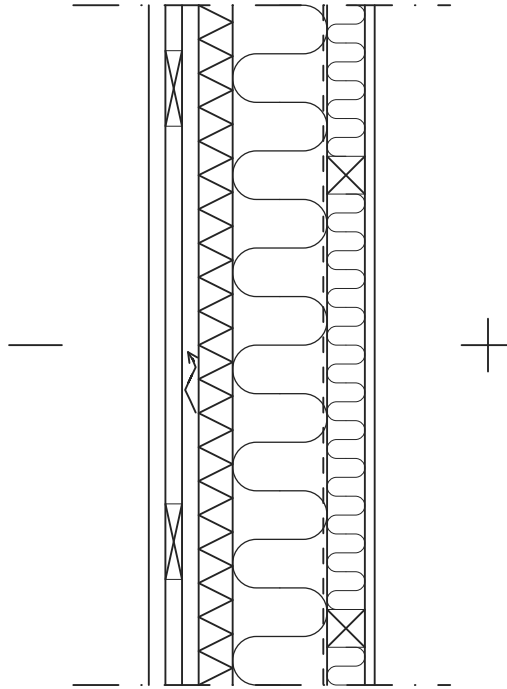
LIITE 4

Suunnittelija

Työ nro

Päiväys

US213



Ulkoverhous

22+22 mm

Ristikoolaus 22x100 k600 + 22x100 k600 (tuuletus)

45 mm

Tuulensuoja ja lämmöneriste, ISOVER RKL-A-45 / RKL-45

125 mm

Lämmöneriste ISOVER KL-35-125 ja kantava runko 50x125 k600

Höyrynsulku

50 mm

Lämmöneriste ISOVER KL-35-50 ja koolaus 50x50 k600

13 mm

Kipsilevy GN-13 tai GEK-13

 $\lambda$ Lämmönläpäisykerroin (laskennassa käytetty lämmönjohtavuus  $\lambda$ )U=0.17 W/m<sup>2</sup>K

EI 30

R<sub>w</sub> ~43 dBR<sub>w</sub> 45-47 dBC<sub>r</sub> -8

TÄULUKKO MUISTA TUULENSUOJA- JA LÄMMÖNERISTEYHDISTELMISTÄ:

Puurunko, runkotolpan leveys 50 mm k600

Tuulisuoja

Lämmöneriste

(saumat teipatut)

 $\lambda$ U-arvo  
 $\lambda$ -arvoilla

RKL-A-60

KL-35-125 + KL-35-50

RKL-A-45

KL-35-150 + KL-35-50  
KL-35-175 + KL-35-50

0.16

RKL-EJ-25

KL-35-125 + KL-35-50  
KL-35-150 + KL-35-50

0.15

0.14

0.19

0.17