

Jani Saarenmaa

ENERGIATEHOKKAAN VALAISTUKSEN JA KNX –
KIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU
SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULUSSA

Sähkötekniikan koulutusohjelma
Sähkövoima- ja automaatiotekniikan suuntautumisvaihtoehto
2010

ENERGIATEHOKKAAN VALAISTUKSEN JA KNX –
KIINTEISTÖAUTOMAATION SUUNNITTELU SATAKUNNAN
AMMATTIKORKEAKOULUSSA

Saarenmaa, Jani
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Huhtikuu 2010
Ohjaaja: Viljanen, Timo
Sivumäärä: 66
Liitteitä: 4

Asiasanat: energiatehokkuus, yliaallot, kompensointi, kiinteistöautomaatio

Tämä opinnäytetyö koostuu kolmesta osa-alueesta, jotka kaikki omalta osaltaan liittyvät energiatehokkuuteen. Työn aiheina olivat energiatehokkaan valaistuksen mittaus, suunnittelu, sekä KNX – taloautomaatiojärjestelmän toteutus.

Työn ensimmäisessä osassa selvitettiin erityyppisten energiansäästölamppujen verkkoaiikutuksia, sekä niiden energiatehokkuutta. Lampuista selvitettiin mittauksilla mm. särö-, loistehoarvot, sekä yliaallot ja niiden kompensointi. Mittauksissa havaittiin, että energiansäästölamput tuottavat paljon yliaaltoja ja loistehoa sähköverkkoon, jotka lamppujen yleistyessä lisäävät verkon kompensointitarvetta. Kuluttajan kannalta positiivista lampuissa on pätötehon kulutuksen huomattava lasku.

Toisessa osassa työtä selvitettiin Philips TL – D Eco - loisteputkivalaisimien energiatehokkuutta verrattuna Satakunnan ammattikorkeakoulun nykyisiin standardin mallisiin loisteputkivalaisimiin. Vertailun tarkoituksena oli selvittää loisteputkivalaisimien valaistusvoimakkuus, kustannukset investointilaskelmilla ja mahdollinen taloudellinen hyöty.

Työn kolmas osa tutki KNX – taloautomaatiojärjestelmän ideaa yhdistää rakennuksen kaikki toiminnot yhtenäiseksi älykkääksi verkoksi. Työ aloitettiin selvittämällä KNX – taloautomaatiojärjestelmän perusteita ja toimintamallia. Satakunnan ammattikorkeakoulun sähkötekniikan koulutusohjelma on kiinnostunut lisäämään koulutustarjontaansa KNX – taloautomaatiota, mistä johtuen työssä selvitettiin sopivan kokonaisuuden kattava järjestelmä koululle. Tähän tarkoitukseen valittiin Hagerin KNX – järjestelmä, jonka jälleenmyyjänä toimii Suomessa UTU.

ENERGY-EFFICIENT LIGHTING AND KNX – INTELLIGENT
BUILDING CONTROL SYSTEM DESIGN AT SATAKUNTA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Saarenmaa, Jani

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

April 2010

Viljanen, Timo

Number of Pages: 66

Appendices: 4

Key Words: energy-efficiency, harmonics, compensation, intelligent building control system

This thesis consists of three sections, each for its part relating to energy-efficiency. The objective of the thesis was the measurement and design of energy-efficient lighting and implementation of the KNX – Intelligent Building Control system.

The first part of the thesis consisted of the examination of effects of energy saving lamps on power grid and their energy efficiency. Measurements were made to analyse distortion, reactive power, and harmonics and their compensation. The measurements showed that energy saving lamps produce a large quantity of harmonics and reactive power onto the power grid, thus increasing the need for grid compensation as these lamps become more and more common. With regard to consumers, the substantial decrease in active power consumption is very positive.

The second part of the thesis examined the energy efficiency of Philips TL-D Eco fluorescent lamps compared to the standard fluorescent lamps currently used at Satakunta University of Applied Sciences. The objective of this comparison was to study the illuminance of the fluorescents lamps, their costs by making investment calculations and their possible economic benefit.

The third part of the thesis analysed the idea of the KNX – Intelligent Building Control system to combine all building functions into one integral and intelligent network. First, the basics and operation model of the KNX – Intelligent Building Control system were examined. The Degree Programme in Electrical Engineering at Satakunta University of Applied Sciences is interested in increasing its KNX – Intelligent Building Control education, on the basis of which the thesis also defined a module that would cover a suitable part of the system for the University. The module chosen was the Hager KNX – system whose retailer in Finland is Urho Tuominen Oy (UTU).

SISÄLLYS

NIMIÖLEHTI

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	7
2	ENERGIATEHOKAS VALAISTUS.....	8
2.1	EU – lainsäädäntö	8
2.2	Koulurakennuksen valaistusvaatimukset.....	9
2.3	Satakunnan ammattikorkeakoulun lähtökohdat.....	10
3	VALAISTUSTEKNISET SUUREET.....	11
3.1	Näkyvä valo	11
3.1.1	Valovirta.....	12
3.1.2	Valomäärä	12
3.1.3	Valovoima	12
3.1.4	Valaistusvoimakkuus	12
3.1.5	Valotehokkuus.....	12
3.1.6	Skalaarivalaistusvoimakkuus	13
3.1.7	Luminanssi	13
3.2	Värioppi	13
3.2.1	Väriämpötila.....	13
3.2.2	Värintoistoindeksi	14
4	SISÄVALAISTUKSEN VALINTA	14
4.1	Valaisimien valinta	15
4.1.1	Hehkulamput	15
4.1.2	Loistelamppu	16
4.1.3	Pienloistelamput	16
4.1.4	Halogeenivalaisimet	17
4.1.5	Led – valaisimet	17
4.2	Loistelamppujen liitäntälaitteet.....	18
4.2.1	Magneettikuristin	18
4.2.2	Elektroninen kuristin	19
5	VALAISTUKSEN VERKKOVAIKUTUKSET.....	20

5.1	Loisteho	20
5.2	Loistehon kompensointi valaistuksessa	21
5.2.1	Keskitetty kompensointi.....	21
5.2.2	Ryhmäkohtainen kompensointi.....	22
5.2.3	Laitekohtainen kompensointi	22
5.3	Valaistuksen yliaallot.....	22
6	MITTAUKSET JA LASKELMAT	23
6.1	Yksittäisten lamppujen mittaukset.....	23
6.1.1	Laitteisto.....	24
6.1.2	Mittauskytkennät	24
6.2	Lamppumittausten sähkötekniiset tulokset ja päätelmät.....	25
6.2.1	Teho.....	25
6.2.2	Virta.....	28
6.2.3	Yliaallot.....	29
6.2.4	Jännite.....	30
6.2.5	10 % jännitteenlasku verkossa	31
6.3	Energiasäästölamppun vuosikustannukset verrattuna hehkulamppuun.....	32
6.4	Vertailtavat loisteputket	34
6.4.1	Philips Master TL-D Super 80	34
6.4.2	Philips Master TL-D Eco	35
6.5	Loistelamppujen valaistusvoimakkuusmittaus	36
6.5.1	Mittaus ja tulokset	36
6.6	Loisteputkien energiankulutus ja investointikustannukset	38
6.6.1	Vuosikustannukset	40
6.6.2	Takaisinmaksuaika	44
7	KNX – KIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	46
7.1	KNX/EIB perusta.....	46
8	JÄRJESTELMÄ	46
8.1	Rakenne	46
8.2	Tiedonsiirto.....	48
8.2.1	Siirtotienä väyläkaapeli	48
8.2.2	Siirtotienä sähköverkko.....	49
8.2.3	Siirtotienä radiotaajuus.....	50
8.3	Käyttöönotto	51
9	KÄYTTÖSOVELLUTUKSET JA EDUT	52
9.1	Valaistus.....	53
9.2	Lämpötila	53
9.3	Valvonta ja turvallisuus	54

9.4 Multimedia.....	55
10 SAMK KOULUTUSKÄYTTÖÖN SOVELTUVA JÄRJESTELMÄ.....	55
10.1 Järjestelmän asennus.....	58
10.2 Järjestelmän käyttöönotto	58
10.3 Järjestelmän komponentteja.....	59
10.3.1 TXA 112 – Teholähde.....	59
10.3.2 TXA 206B/C – Kuormalähtö.....	60
10.3.3 TXA 210A – Himmennyslähtö.....	61
10.3.4 TXA 224 – Verho-ohjain	61
10.3.5 TX025 – Hämäräkytkin.....	62
10.3.6 TX510 – Läsnäolotunnistin.....	62
10.3.7 TR130A – Mediakytkin	63
10.3.8 TX100 – Ohjelmointilaite	63
11 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT.....	64
LÄHTEET.....	66
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön painavana aiheena oli energiansäästö. Erityisesti työssä tutkittiin energiansäästölamppujen verkkovaikutuksia ja energiataloudellisuutta. Myös valaistuksen ohjausta sivuttiin knx - järjestelmän valossa.

Energiansäästö on tänä päivänä ajankohtainen puheenaihe johtuen ilmastonmuutoksesta ja jatkuvasta energian hinnan noususta. Jokapäiväiset teot, kuten valojen sytyttäminen, kahvin keittäminen tai autolla ajaminen lisäävät kasvihuonekaasupäästöjä, jotka aiheuttavat ilmaston lämpiämistä tuotetun hiilidioksidin estäessä auringonsäteiden paluun takaisin avaruuteen. Ilmastonmuutoksen estämiseksi EU on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään vähintään 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Kuluttajan kannalta yksi helpoimmista keinoista pienentää hiilijalanjälkeä on siirtyä käyttämään energiansäästölamppuja perinteisten valaisimien sijaan. Aivan ongelmattomasti siirtyminen ei tule kuitenkaan olemaan energiansäästölamppuissa piilevien verkko-ominaisuuksien takia.

Työn ensimmäisessä osassa on selvitetty lähemmin mittauksilla energiansäästölamppujen verkko-ominaisuuksia. Erityisesti on pohdittu energiansäästölamppujen ongelmia ja etuja verrattuna hehkulamppuihin. Toisessa osassa työtä selvitettiin taloudellinen kannattavuus Philips TL-D Eco - loisteputkivalaisimille verrattuna perinteisiin loistelamppuvalaisimiin Satakunnan ammattikorkeakoulussa.

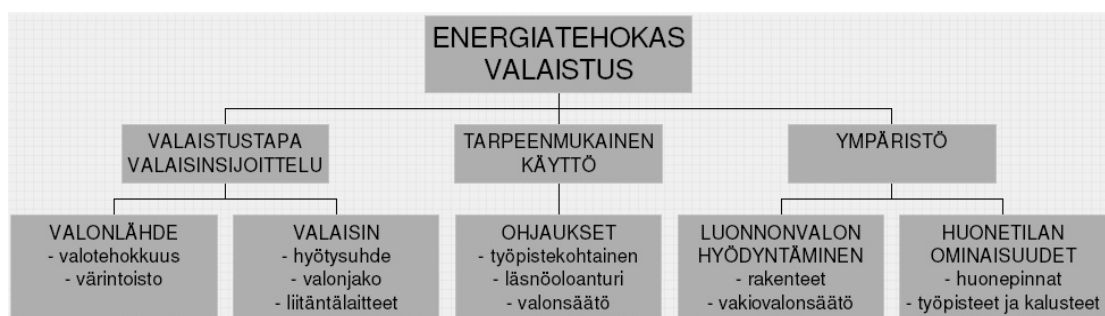
Energiansäästön kannalta ei usein riitä pelkästään energiaa kuluttavan laitteen vaihtaminen energiatehokkaammaksi, vaan maksimaalista energiansäästöä etsittäessä tarvitaan laitteille usein myös järkevä ohjaus. Tästä johtuen työn viimeinen osa pitää sisällään selvityksen knx - kiinteistöautomaatiojärjestelmästä.

Erilaiset kiinteistönohjausjärjestelmät tulevat olemaan arkipäivää tulevaisuudessa niiden mahdollistaman energiansäästön ja helppokäyttöisyyden takia. Lisäksi kulut-

tajan kannalta järjestelmien haluttavuutta tulee lisäämään kodin viihtyisyyden parantaminen, turvallisuus ja kiinteistön arvon taattu nousu.

2 ENERGIATEHOKAS VALAISTUS

Valaistukseen käytetään arviolta yli kymmenesosa Suomen sähkövarannoista. Monessa kotitaloudessa valaistus voi toimia jopa suurempana sähkönkuluttajana, kuin useimmat kodin muut sähkölaitteet. Kotitalouksien lisäksi suurta osaa valaistuksen energian kulutuksessa näyttelee myös monet julkiset laitokset kuten koulut ja sairaalat, joissa valaistusta tarvitaan tyypillisesti jopa 24 tuntia vuorokaudessa. Tähän kulu- tukseen saataisiin merkittävää säästöä, jos valaisimet vaihdettaisiin valojakaumaltaan tehokkaampiin ratkaisuihin. Esimerkiksi kuluttajan kannalta tämä olisi helpointa toteuttaa markkinoilla olevilla energiansäästölamppuilla, sillä monet niistä sopivat suoraan vanhan lamputyyppin tilalle. Suurempaa energiansäästöä tavoiteltaessa tulisi ottaa huomioon, että valaistuksen energiankulutus on kiinni monista eri seikoista, kuten lamppuista, valaisimista, ohjaustekniikasta, liitäntälaitteista ja valaisimien sijoittelusta. Tästä hyvä esimerkki kuvassa 1. /1/



Kuva 1. Valaistuksen energiatehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä. /16/

2.1 EU – lainsäädäntö

Heinäkuussa vuonna 2005 hyväksyttiin EuP – direktiivi, joka asettaa suunnitteluvaatimukset energiatuotteille. Tavoitteeksi asetettiin noin 50 terawattitunnin säästö Euroopassa vuoteen 2020 mennessä. Tavoite vastaa 20 % säästöä nykyiseen verrat-

tuna. Tämän tavoitteen johdosta astui voimaan vuonna 2009 energiatehokkuusdirektiivi 2005/32/EC. Tämä direktiivi määrittelee esimerkiksi hehkulamppujen ja muiden paljon sähköä kuluttavien lamppujen poistumisen vaiheittain markkinoilta vuoteen 2016 mennessä. Energiatehokkuusvaatimusten kiristytessä ei riitä pelkän sisävalaistuksen uusiminen, vaan myös katuvalaisimien elohopeahöyrylamppujen poistuminen vuoteen 2015 mennessä on todennäköistä. Tämä tietää Suomessa miljoonien sisävalaisimien lisäksi satojen tuhansien katuvalaisimien vaihtoa, jotta Suomen EuP – direktiivin mukainen 9 % parannus energiatehokkuuteen tavoitettaisiin vuoteen 2016 mennessä. Suomen mittakaavassa 9 % parannus vastaa jopa 17800 terawattituntia verratessa vuosien 2001–2005 energiakulutuksen keskiarvoihin. EU on perustellut parantamistarvetta lisääntyneiden kasvi-huonekaasujen vähentämisellä ja uskomuksella, että energiatehokkuuskilpailu lisää teollisuuden kilpailukykyisyyttä, tuottavuutta ja uusia innovaatioita. /1,2,3/

2.2 Koulurakennuksen valaistusvaatimukset

Tavallisen koulurakennuksen valaistuksen osuus energiankulutuksesta voi olla jopa 40 %. Ymmärrettävästi tämä on merkittävä menoerä oppilaitokselle ja houkutus energiatehokkaampaan vaihtoehtoon on suuri. Valaistuksen vaihtaminen energiatehokkaampaan ei kuitenkaan yksistään riitä. On otettava huomioon myös valaistuksen näkemiseen vaikuttavat tekijät, joista ei pidä tinkiä energiankulutuksen vähentämisellä. Valon laatu on siis vaihdettava eri tilanteisiin ja tiloihin sopiviksi niin, että sillä on myös oppimiskyvylle ja vireydelle suotuisia vaikutuksia. /11/

Oppilaitoksen valaistusvaatimuksia (taulukko 1) tutkittaessa esiintyy kolme suurta, jotka tulee ottaa huomioon. Nämä ovat valaistusvoimakkuus (lx), värintoistoindeksi (Ra), sekä sisätilojen valaisimien aiheuttama kiusahäikäisy (UGR).

Taulukko 1. Yleisiä oppilaitostiloja ja niiden valaistusvaatimuksia. /12/

Tila	lx	UGR	Ra	Huomautukset
Luokkahuoneet	300	19	80	Valaistus mielellään säädettävä
Luokat iltakäytössä	500	19	80	Valaistus mielellään säädettävä
Luentosali	500	19	80	
Liitutaulu	500	19	80	Suuntaheijastumista vältettävä
Piirustussali	500	19	80	
Tekniset piirustussalit	750	16	80	
Laboratoriot	500	19	80	
ATK-luokat	300	19	80	
Käytävät	100	25	80	
Portaat	150	25	80	
Kouluruokala	200	22	80	
Keittiö	500	22	80	Rikkoutumattomat loisteputket

2.3 Satakunnan ammattikorkeakoulun lähtökohdat

Satakunnan ammattikorkeakoulu on siirtymässä portaittain kohti energia- tehokkaampaa valaistusta. Suuri osa tekniikka Porin hehkulampuista on jo vaihdettu energiansäästölamppuisiin ja seuraavaksi on vuorossa loisteputkivalaisimien kartoitus. Varteenotettavaksi vaihtoehdoksi on noussut Philips TL-D Eco - loisteputket, jotka sopivat suoraan standardiputkien tilalle. Yksi tämän opinnäytetyön tarkoituksista oli selvittää investointilaskelmilla onko sijoitus putkiin kannattava ja mikä tärkeintä, saataisiinko valaistusta parannettua vai heikkenisikö se putkien vaihdon myötä.

3 VALAISTUSTEKNISET SUUREET

Valo on sähkömagneettista säteilyä, jota varten ihmisellä on oma näköelin silmä. Ihminen nähdessään havaitsee erinäisten pintojen luminanssieroja, jotka ovat riippuvaisia pintojen heijastussuhteista, eikä niinkään valonmäärästä. Tästä johtuen hyvää valaistusta suunniteltaessa on otettava huomioon valon oikea suuntaus, jotta itse valoenergia saadaan käytetyksi mahdollisimman tehokkaasti. /4/

3.1 Näkyvä valo

Kuten edellä todettiin, fysikaalinen ilmiö valo on siis sähkömagneettista säteilyä, jota kuvataan erilaisten kvantti- ja aaltoteorioiden avulla. Sähkömagneettisen säteilyn aallonpituusalue on yleisesti ottaen nolasta äärettömään, mutta näkyväksi valoksi kutsutaan aluetta joka sijaitsee noin 380 – 780 nanometrin alueella. Tämän alueen molemmiin puolin sijaitsevat tutut ultraviolettisäteily ja infrapunasäteily, joista ensimmäinen on lyhyiden aaltojen puolella ja toinen pitkien aaltojen puolella. /5/

Näkyvä valo 380 – 780 nm on jaettu lyhyempiin alueisiin (taulukko 2), jotka ihminen näkee väreinä.

Taulukko 2. Väriaistimus aallonpituudesta riippuen. /6/

Aallonpituus [nm]	Väriaistimus
780...627	punainen
627...589	oranssi
589...566	keltainen
566...495	vihreä
495...436	sininen
436...380	violetti

3.1.1 Valovirta

Valovirran tunnus Φ ja sen yksikkö on lumen (lm). Valovirta kuvaa valonlähteen silmän herkkyyden mukaan painotettua säteilytehoa. Tämän säteilytehon yksikkö on watti (W), ja sitä käytetään yleisesti lamppujen valotehoa ilmoitettaessa. /5/

3.1.2 Valomäärä

Valomäärän tunnus on Q ja sen yksiköt on lumensekunti (lms) ja lumentunti (lmh). Valomäärä saadaan kun tietty valovirta lasketaan sen säteilyajalla eli $Q = \Phi \cdot t$. Yksikkö on joule (J). /5/

3.1.3 Valovoima

Valovoiman tunnus on (I) ja sen yksikkö on kandela (cd). Valovoima kuvaa valonlähteen voimakkuutta kuten valovirtakin, mutta käytännön ero on siinä, että valovoima on tietyn alan valonvoimakkuus jollakin valolähteellä, kun taas valovirta kertoo valonlähteen voimakkuutta kokonaisuudessaan. /5/

3.1.4 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuuden tunnus on (E) ja sen yksikkö on luksi (lx). Valaistusvoimakkuus on valovirran suhde pinta-alaan. Yksi luksi kuvaa neliömetrin pinnalle heijastunutta yhden lumenin valovirtaa. Eli $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$. /5/

3.1.5 Valotehokkuus

Valotehokkuuden yksikkö on yksi lumen wattia kohden (lm/w). Valotehokkuus kuvaa valovirran suhdetta sen kuluttamaan sähkötehoon. Esimerkiksi kuinka hyvin hehkulamppu muuttaa sähköenergiaa valoksi, /8/

3.1.6 Skalaarivalaistusvoimakkuus

Skalaarivalaistusvoimakkuuden tunnus on (E_s) ja sen yksikkö on luks (lx). Skalaarivalaistusvoimakkuus on valovirran suhde pinta-alaan, mutta tässä tapauksessa on otettu huomioon kaikki pisteeseen säteilevä valo jokaisesta mahdollisesta suunnasta. /6/

3.1.7 Luminanssi

Luminanssi eli valotiheys. Tunnus L ja sen yksikkö on kandela neliometriä kohden (cd/m^2). Luminanssi kuvaa pinnan kirkkautta eli pinnalta tulevaa valon voimakkuutta. Luminanssi on ihmiselle valaistustekniikassa ainoa nähtävissä oleva suure eli on siis silmällä aistittavaa valoa. /6,8/

3.2 Värioppi

Väriaistimus on mahdollinen silloin kun objektia tarkasteltaessa siihen kohdennettu valo heijastuu silmän verkkokalvon tappisoluille, jotka havaitsevat päävärivaloja. Verkkokalvolta valotieto jatkaa aivoihin joista saamme tiedon väreistä. Tätä ärsykettä kutsutaan väriärsykkeeksi ja se perustuu kolmiväriteoriaan. Kiteytettynä kolmiväriteoria tarkoittaa kolmen päävärivalon muodostamaa värisekoitusta. Päävärivalot ovat sininen, vihreä ja punainen. Näiden valojen summa on valkoinen. /5/

Vuonna 2002 löydettiin silmän reseptoreista uusi tyyppi. Tämä reseptorityyppi on erityisen herkkä siniselle valolle. Kun reseptori saa sinisestä valosta ärsyksen, se aktivoi neurologisesti ihmisen biologista kelloa lisäten siten henkilön vireystasoa. Tätä seikkaa voidaan pitää osasyynä lisääntyvään kylmemmän (sinertävän) värisävyn käyttöön. /10/

3.2.1 Väriämpötila

Väriämpötilan yksikkö on kelvin (K) ja se on valkoisen valon mitattava suure. Väriämpötila määrittää hehkuvalon värinlajin vertaamalla sitä Planckin säteilyn spektri-

jakaamaan. Planckin säteilyn lähde on ns. musta kappale, joka absorboi kaiken valon itseensä ja heijastaa sen suurin piirtein samalla spektrijakaumalla mitä hehkulanka-aineidenkin säteily on. Arkikielessä väriämpötilasta käytetään usein ilmaisua kylmä tai lämmin riippuen sen ominaisväristä. Ominaisvärit kuvassa 2. /5/



Kuva 2. Väriämpötilat lämpimästä kylmään. /6/

3.2.2 Värintoistoindeksi

Värintoistoindeksi Ra ilmoittaa miten vertailuvalon ja valonlähteen värintoisto ominaisuudet eroavat toisistaan. Alle 5000 K valonlähteet ovat verrattavissa Planckin säteilijään ja yli 5000 K valonlähteet päivänvaloon. Ra – asteikko käsittää luvut nolasta sataan. Taulukossa 0 on täysin monokromaattista valoa ja tästä johtuen värit eivät toistu lainkaan. Luku 100 tarkoittaa että värintoisto-ominaisuuksilla ei ole eroa, eli se on jatkuvaskpektristä valontoistoa. Jos valonlähteen värintoisto indeksi on yli 80, se on varsin lähellä päivänvaloa (Ra=89) ja on luonnollista. Indeksien jäädessä paljon alle kahdeksankymmenen siitä tulee hyvin luonnotonta jolloin koemme valaistuksen helposti vääristyneeksi. /6/

4 SISÄVALAISTUKSEN VALINTA

Oikeanlainen valaistus, joka on aikaansaatu noudattamalla standardisoituja säännöksiä ja hyväksytyjä välineitä on merkittävä turvallisuustekijä. Sisävalaistusta suunniteltaessa on otettava ensin huomioon mihin kyseinen valaistus tulee, ja sitten määrittää mitä valaistukselta vaaditaan missäkin tilanteessa. Hyvä valaistus vaikuttaa positiivisesti tilan toimivuuteen, käyttömukavuuteen sekä tyyliin. Valaistuksella saadaan siis ilmettä myös sisustukseen.

Valaistukseen kiinnitetään liian usein huomiota silloin kun sitä on liikaa tai liian vähän. Monta kertaa unohtuu että ihminen tarvitsee valoa, ja usein standardista napattu minimi luksimäärä tuottaakin ongelmia esimerkiksi toimistoissa joissa ihmiset väsyvät herkästi liian vähäisessä valossa. Myös valon liiallinen kirkkaus tai hämäryys on ongelmallista sen häikäisemisen ja yksityiskohtien näkemisen vuoksi. Näiden ja muidenkin syiden kuten energiansäästön kannalta olisi siis suositeltavaa, että valaistussuunnitelmat tehtäisiin ammattitaidolla ja tarkasti harkiten, jotta säästyttäisiin lisäinvestoinneilta, työvirheiltä ja sairaus poissaoloilta.

4.1 Valaisimien valinta

Johtuen lisääntyvistä määräyksistä, direktiiveistä, kustannustehokkuudesta ja valaisimien jatkuvasta nopeasta kehityksestä, on oikeanlaisen valaisin- ja lampputyypin löytäminen usein vaikeaa. Asian helpottamiseksi ovat valaisimet usein jaettu neljään perusryhmään: yleis-, koriste-, kohde- ja paikallisvalaisimet. Nämä ryhmät pitävät sisällään kiinteitä ja liikuteltavia valaisintyyppisiä, sekä pinta- ja uppoasennusvalaisimia. Uutta tilaa valaistaessa on siis hyvä miettiä minkä perusryhmän / -ryhmien valaisimet tulevat kysymykseen ja miten ne sopivat tilaan ja sisustukseen. Tärkeää on huomioida myös lampputyypit ja niiden ominaisuudet lähtien värinnoistosta valaisutehoon ja energiankäyttöön.

4.1.1 Hehkulamput

Hehkulamppu on pitkään ollut käytetyin keinovalonlähde, ja on sitä vieläkin, ainakin toistaiseksi. Hehkulamppu muodostuu ilmatiiviistä kirkkaasta tai himmeästä lasisesta kuvusta jonka sisällä on kannasta tulevat johtimet ja niiden välissä ripustettu volframihehkulanka. Yleisin kanta hehkulampulla on kierrekanta, mutta myös muita kantatyyppisiä löytyy. Hehkulampun toiminta ja valo perustuu sen suuri resistanssiseen hehkulankaan johon johdetaan sähkövirta. Hehkulampun tyypillinen valotehokkuus on 10 - 15 lm/W, värilämpötila n.2700 K ja keskimääräinen käyttöikä n.1000 tuntia.

/7/

4.1.2 Loistelamppu

Loistevalaisin koostuu loisteputkilampusta, sytyttimestä ja kuristimesta tai vaihtoehtoisesti loisteputkilampusta ja elektronisesta liitäntälaitteesta. Loisteputkilampussa valo tuotetaan pienellä määrällä elohopeaa, joka kaasuuntuu sähkö-purkauksen vaikutuksesta synnyttäen uv - säteilyä. Tämä synnytetty uv - säteily muuttuu loisteputken sisäpinnan fluoresoivan materiaalin johdosta näkyväksi valoksi. Loistelamppu on myös täytetty kaasulla, joka helpottaa lampun sytyttämistä ja minimoi sähköpurkauksia. Kaasuna käytetään yleensä argonia tai kryptonaa. /7/

Loisteputki on valoa tuottavana objektina noin viisi kertaa tehokkaampi mitä hehkulamppu. Sen kestoikä on keskimäärin kymmenkertainen hehkulamppuun verrattuna. Yleisimmät loisteputket ovat T8 ja T5 kannalla, ja tehoiltaan ne ovat:

- T8: 18 W, 36 W ja 58 W.
- T5: 14 W, 21 W ja 28 W.

Loisteputkia valmistetaan lukuisilla eri värisävyillä joita merkitään putkiin kolminumeroisilla luvuilla. Numerosarjan ensimmäinen numero ilmoittaa värin-toistoindeksin ja kaksi viimeistä väriämpötilan. Yleisimmät väriämpötilat Suomessa ovat 3000 ja 4000 K, Ra:n ollessa 80 tai yli. Näiden putkien numerosarja on siis jokin seuraavista 830, 840, 930 tai 940.

4.1.3 Pienloistelamput

Pienloiste- eli energiansäästölamput ovat yleensä loisteputken toimintaperiaatteella tehtyjä kierrekantaisia lamppuja. Lamppu koostuu loisteputki osasta joka on usein spiraalimainen, sekä ohjauselektronikasta. Nämä lamput kuluttavat vain noin viidennesksen energiaa hehkulamppujen vastaavasta. Täten niiden valotehokkuus voi olla jopa nelin tai viisinkertainen verrattuna hehkulamppuun käyttöiän ollessa 12000–15000 tuntia. Väriämpötila on valtaosalla energiansäästölamppuista samaa luokkaa kuin hehkulampuilla, mutta myös kylmempiä vaihtoehtoja löytyy. /13/

Energiansäästölamppuja käytettäessä on hyvä muistaa, että lamput eivät syty välittömästi täyteen kirkkauteen. Tämä johtuu lampun sisällä olevasta kaasusta joka lämpenee noin minuutissa mahdollistaen sähköpurkauksen optimitehon. Tästä johtuen energiansäästölamput eivät valaise kovassa pakkasessa niin hyvin kuin hehkulamput. Optimi toimintalämpötila energiansäästölamputille on n. 20 astetta joka vastaa huoneenlämpötilaa. Huomattavaa on myös, että energiansäästölamput eivät itsessään tuota lämpöä kuten hehkulamput ja rikkoutuessaan ne on toimitettava ongelmajätekeräykseen tai elektroniikkaromun keräyspisteeseen, koska ne sisältävät pieniä määriä elohopeaa ja ovat luokiteltuja ongelmajätteiksi.

4.1.4 Halogeenivalaisimet

Halogeenilamput voidaan jakaa rakenteellisesti kolmeen osaan:

- kaksikantaiset verkkojännitelamput
- yksikantaiset verkkojännitelamput
- pienoisjännitelamput (useimmiten 12 voltia)

Halogeenilamput ovat pitkäikäisempiä, energia-, ja valotehokkaampia kuin hehkulamput. Halogeenilampun suojakupu on täytetty hehkulamput tavoin suojakaasuilla, mutta näitä kaasuja on jatkettu halogeeneilla, yleisimmin jodi- tai bromikaasulla. Halogeenilampun toiminta perustuu samaan ilmiöön kuin hehkulamputkin toiminta, mutta lampuissa käytetään hyväksi halogeenien kykyä palauttaa volframiatomit höyrystyttyään takaisin hehkulankaan, jolloin saadaan suurempi hehkulangan lämpötila, värilämpötila ja valotehokkuus. Tätä ilmiötä kutsutaan halogeenikiertoprosessiksi sen toistuvan kierron vuoksi. Halogeenilamput voivat olla noin 30 % energiatehokkaampia ja polttoikänsä viisinkertaisia hehkulamppuihin verrattuna. /7/

4.1.5 Led – valaisimet

Led eli loistediodi on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa. Ledejä on käytetty jo kauan elektronisissa laitteissa merkinantolaitteina, mutta nykyään valkoisen ledin keksimisen jälkeen ledit ovat yleistyneet paljon valaistuksessa. Ledien valoteho vaihtelee niiden värin mukaan. Valaistuksessa käytetyllä valkoisella ledillä valoteho on 18 – 87 lm / W luokkaa. Ledit tarvitsevat toimiakseen joko tasavirtaa tai -jännitettä.

Tätä varten niille on kehitetty omat liitäntälaitteensa, joissa on tarvittavat suojaukset oikosulkua, ylikuormitusta ja yllämpölämmitystä vastaan. /15/

Eri ledeillä on varsin erilainen käyttöikä. Normaaleilla ledeillä käyttöikä on luokkaa 1000 – 50000 tuntia, kun teholedeillä se on 10000 – 100000 tuntia. Pienteholedit eivät kestä kosteutta eivätkä suuria lämpötiloja (yli 80 celsiusta). Normaalisti ledien valoteho ei ole kovinkaan suuri, mutta nykyään on saatavilla monilta valmistajilta jo jopa 1000 lumenin valotehon ledejä kohtalaisella energiankulutuksella (n. 27 W). Toistaiseksi tällaiset valaisimet ovat erittäin hintavia, mutta hinnat tulevat kokoajan alaspäin.

4.2 Loistelamppujen liitäntälaitteet

Loistelamput vaativat toimiakseen sytyttimen, kuristimen ja kondensaattorin. Kytettäessä verkkojännite loistelamppupiiriin sulkeutuvat sytyttimen koskettimet, jolloin virtapiiri kuristimen, lampun elektrodien ja sytyttimien kautta sulkeutuu. Piirissä kulkee nyt esihehkutusvirta joka on yleisesti lamputta noin 50 % suurempi mitä nimellisvirta. Tämä esihehkutusvirta kulkee kuristimelle lampun lämmitysvastusten kautta höyrystäen samalla lampussa olevan elohopean. Kuristimessa virta aiheuttaa jännitteen varautumisen kelan magneettikentälle. Kun sytyttimen kärjet jäähtyyään avautuvat, katkeaa esihehkutusvirta ja kuristimen itseinduktion johdosta kelan magneettikentän varaus purkautuu korkeana jännitesykäyksenä, huippujännitteen ollessa luokkaa 800 – 2000 v. Tämä jännitesysäys sytyttää lampun. /7/

4.2.1 Magneetikuristin

Magneetikuristin eli konventionaalinen kuristin koostuu kahdesta pääosasta: rautasydäimestä ja käämistä. Rautasydän muodostaa magneettipiirin, johon käämi muodostaa sen läpi kulkevasta virrasta magneettivuon. Magneetikuristin toimii eräänlaisena induktiivisena vastuksena sarjassa lampun kanssa. Tämä induktiivinen piiri aiheuttaa tehokertoimen laskua, josta seuraa näennäistehon kasvu pätötehoa suuremmaksi ellei sitä kompensoida. /7/

Konventionaalinen kuristin aiheuttaa tehohäviöitä noin 10 – 20 % asennuksen kokonaistehoon verrattuna. Nämä tehohäviöt johtuvat kelan rautasydämen hystereesi- ja pyörrevirtahäviöistä sekä käämin langan resistanssista. Nämä samat ominaisuudet vääristävät kuristimen virtaa myös niin, että siinä on mukana myös harmonisia yliaaltoja. Konventionaalisen kuristimen haittoihin kuuluu myös värisevä valo, joka johtuu lampun syttymisestä ja sammumisesta kuristimella jatkuvasti 2 * 50 Hertsin taajuudella. /7,17/

Loistevalaisimia käytettäessä tulisi käyttää nykyaikaisia magneettikuristimia. Vanhanaikaiset magneettikuristimet on mitoitettu 220 V ja niiden käyttö aiheuttaa ylijännitettä valaisimille, joka nostaa niiden palamisvirtaa noin 15 %. Tämä luonnollisesti lisää valaisimien energiankulutusta todellisen tehon ollessa nimellistehoa suurempi. /18/

4.2.2 Elektroninen kuristin

Elektronikuristin on elektroniikkapiiri joka yleensä rakentuu tasasuuntaajasta, vaihtosuuntaajasta, käämeistä, vastuksista, transistoreista ja suodatinkondensaattoreista. Kuristimen toteutustapa riippuu mallista ja lampputyypistä. Elektronisen liitännälaitteen tehtäviin kuuluu lampun sytyttämisen lisäksi piirissä kulkevien virtojen rajoitus, virran muuntaminen 20 - 100 kilohertsin taajuiseksi, harmonisten yliaaltojen ja sähkömagneettisten häiriöiden vaimentaminen, tehokertoimen ollessa luokkaa 0.95 – 0.99. Virran muuntaminen tapahtuu ensin tasavirraksi tasasuuntaajassa, ja myöhemmin takaisin korkeataajuiseksi vaihtovirraksi vaihtosuuntaajassa. Korkeampi taajuus mahdollistaa 10 - 20 % paremman hyötysuhteen ja vähentää magneetti-kuristimella esiintyvää valon värinää. Hyötysuhteen nousu johtuu erityisesti vaihtosähkön jaksonajan lyhenemistä suurilla taajuuksilla. Jaksonajan ollessa lyhyempi kuin aikajolloin lampun elohopea-atomit palaavat perustasoon ne pysyvät virittyneinä paremmin. /7/

Taulukossa 3 nähtävissä miten perinteinen konventionaalinen liitännälaitte kuluttaa tehoa verrattuna elektroniseen liitännälaitteeseen. Loistelamput standardeja T8 – kantaisia lamppuja.

Taulukko 3. Loistelamppujen ominaisuuksia. /19/

Loistelamput konventionaalisella ja elektronisella liitäntälaitteella $U_N = 230 \text{ V}$

Valonlähde Teho (W)	Palamisvirta (A)		Kondensaattori (μF)		Kokonaisteho (W)	
	Konvent.	Elektr.	Konvent.	Elektr.	Konvent.	Elektr.
Loistelamppu $\varnothing = 26 \text{ mm}$						
1x18	0,16	0,09	4	-	28	19
2x18	0,27	0,16	4	-	44	37
3x18	0,48	0,25	8	-	72	56
4x18	0,54	0,32	8	-	88	74
1x30	0,21		4	-	38	
1x36	0,27	0,16	4	-	45	36
2x36	0,54	0,32	8	-	90	72
3x36	0,81	0,48	12	-	135	108
4x36	1,08	0,64	16	-	180	144
1x58	0,36	0,26	8	-	70	56
2x58	0,72	0,52	12	-	140	112
3x58	1,08	0,78	16	-	210	168

5 VALAISTUKSEN VERKKOVAIKUTUKSET

5.1 Loisteho

Monet sähkölaitteet kuten moottorit, muuntajat, purkauslamput ja loistelamput tarvitsevat toimiakseen pätötehon lisäksi loistehoa. Loistehoa syntyy, kun reaktiivinen komponentti (induktanssi, kapasitanssi) aiheuttaa virran ja jännitteen vaihe-eron. Loisteho ei osallistu varsinaisen työn tekoon kuten pätöteho, vaan se pitää yllä vaadittavaa magneettikenttää. Jos loistehoa ei tuoteta kompensoimalla paikallisesti kuormalle, se otetaan sähköverkosta. Tästä aiheutuu kuorman virran kasvua joka kuormittaa verkkoa ja rajoittaa pätötehon siirtoa johtimissa. Loisvirran kasvusta johdettua joudutaan käyttämään mm. paksumpia kaapeleita, suurempia muuntajia sekä suurempivirtaisia kytkimiä./14/

Loisteho ei ole varsinainen kaupallinen kohde kuten pätöteho. Sähköverkot sallivat ottaa verkosta loistehoa noin viidenneksen verrattuna pätötehon huippuun. Tämän ylittävältä osalta peritään loistehotariffin mukainen maksu (kaava 1). Tavallista kuluttajaa ei siis loistehomaksu ainakaan vielä haittaa vaikka taloudessa vaihdettaisiin kaikki lamput energiansäästäviin malleihin.

$$Q_{\text{lask}} = Q_{\text{max}} - kP_{\text{max}} \quad (1)$$

missä

Q_{lask} on laskutettava loisteho

Q_{max} on loistehon mitattu huippuarvo

P_{max} on pätötehon mitattu huippuarvo

k on yleensä 1/5 kvar/kW.

5.2 Loistehon kompensointi valaistuksessa

Loistehon kompensointia suunniteltaessa on hyvä olla tiedossa verkon THD – arvo eli jännitesäro arvo, koska vääränlainen kompensointi vahvistaa yliaaltoja. Kompensointi on mahdollista suorittaa käytännössä kolmella eri tavalla: keskitetysti, ryhmäkohtaisesti tai laitekohtaisesti.

5.2.1 Keskitetty kompensointi

Keskitetty kompensointi tarkoittaa valaisimien osalta loiste- ja purkauslamppujen vaatiman loistehon kehittämistä keskitetysti pääkeskuksella tai ryhmäkeskuksella. Nykyään tämä hoidetaan pääasiassa säädettävillä automatiikkakompensointiparistoilla. Automatiikkaparistoissa on säätöportaita, jotka koostuvat kondensaattoriyksiköistä, kontakteista ja sulakkeista. Kompensoinnin ohjaus kytkee vaadittavan määrän säätöportaita päälle riippuen loistehotilanteesta. Tämä loistehosta riippuvainen ohjaus on suunniteltu myös estämään mahdollisen ylikompensoinnin, jota esiintyy lähinnä kiinteillä kondensaattoriparistoilla. /7/

5.2.2 Ryhmäkohtainen kompensointi

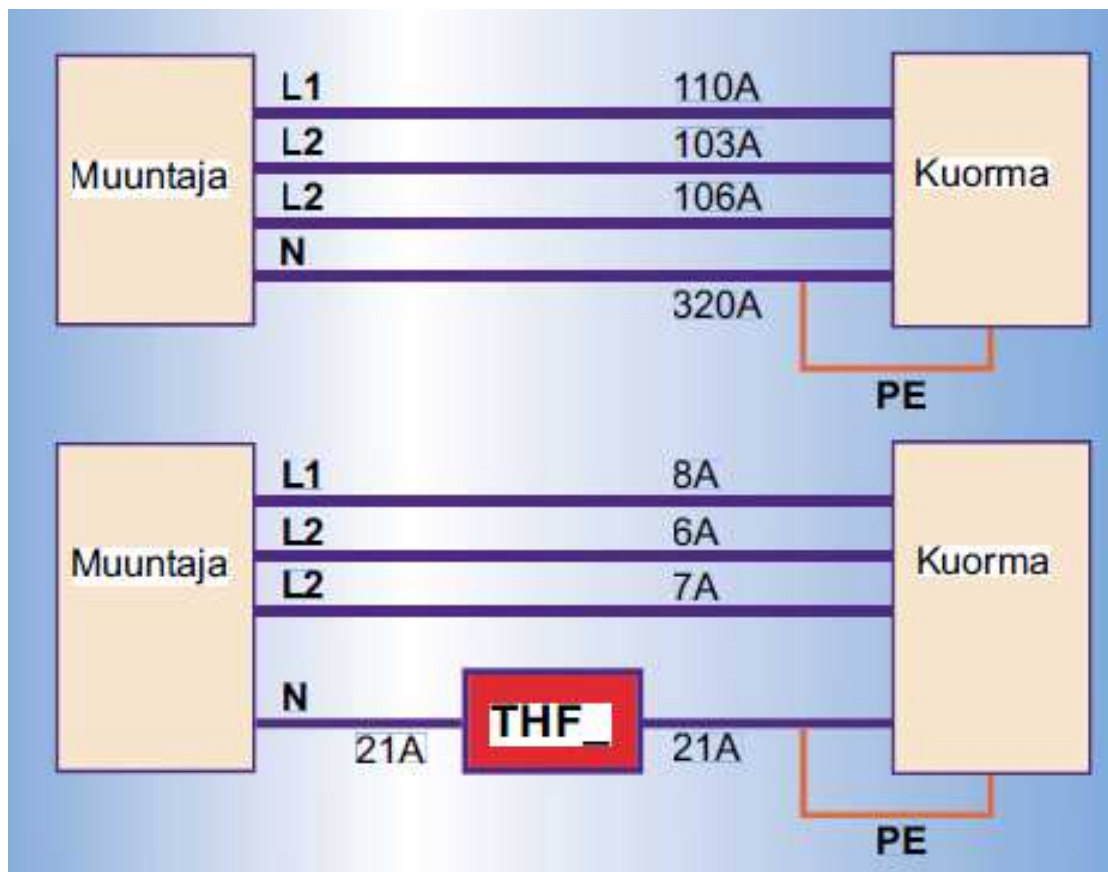
Valaistuksen ohjauksessa ryhmäkohtainen kompensointi on yleinen tapa hallityypissä rakennuksissa. Ryhmäkohtaisessa kompensoinnissa kondensaattori pyritään yleensä liittämään valaisinkuormituksen painopisteeseen, ketjuttamalla se valaisimen kanssa ennen ensimmäistä valaisinta tai viimeisen valaisimen jälkeen. Kondensaattori on myös mahdollista asentaa kiinteästi ryhmäkeskukseen. Tällöin tulee huomioida kompensoidun virran suuruus ryhmäjohdossa ja sen ylikuormittuminen. /7/

5.2.3 Laitekohtainen kompensointi

Laitekohtaisella tai tässä tapauksessa valaisinkohtaisella kompensoinnilla tarkoitetaan valaisimeen tai sen läheisyyteen liitettyä kiinteää kondensaattoria, joka on mitoitettu juuri kyseessä olevalle laitteelle. Yleiset valaisimen rinnalle kytkettävät kondensaattorit nostavat valaistuksen tehokertoimen lähelle 0.9, mikä on hyvä parannus verrattuna purkauslamppujen yksittäistä tehokerrointa (>0.65). Standardien mukaan valaisinkondensaattorit on valittava niin, että sen kuoren kuumin piste ei saa ylittää kondensaattorin leimattua arvoa. /7/

5.3 Valaistuksen yliaallot

Valaisintyytit kuten suurpainenatriumlamput ja elektronisella liitäntälaitteella varustetut loistelamput ottavat verkosta säröytynyttä virtaa. Mikäli näitä valaisimia on kuormana paljon, on resonanssivaaran takia asennettava juuri oikeanlainen kompensointi. Oikeanlainen kompensointilaitteisto on yleensä tässä tapauksessa estokelaparisto tai yliaaltosuodatin. Estokelaparisto ei resonoi verkon kanssa, eikä siis lisää resonanssi-vaaraa. Yliaaltosuodatin nimensä mukaan poistaa verkosta harmillisia yliaaltoja kompensoinnin lisäksi. Huomattavaa on, että yliaaltosuodatin ei kuitenkaan poista hankalaa kolmatta yliaaltoa. Kolmas yliaalto on erityisen hankala, koska se summautuu kolmivaiheverkon nollajohtimeen aiheuttaen huomattavaa virran kasvua (Kuva 3). Muita haittavaikutuksia 3. yliaallolla on magneettikenttien muodostuminen kaapeleille, sekä keskuksille ja lämpöhäviöt. Kolmas yliaalto voidaan poistaa verkosta erillisellä suodatintyyppillä THF. THF ei kompensoi, joten se kytketään yleensä muun kompensointilaitteiston rinnalle verkon nollajohtimeen. /7/



Kuva 3. THF ja 3. yliaallon summautuminen nollajohtimeen. /20/

6 MITTAUKSET JA LASKELMAT

6.1 Yksittäisten lamppujen mittaukset

Yksittäisten lamppujen mittaus tehtiin rauhalliseen aikaan Tekniikka Porin sähkölaboratoriossa, jotta välttyttäisiin muiden laitteiden, kuten taajuusmuuttajien ja sähkömoottoreiden aiheuttamilta verkkohäiriöiltä. Lamppumittauksissa on käytetty seuraavia lamppeja (taulukko 4), joiden annettiin palaa n. 5 minuuttia ennen mittauksia.

Taulukko 4. Mittauksissa käytetyt lamput.

Nimi	Teho [W]	Tyyppi
Osram	60	Hehkulamppu
Gu 10 + C	50	Halogeeni
N - energiansäästölamppu	20	Energiansäästölamppu
N - energiansäästölamppu	11	Energiansäästölamppu
Airalite	11	Energiansäästölamppu
Emax	9	Energiansäästölamppu
Sc - saver	9	Energiansäästölamppu
N - led	1.5	Led-lamppu
Philips TL-D Super 80	36	Loistelamppu

6.1.1 Laitteisto

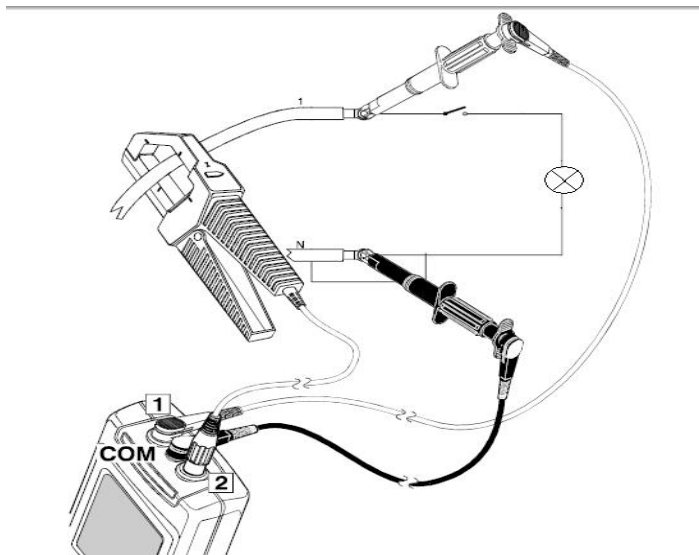
Mittauslaitteena mittauksissa toimi Satakunnan ammattikorkeakoulun sähkölaboratorion Fluke 43 b power quality analyzer. Mittalaitteesta luettiin FlukeView ohjelmistolla seuraavat tiedot:

- pätöteho [W]
- näennäisteho [VA]
- loisteho [VAR]
- tehokerroin [PF]
- virta [A]
- jännite [U]
- säröjännite [%]
- särövirta [%]
- 3. yliaalto [%]

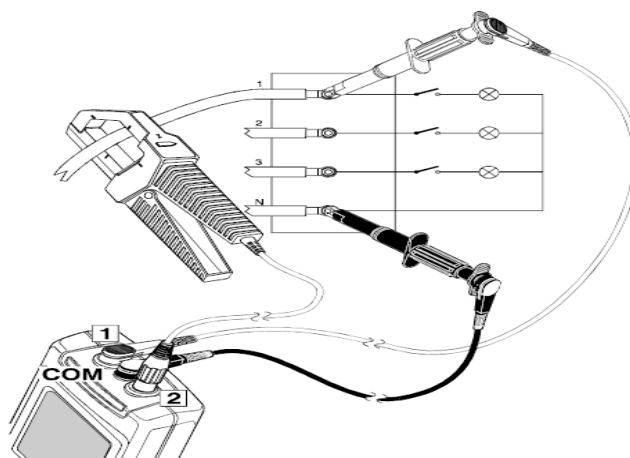
Kaikki mittauksien tulokset ovat luettavissa liitteessä 1.

6.1.2 Mittauskytkennät

Fluke 43 b power quality analyzer kytkettiin kaikissa yksivaihemittauksissa samalla tavalla kuvan 4 mukaan ja kolmivaihemittauksissa kuvan 5 mukaan.



Kuva 4. Fluke 43 B yksivaiheinen kytkentä. /23/



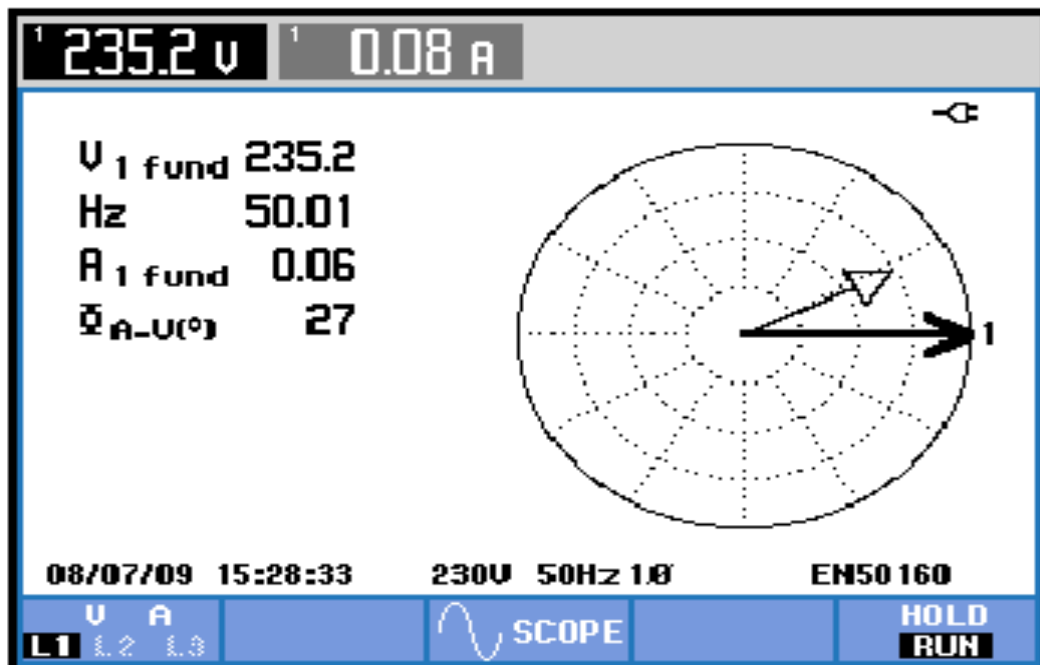
Kuva 5. Fluke 43 B kolmivaiheinen kytkentä. /23/

6.2 Lamppumittausten sähkötekniset tulokset ja päätelmät

6.2.1 Teho

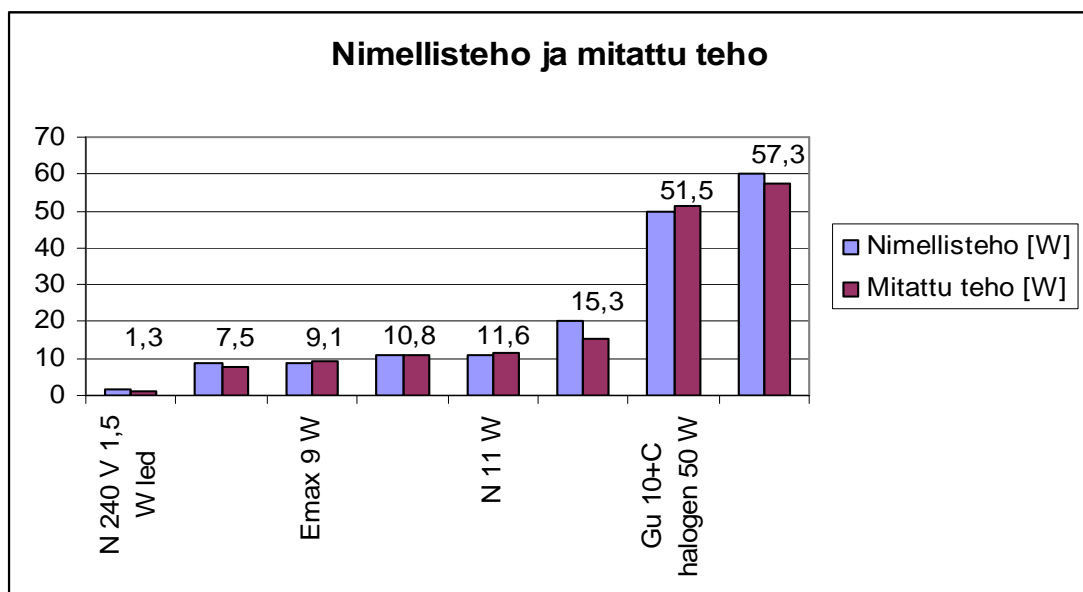
Energiansäästölamppujen tehomittauksessa todettiin selvästi, että niillä on heikko tehokerroin (energiansäästölamput 0.51–0.62, led 0.23), ja ne kuluttavat loistehoa pätötehon kulutuksen laskiessa. Mittauksissa paljastui myös energiansäästölamppujen loistehon olevan kapasitiivista (n. 20 – 27 astetta, kuva 6) verrattuna valtaosaan

muita sähkölaitteita, joissa loisteho on induktiivista. Toisaalta tämä on hyvä asia, sillä energiansäästölamput kompensoivat muiden laitteiden aiheuttamaa loistehoa, mutta liian suuri kapasitiivisuus aiheuttaa verkossa pätötehohäviöitä ja jännitteen nousua.



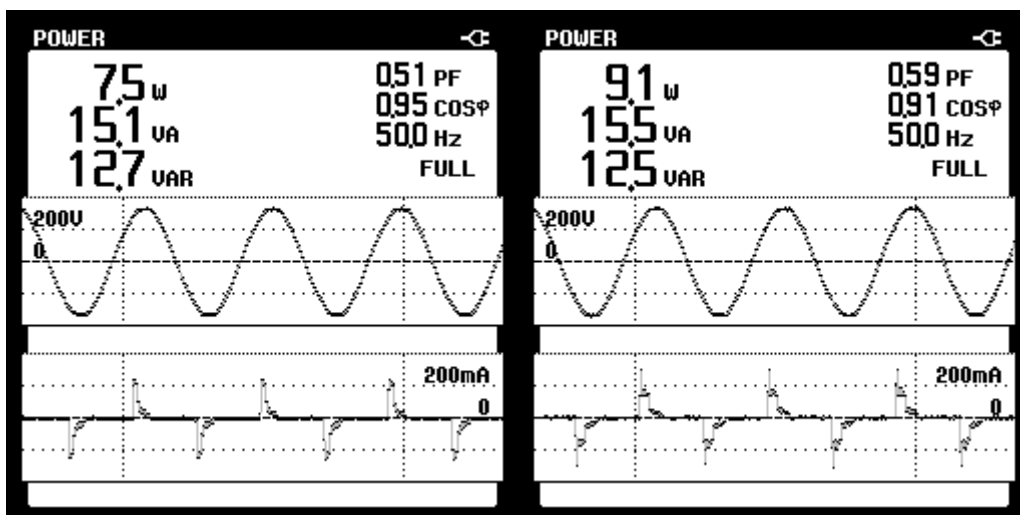
Kuva 6. Energiansäästölamppu N 11 W, kapasitiivisuus 27 astetta

Tehomittaukset vastasivat melko hyvin valmistajien ilmoittamia nimellistehoja (7).



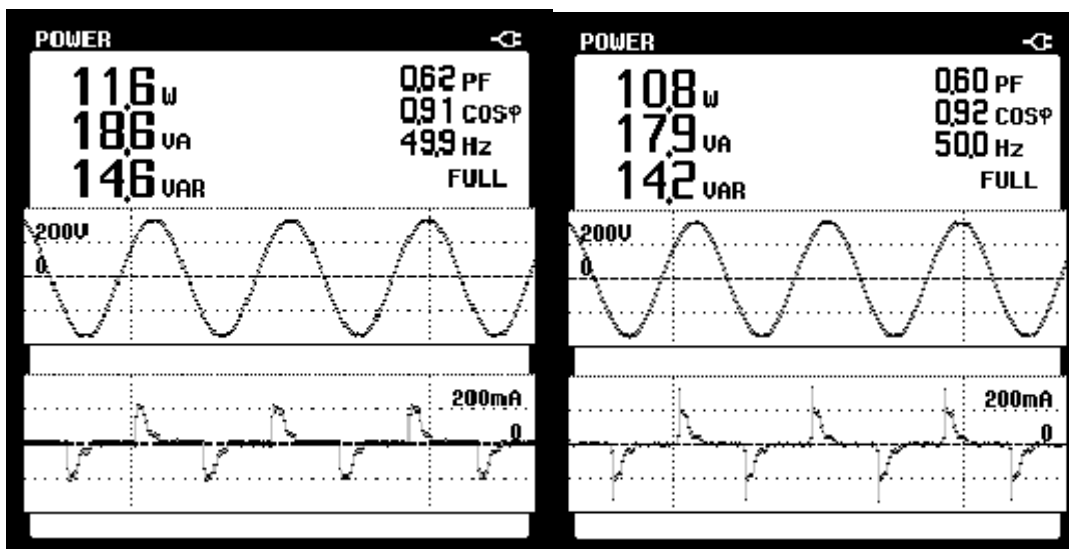
Kuva 7. Nimellistehot ja mitatut tehot.

Erimerkkisten lampujen loistehon kulutus oli yhtenevistä tehokertoimista johtuen melko samanlaista suhteutettuna lampujen pätötehoon, kuten seuraavista kuvista (8,9,10 ja 11) nähdään.



Kuva 8. Loisteho Sc-saver 9 w

Kuva 9. Loisteho Emax 9 w



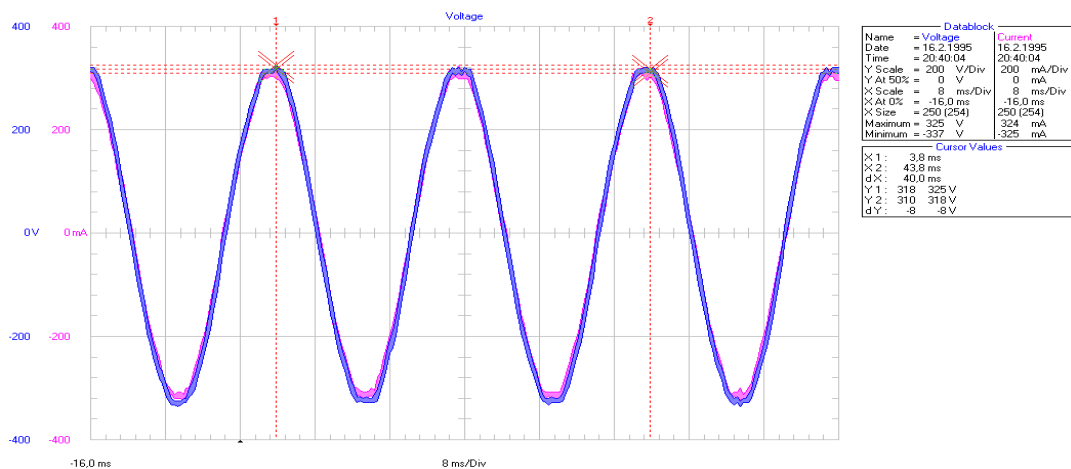
Kuva 10. Loisteho N 11 w

Kuva 11. Loisteho Airalite 11 w

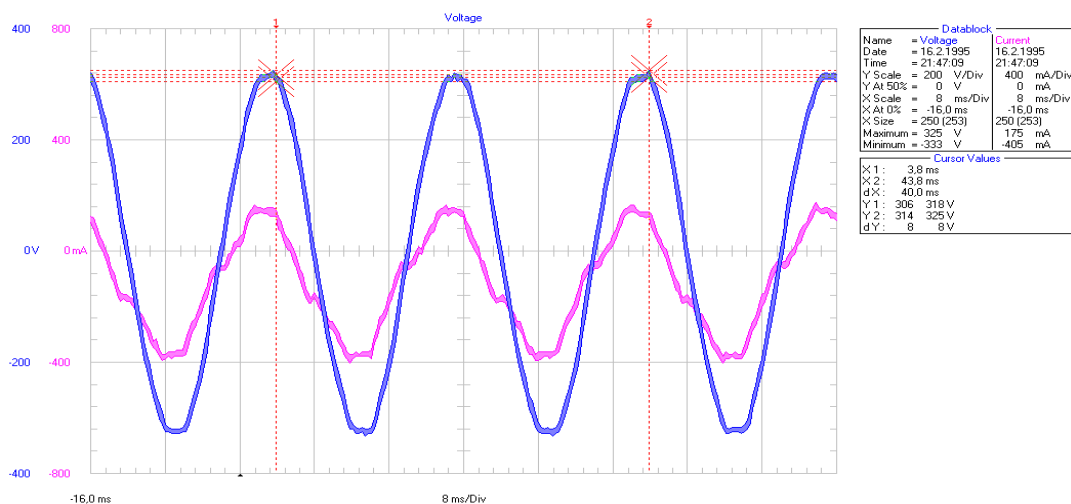
6.2.2 Virta

Lampuista mitatuista virroista tutkittiin virran muotoa, kokonaissäröä, harmonista 3. yliaaltoa ja virran suhteellista laskua verrattuna tehon laskuun energiasäästölamppuja käytettäessä.

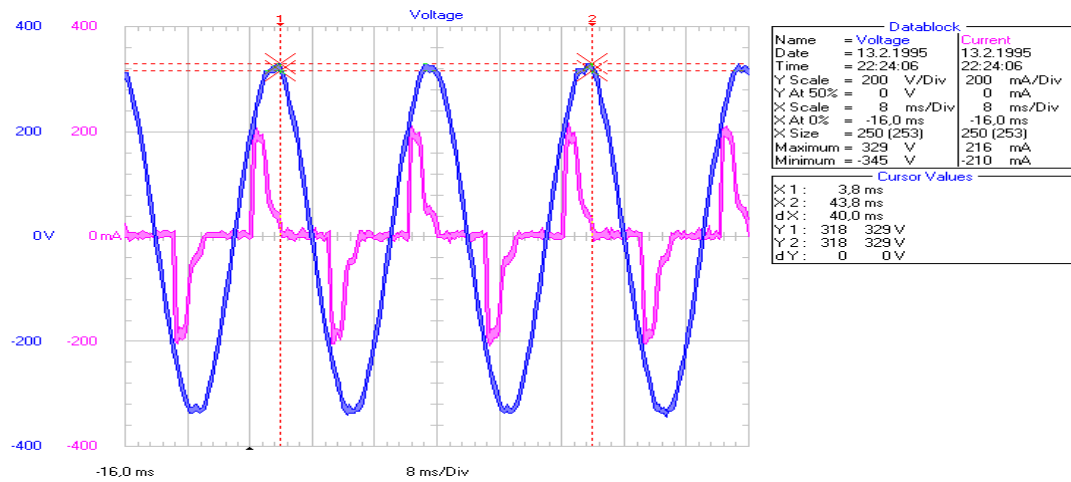
Alla olevista virranmuodoista (12, 13, 14 ja 15) näkyy selvästi, että energiansäästölamppujen virta ei ole siniaaltoista, vaan erittäin säröytynyttä virtaa. Kun sähkölaite kuluttaa tai tuottaa (induktiivinen / kapasitiivinen) muuta kuin sinimuotoista virtaa, aiheutuu virran käyrämuotoon yliaaltoja.



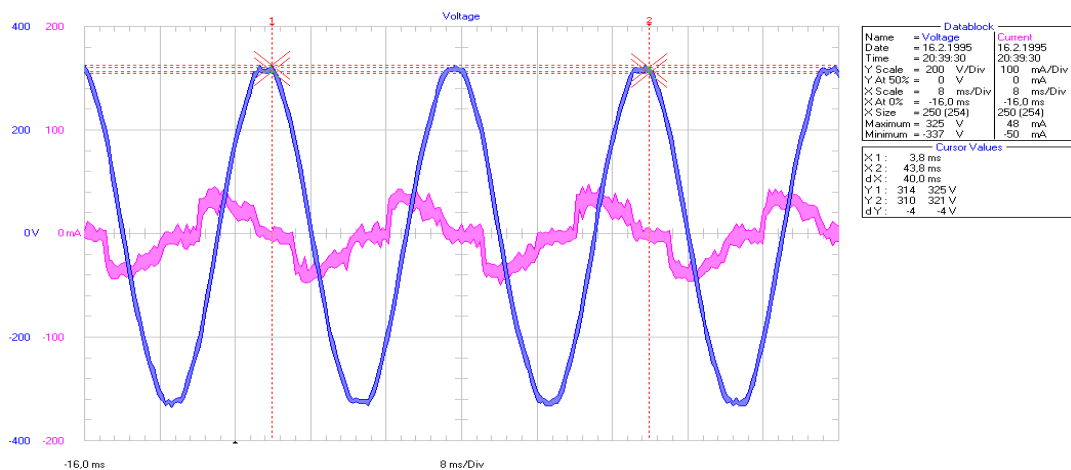
Kuva 12. Osram, 60 W hehkulampun jännite- ja virtakäyrä (siniaalto).



Kuva 13. Philips TL-D super-80, 36 W loisteputken jännite- ja virtakäyrä elektronisella Hf - liitäntälaitteella.



Kuva 14. N, 11 W energiansäästölamput jännite- ja virtakäyrä.



Kuva 15. N, 1.5 W Led-lampun jännite- ja virtakäyrä.

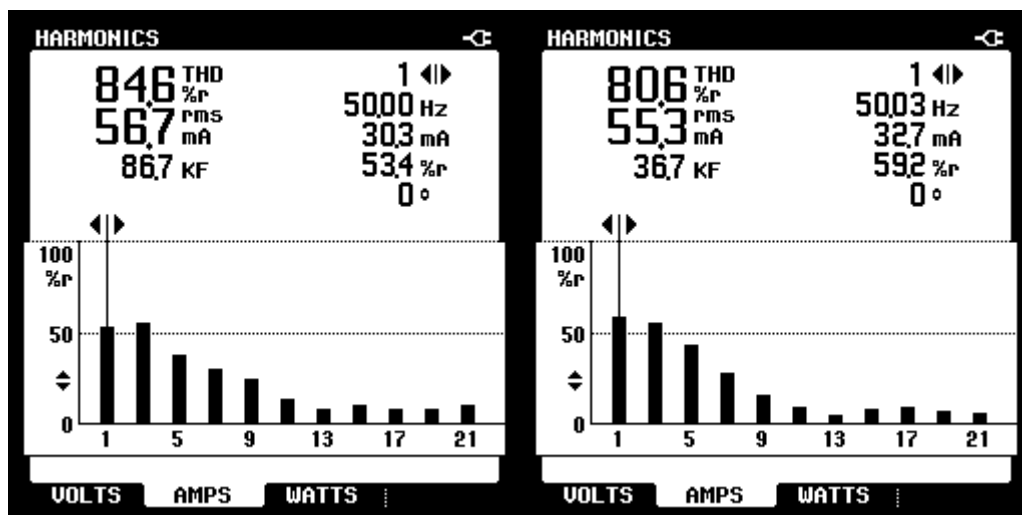
Energiasäästölamppuun vaihdettaessa virta ei tipu samassa suhteessa, kuin pätöteho. Mitatuilla energiansäästölamppuilla pätöteho tippui 80-85 % ja virta 70-75 % verrattuna valotehoiltaan vastaaviin hehkulamppuihin.

6.2.3 Yliaallot

Hehkulamppumittauksissa todettiin, että nollajohdin ei kuormitu lainkaan 50 Hz symmetrisellä kolmivaihekuormalla ja epäsymmetriselläkin kuormalla nollavaiheen virta oli enintään yhtä suuri kuin suurin mitattu vaihevirta.

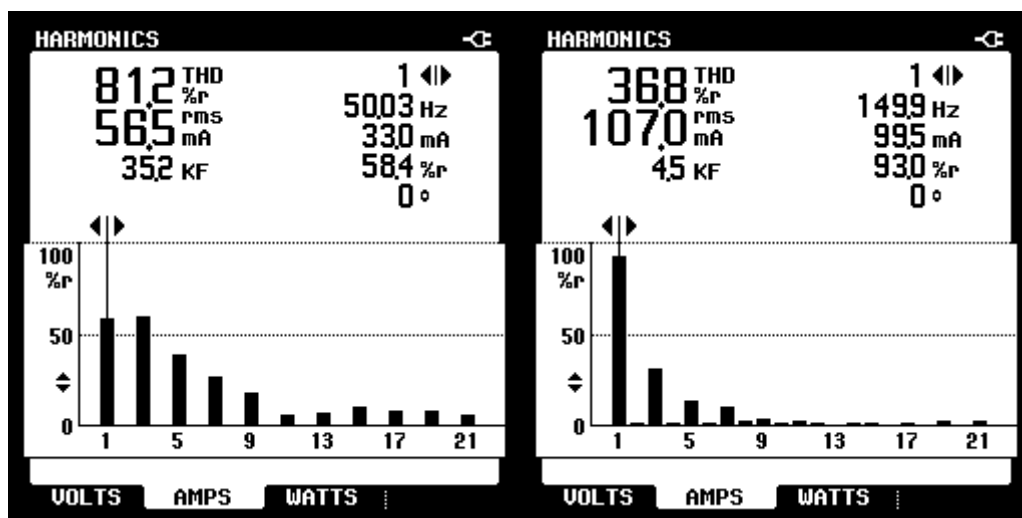
Energiasäästölamppujen mittauksissa virran kokonaissärö oli n. 70–80 % luokkaa, joista kolmannen yliaillon osuus oli n. 50 %. Mittauksissa energiansäästölamppujen

kolmas yliaalto summautui nollajohtimeen kolminkertaisena verrattuna yhden vaiheen 150 Hz virtaan, jolloin johtimen virran tehollisarvo kasvoi 93 %. Mittauksessa käytettiin kolmea N merkkistä 11 watin energiasäästölamppua. Kuvissa vaihevirtojen 150 Hz komponentit.



Kuva 16. Vaihe 1.

Kuva 17. Vaihe 2.

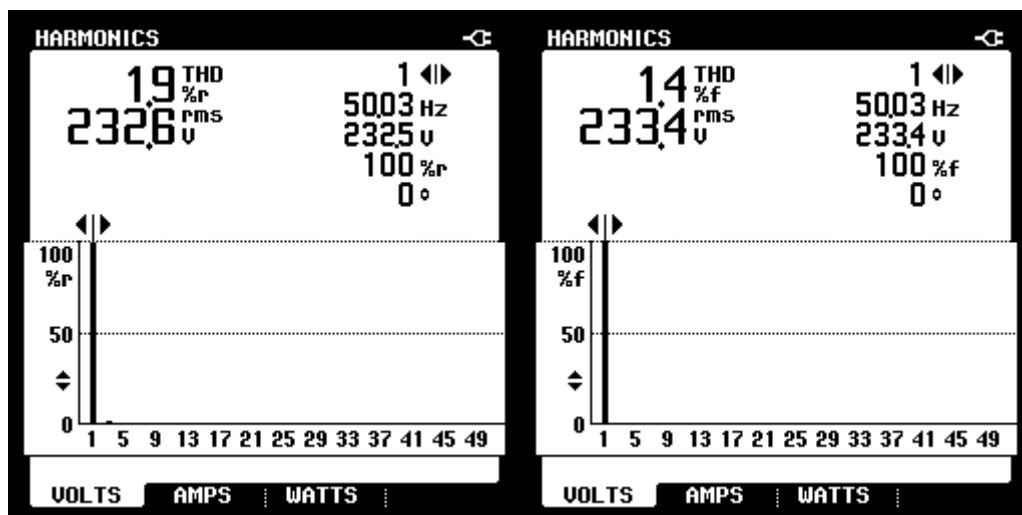


Kuva 18. Vaihe 3.

Kuva 19. Nollajohdin.

6.2.4 Jännite

Kaikissa alle 69 Kv:n järjestelmissä on jännitesärön oltava alle 3 % IEEE 519 standardin mukaan. Kaikissa mitatuissa lamputta jännitesärö pysyi alle 3 % /20/



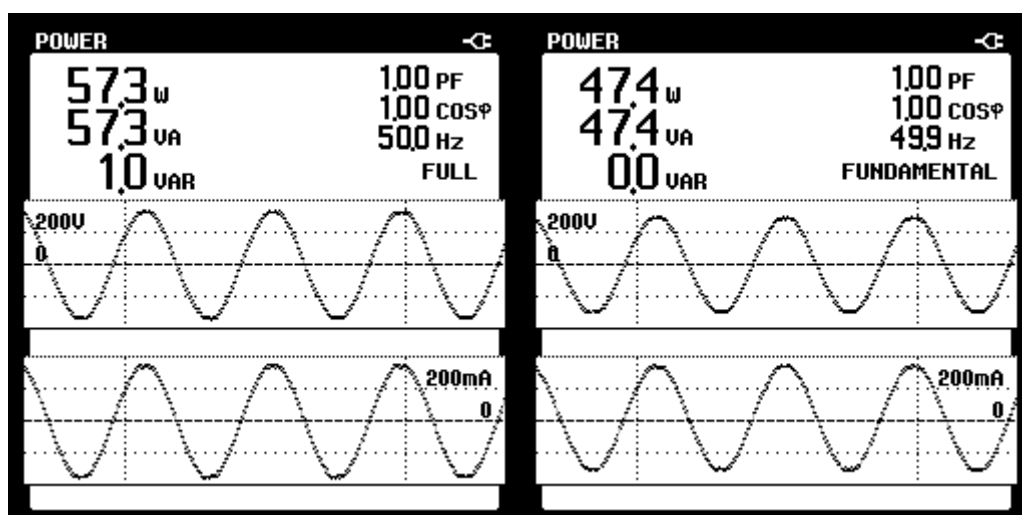
Kuva 20. Sc-saver 9 W jännitesärö.

Kuva 21. N 20 W jännitesärö.

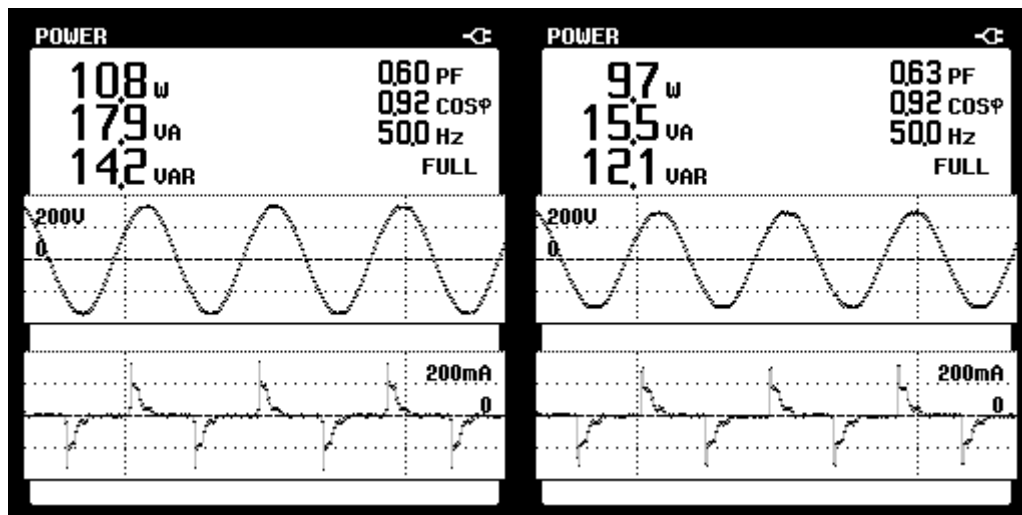
6.2.5 10 % jännitteenlasku verkossa

Mittauksella oli tarkoitus tutkia miten 10 % verkkojännitteen tiputus vaikuttaisi energiansäästölamppun tehon kulutukseen. Tutkittavina lamppuina oli Osram 60 W hehkulamppu ja valaisuteholtaan vastaava Airalite 11 W energiansäästölamppu.

Hehkulammissa tehonkulutus tippui 20 %, kun verkon jännite tippui 10 %. Silmämääräisesti valaistuteho ei laskenut huomattavasti. Airaliten kohdalla tehonpudotus oli 11 % luokkaa, eikä jännitteen tiputus vaikuttanut huomattavasti valaisutehoon.



Kuva 22. Osram 60 W teho verkkojännitteellä ja 10 % tiputuksella.



Kuva 23. Airalite 9 W teho verkkojännitteellä ja 10 % tiputuksella.

6.3 Energiasäästölamppun vuosikustannukset verrattuna hehkulamppuun.

Seuraavassa on selvitetty mallitilanne mitatuilla tehoarvoilla, jossa kerrostalo 1*35 A asunnon yhden valaisinpisteen viisi 40 watin Philips hehkulamppua on vaihdettu valoteholtaan vastaaviin Philips softone 8 watin energiasäästölamppuihin. Lamppujen hinnat ovat: hehkulamppu 0.5 € ja Philips energiasäästölamppu 9.90 €. Kumpi lamppu tulisi käytössä edullisemmaksi, jos vaihtokustannuksia ei oteta huomioon. Valmistajien ilmoittamat polttoajat ovat: 1000 tuntia hehkulampulle ja 10000 tuntia energiasäästölamppulle. Oletetaan, että vuodessa polttotunteja kertyy 1000 tuntia. Sähköenergian hinta on Porin energian tariffin 1.7.2009 mukainen (taulukko 5, liite 2). Laskentakorko yleinen 10 % . /22/

Taulukko 5. Sähkön hinta.

Yleissähkö 1 x 35 A	
Energia	6,54 c/kWh
Siirto	2,96 c/kWh
Sähköverot 1 luokka	1,08 c/kWh
Yhteensä	10.58 c/kWh

1. Pienloistelamppu:

Lampun keskimääräinen kestoikä on $\frac{10000h}{1000h} = 10 a$

Lamppujen hinnasta johtuva vuosikustannus:

$$K_{k1} = 5 * \frac{10}{100} * \frac{9,90 \text{ €}}{1 - \frac{1}{1,10^{10}}} \frac{\text{€}}{a} = 8,05 \frac{\text{€}}{a}$$

Vuoden energiakustannukset:

$$K_{w1} = 5 * 8 W * 1000h / a * 0,1058 \text{ €/kWh} = 4,23 \frac{\text{€}}{a}$$

Vuosikustannukset yhteensä

$$K_{k1} + K_{w1} = 12,28 \frac{\text{€}}{a}$$

2. Hehkulamppu

Lampun keskimääräinen kestoikä on $\frac{1000h}{1000h} = 1 a$

Lamppujen hinnasta johtuva vuosikustannus:

$$K_{k1} = 5 * \frac{10}{100} * \frac{0,50 \text{ €}}{1 - \frac{1}{1,10^1}} \frac{\text{€}}{a} = 2,75 \frac{\text{€}}{a}$$

Vuoden energiakustannukset:

$$K_{w1} = 5 * 40 W * 1000h / a * 0,1058 \text{ €/kWh} = 21,16 \frac{\text{€}}{a}$$

Vuosikustannukset yhteensä

$$K_{k1} + K_{w1} = 23,91 \frac{\text{€}}{a}$$

Energiansäästölamppu on valmistajan tiedoilla paljon edullisempi, kuin hehku-
lamppu.

6.4 Vertailtavat loisteputket

Loisteputkien vertailussa on kaksi erityyppistä Philipsin loisteputkea, joille tehtiin oppilaitoksessa valotehokkuusmittaus. Valotehokkuusmittauksien ja investointilaskelmien mukaan tehdään päätös jatketaanko Philipsin standardiputkien käyttöä vai siirtyykö oppilaitos käyttämään Philipsin Eco – putkia. Kaikki putkiin liittyvät hinnat on saatu Philipsin valtuuttamasta sähkötukkuliike Elektroskandiasta. Hinnat on nähtävissä taulukko 6.

6.4.1 Philips Master TL-D Super 80

Philips Master TL-D Super 80 loisteputkivalaisimet ovat Philips loisteputkivalaisinperheen perusputkia hyvällä valonlaadulla ja kilpailukykyisellä hinnalla. Philips Master TL-D Super 80 etuja:

- Pitkä 12000 tunnin käyttöikä
- Samalla energialla 30 % enemmän valoa kuin normaaleissa T8-lampuissa
- Käyttöiän pysyvä valontuotto
- Erittäin hyvä värintoisto, Ra > 80
- Minimoitu elohopeamäärä, 2 mg
- Pieni vikaantumisprosentti

Super 80 sarjaa löytyy laajalla värilämpötila jakaumalla eri teholuokissa, joita ovat 15, 18, 23, 30, 36, 38, 58 ja 70 wattia. /21/

6.4.2 Philips Master TL-D Eco

Philips Master TL-D Eco - loisteputkivalaisimet ovat energiatehokkaampi ratkaisu perinteiselle Super 80 sarjalle. Ne on tarkoitettu erityisesti sisäkäyttöön. Energiansäästö on toteutettu uudella loiste-aineella putken sisällä, joka on tulosta optimaalisesta täytöskaasujen yhdistelmästä ja paineesta. Eco - sarjan etuja ovat:

- Yli 10 % energiansäästöt
- Lyhyt takaisinmaksuaika
- Samanlainen valontuotto kuin Super 80 sarjan lampuilla
- Pitkä 12000 tunnin käyttöikä sähkömagneettisella liitäntälaitteella, elektronisella vielä enemmän.
- Hyvä värintoisto, Ra > 80
- Minimoitu elohopeamäärä, 2 mg
- Pieni vikaantumisprosentti

TL-D Eco - sarjaa löytyy riittävällä värilämpötila jakaumalla teholuokissa: 16, 32 ja 51 wattia. /21/

Taulukko 6. Putkien tyyppi, teho ja hinta.

Merkki	Tyyppi	Teho [W]	Hinta [€]
Philips master TL-D Super 80	T-8 Standard	58	1,95
Philips master TL-D Super 80	T-8 Standard	36	1,80
Philips master TL-D Super 80	T-8 Standard	18	1,50
Philips Master TL-D Eco	T-8 Eco	51	3,60
Philips Master TL-D Eco	T-8 Eco	32	3,24
Philips Master TL-D Eco	T-8 Eco	16	2,95

6.5 Loistelamppujen valaistusvoimakkuusmittaus

Valaistusvoimakkuusmittauksien tarkoitus on selvittää, täyttääkö suunniteltu valaistusasennus sille laaditut suositusarvot. Mittauksilla voidaan kartoittaa myös valaisimien kuntoa, ja selvittää valaistusparannuksien tarpeellisuutta. Tämän työn valaistusvoimakkuusmittauksen tarkoituksena oli verrata kahden erilaisen loisteputkityypin valaistusvoimakkuuksia toisiinsa. Mittarina mittauksissa käytettiin TES-1336A Datalogging Light Meter –merkkistä mittaria, jonka tarkkuus on $\pm 3\%$.

6.5.1 Mittaus ja tulokset

Mittauksissa käytettiin Philipsin T1-d Super 80 (840) ja T1-d Eco (840) loistelamppuja. Tehoiltaan kyseiset valaisimet olivat 58 W ja 51 W. Mittauksia ennen uusia lampuja poltettiin noin 100 tuntia ja niiden annettiin palaa ennen varsinaista mittausta 20 minuuttia, jotta mitatuksi saataisiin varmasti lamppujen maksimi valaistusteho.

Mittausolosuhteet luotiin kahteen samanlaiseen toimistotilaan Tekniikka Porin sähkölaboratorioon. Toimistotilojen mitat ovat 6,5 m * 3,5 m ja niistä luotiin mittausruudukko, jossa yhden ruudun koko on 0,5 m * 0,5 m. (Kuva 24). Ruudukossa näkyvät myös valaisimien paikat ja mittauspisteet. Mittauspisteiden määrä selvitettiin huoneindeksi k :n mukaan. Mittaukset suoritettiin rauhallisena ajankohtana iltahämärällä, jotta luonnonvalo ei vääristäisi mittaustuloksia, ja verkkojännite olisi mahdollisimman stabiili ja yhdenmukainen mittauksien ajan.

$$\text{Huoneindeksi: } k = \frac{lw}{(l+w)h_m} = \frac{6,5\text{ m} * 3,5\text{ m}}{(6,5\text{ m} + 3,5\text{ m}) * 2,10\text{ m}} = 1,083$$

jossa

l = huoneen pituus (m)

w = huoneen leveys (m)

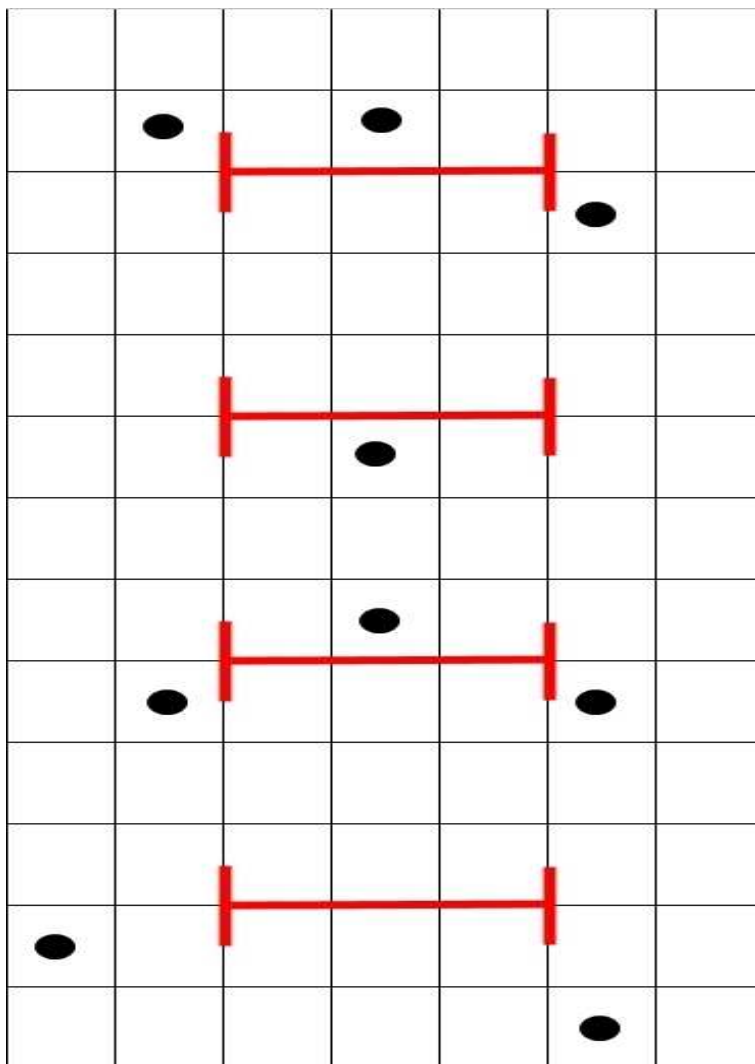
h_m = valaisimien asennuskorkeus työtasolta mitattuna (m)

k = huoneindeksi

Taulukko 7. Mittauspisteiden määrä huoneindeksin mukaan. /5/

Huoneindeksi	Mittauspisteiden lukumäärä
$k < 1$	4
$1 \leq k < 2$	9
$2 \leq k < 3$	16
$3 \leq k$	25

Tutkittavan alueen keskimääräinen valaistusvoimakkuus E_m saatiin eri ruutujen keskipisteistä saatujen mittaustulosten keskiarvosta. Mittaustuloksista haettiin myös pienin E_{\min} ja suurin arvo E_{\max} . Tulokset ovat taulukossa 8.



Kuva 24. Mittausruudukko ja mittauspisteet.

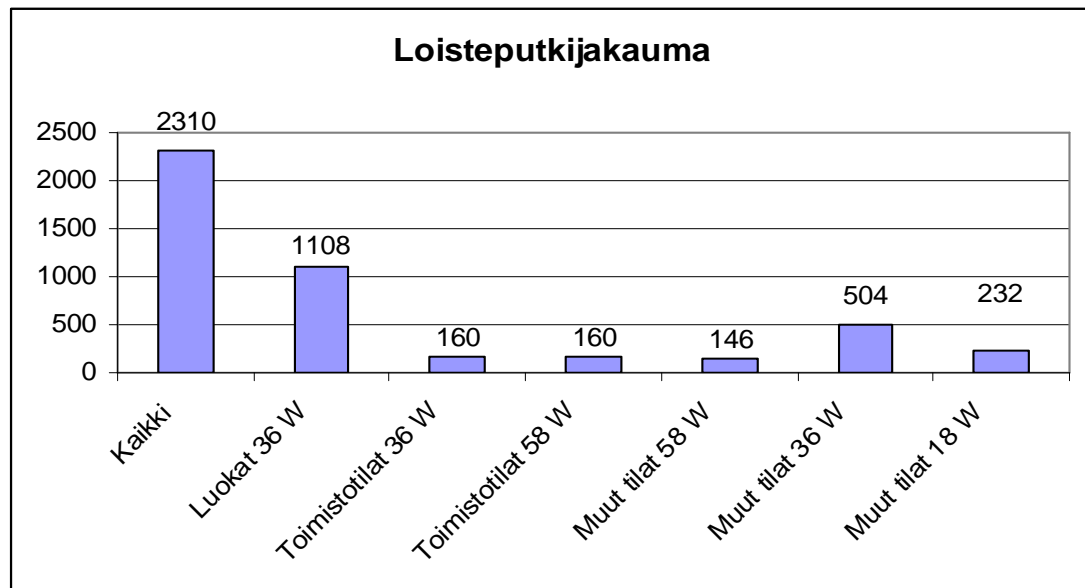
Taulukko 8. Mittaustulokset

Merkki	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
Philips master TL-D Super 80, 58 W	496	225	797
Philips TL-D Eco, 51 W	430	219	709

Mittaustuloksissa Eco – loisteputkivalaisimet hävisivät keskimäärin 66 luksia vertailtavina olleisiin Super 80 – loisteputkivalaisimiin. Kuitenkin Eco – lamputa saatava valaistustehokkuus on aivan riittävä ko. toimiston käyttöön. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että tilaan on alun perin suunniteltu vielä kaksi 36 W- loisteputki lisävalaisinta, jotka eivät olleet päällä mittauksien aikana ja mittaus tapahtui iltahämärällä. Luovuttuihin kustannussäästöihin nähden ovat Eco – putket varteen otettava vaihtoehto koulun valaistukselle.

6.6 Loisteputkien energiankulutus ja investointikustannukset

Satakunnan ammattikorkeakoulusta löytyi loisteputkia kaavion 1 jakauman mukaisesti. Loisteputkista suurin osa oli standardin mallisia t-8 kantaisia 36 watin 830 ja 840 loisteputkia. Loisteputkien kokonaissummaan on lisätty 5 % korjauskerroin. Kerroin on lisätty, koska koulun valaistuksesta ei ollut kenelläkään tarkkaa tietoa. Valaistuksesta ei myöskään ollut saatavissa ajan tasalla olevia piirustuksia, joten sen selvittäminen jäi oman laskennan varaan, ja aivan joka paikkaan en päässyt laskemaan. Vertailuaikana on käytetty lukukautta siitä syystä, että saataisiin tarkempi tulos lamppujen paloajan suhteen, kun koulu on aktiivikäytössä.



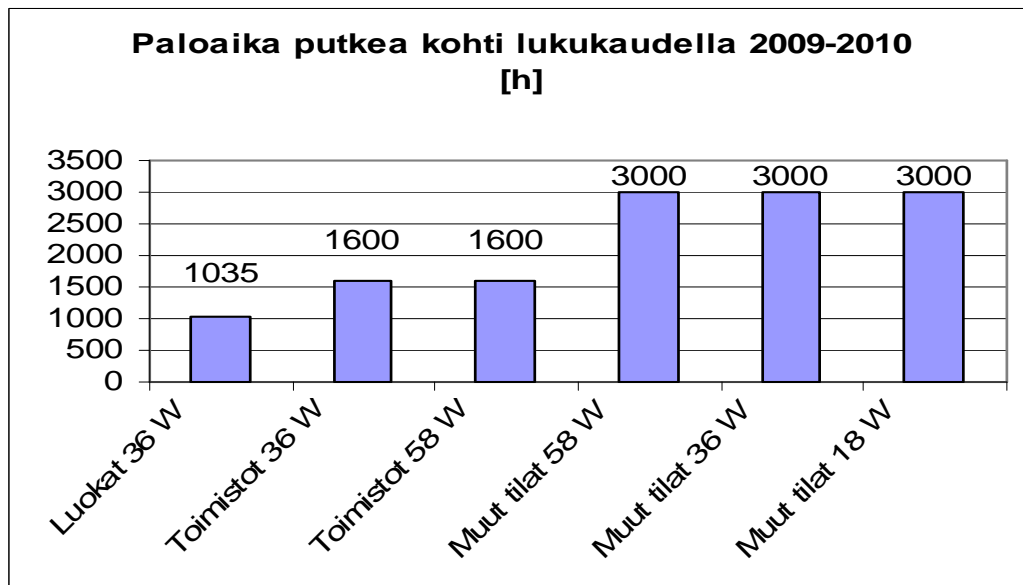
Kaavio 1. Loisteputkien kappalejakauma Samk Tekniikka Pori.

Valaistus oppilaitoksessa menee päälle klo 06.00 ja sammuu klo 21.00 (=15h) poislukien luokat ja toimistot, joissa ei ole automaattista valaistuksen ohjausta. Toimistoissa valot sammuvat normaalisti työpäivän päätteeksi, jolloin keskimääräiseksi paloajaksi muodostuu 8 tuntia päivässä. Luokkatilojen osalta on sovittu, että viimeinen luokasta lähtevä henkilö sammuttaa valot työpäivän päätteeksi.

Luokkien valaistuksen palo aika laskettiin lukukauden 24.8.2009–20.6.2010 lukujärjestyksien tuntimäärien mukaan, sekä kerrottiin se korjauskertoimella jonka suuruus on 15 %. Tämä siitä syystä, että melko usein opiskelijat / opettajat eivät muista sammuttaa valoja työpäivän päätteeksi, jolloin ne ovat läpi yön päällä. Näin laskettuna yhteispaloajaksi muodostui 1035 h lamppua kohti lukukaudessa.

Toimistotilojen valaistus koostui keskimäärin kahdeksasta loisteputkesta, joista neljä kappaletta oli 58 watin putkea ja neljä kappaletta 36 watin putkea. Kun valaistus on päällä 8 tuntia päivässä, niin lukukauden 24.8.2009–20.6.2010 mukainen palo aika on 1600 h lamppua kohden.

Muun koulun osalta valaistus on päällä 15 h päivä, jolloin palo aika on lukukauden 24.8.2009–20.6.2010 mukaan 3000 h lamppua kohden. Näihin tiloihin kuuluu mm. käytävät, aulat ja suurimmat laboratoriotilat.



Kaavio 2. Paloajat lukukaudelta 24.8.2009–20.6.2010

6.6.1 Vuosikustannukset

Vertailussa on käytetty Samkin nykyisiä Philips Tl-d Super 80 putkia ja varteenotettavia Tl-d Eco putkia. Sähkön hinnat ovat Porin energian tehotuotteet 1.4.2010 suurjännite hinnastojen mukaiset (taulukko 9, liite 3) ja putkien hinnat taulukosta 6.

Laskuissa ei ole otettu vaihtokustannuksia huomioon. Laskentakorkona on käytetty 10 % ja arvonlisäverona 0 %. Loisteho maksua ei peritä, koska oppilaitos kompensoi sen itse. Lisäksi laskuissa on otettu huomioon lamppuista aiheutuva tehomaksu, joka on laskettu ko. lamppujen yhteisen huipputehon mukaan. Vanhojen loisteputkivalaisimien yhteenlaskettu huipputeho on 85.72 kW ja Eco - putkien 76.02 kW. /22/

Taulukko 9. Tehotuotteet hinnasto 1.4.2010 alkaen.

Suurjännitesähkö	
Energia	5.52 c/kWh
Siirto	0.75 c/kWh
Sähköverot 1 lk.	0.8830 c/kWh
Yhteensä	7.15 c/kWh
Tehomaksu	2.07 €/kW/kk

Seuraavassa on laskettuna lukukausikustannukset vanhoilla Tl-d Super 80 lois-teputkilla:

1. Luokkatilat

Lampun keskimääräinen kestoikä on $\frac{12000h}{1035h} = 11,6$ lukukautta

Lamppujen hinnasta johtuva kustannus lukukaudessa:

$$K_{k1} = 1108kpl * \frac{10}{100} * \frac{1,80 \text{ €}}{1 - \frac{1}{1,10^{11,6}}} \frac{\text{€}}{a} = 298,12 \text{ €}$$

Lukukauden energiakustannukset:

$$K_{w1} = 1108kpl * 36 \text{ W} * 1035h / \text{lukukausi} * 0,0715 \text{ €/ kWh} = 2951,81 \frac{\text{€}}{\text{lukukausi}}$$

Lukukauden tehomaksu:

$$K_T = 39,90 \text{ kW} * 2,07 \text{ €/ kW / kk} * 9 \text{ kk} = 743,34 \frac{\text{€}}{\text{lukukausi}}$$

Kustannukset yhteensä

$$K_{k1} + K_{w1} + K_T = 3993,27 \frac{\text{€}}{\text{lukukausi}}$$

2. Toimistotilat 36 W

Lampun keskimääräinen kestoikä: 7,5 lukukautta

Lamppujen hinnasta johtuva kustannus lukukaudessa: 56,39 €

Lukukauden energiakustannukset: 658,94 € / lukukausi

Lukukauden tehomaksu: 107,31 € / lukukausi

Kustannukset yhteensä: 822,64 € / lukukausi

3. Toimistotilat 58 W

Lampun keskimääräinen kestoikä: 7,5 lukukautta

Lamppujen hinnasta johtuva kustannus lukukaudessa: 61,09 €

Lukukauden energiakustannukset: 1061,63 € / lukukausi

Lukukauden tehomaksu: 172,87 € / lukukausi

Kustannukset yhteensä: 1295,59 € / lukukausi

4. Muut tilat 58 W

Lampun keskimääräinen kestoikä: 4 lukukautta

Lamppujen hinnasta johtuva kustannus lukukaudessa: 89,81 €

Lukukauden energiakustannukset: 1816,39 € / lukukausi

Lukukauden tehomaksu: 157,76 € / lukukausi

Kustannukset yhteensä: 2063,96 € / lukukausi

5. Muut tilat 36 W

Lampun keskimääräinen kestoikä: 4 lukukautta

Lamppujen hinnasta johtuva kustannus lukukaudessa: 286,20 €

Lukukauden energiakustannukset: 3891,81 € / lukukausi

Lukukauden tehomaksu: 338,02 € / lukukausi

Kustannukset yhteensä: 4516,03 € / lukukausi

6. Muut tilat 18 W

Lampun keskimääräinen kestoikä: 4 lukukautta

Lamppujen hinnasta johtuva kustannus lukukaudessa: 109,78 €

Lukukauden energiakustannukset: 895,75 € / lukukausi

Lukukauden tehomaksu: 77,80 € / lukukausi

Kustannukset yhteensä: 1083,33 € / lukukausi

Vastaavat laskut TI-d Eco putkilla:**1. Luokkatilat**

Lampun keskimääräinen kestoikä: 11,6 lukukautta
Lamppujen hinnasta johtuva kustannus lukukaudessa: 536,62 €
Lukukauden energiakustannukset: 2623,83 € / lukukausi
Lukukauden tehomaksu: 660,55 € / lukukausi
Kustannukset yhteensä: 3821 € / lukukausi

2. Toimistotilat 32 W

Lampun keskimääräinen kestoikä: 7,5 lukukautta
Lamppujen hinnasta johtuva kustannus lukukaudessa: 101,50 €
Lukukauden energiakustannukset: 585,73 € / lukukausi
Lukukauden tehomaksu: 95,40 € / lukukausi
Kustannukset yhteensä: 782,63 € / lukukausi

3. Toimistotilat 51 W

Lampun keskimääräinen kestoikä: 7,5 lukukautta
Lamppujen hinnasta johtuva kustannus lukukaudessa: 112,78 €
Lukukauden energiakustannukset: 933,50 € / lukukausi
Lukukauden tehomaksu: 95,39 € / lukukausi
Kustannukset yhteensä: 1141,67 € / lukukausi

4. Muut tilat 51 W

Lampun keskimääräinen kestoikä: 4 lukukautta
Lamppujen hinnasta johtuva kustannus lukukaudessa: 165,81 €
Lukukauden energiakustannukset: 1597,17 € / lukukausi
Lukukauden tehomaksu: 138,72 € / lukukausi
Kustannukset yhteensä: 1901,70 € / lukukausi

5. Muut tilat 32 W

Lampun keskimääräinen kestoikä: 4 lukukautta

Lamppujen hinnasta johtuva kustannus lukukaudessa: 515,15 €

Lukukauden energiakustannukset: 3459,46 € / lukukausi

Lukukauden tehomaksu: 300,46 € / lukukausi

Kustannukset yhteensä: 4275,07 € / lukukausi

6. Muut tilat 16 W

Lampun keskimääräinen kestoikä: 4 lukukautta

Lamppujen hinnasta johtuva kustannus lukukaudessa: 215,91 €

Lukukauden energiakustannukset: 796,22 € / lukukausi

Lukukauden tehomaksu: 69,15 € / lukukausi

Kustannukset yhteensä: 1081,28 € / lukukausi

Yhteensä standardiputkien kokonaiskustannuksiksi muodostuu 13774,82 euroa lukukaudessa, Eco - putkien kokonaiskustannuksien jäädessä 13003,82 euroon. Tämä tekee kokonaiskustannuksiltaan Eco - putkista noin 5,6 % edullisimpia.

Jos unohtetaan lamppujen hinnasta johtuva kustannus ja ajatellaan putkia vain energiankulutuksen kannalta, on standardiputkien kuluttama energian hinta 12872,80 € lukukaudessa, Eco - putkien energiankustannusten jäädessä 11355,58 euroon. Tämä tarkoittaa, että Eco - putket säästävät noin 11,8 % energiakustannuksissa lukukaudessa.

6.6.2 Takaisinmaksuaika

Philips T1-d Eco lamppuille voidaan laskea takaisinmaksu aika, kun tiedetään niiden hankintahinta K_0 . Tällöin takaisinmaksu aika saadaan kaavasta /22/ :

$$K_0 = T_1 * \frac{100}{P} * \left(1 - \frac{1}{\alpha^x}\right),$$

jossa

K_0 on lamppujen hankintahinta

T_1 on lamppujen hankinnalla saavutettava tuotto

p on investointilaskelmissa käytetty korko

TI – d Eco - loistelamppujen hankintahinta on kaavion 1 ja taulukko 6 mukaan yhteensä 7526,28 €. Eco - loistelamppujen laskettiin tuottavan 1517,22 € lukukausittaisen sähköenergian säästön. Takaisinmaksuajaksi ilman korkoa tulee:

$$t = \frac{7526,28 \text{ €}}{1517,22 \text{ €}} = 4,96 \text{ lukukautta}$$

10 % korolla ($\alpha=1,1$) takaisinmaksuajaksi tulee:

$$7526,28 \text{ €} = 1517,22 \text{ €} * \frac{100}{10} * \left(1 - \frac{1}{1,1^t}\right)$$

$$4,96 = 10 * \left(1 - \frac{1}{1,1^t}\right)$$

$$0,496 = 1 - \frac{1}{1,1^t}$$

$$-0,504 * 1,1^t = -1$$

$$1,1^t = 1,984$$

$$t \log 1,1 = \log 1,984$$

$$t = \frac{\log 1,984}{\log 1,1} = 7,2$$

Takaisinmaksuaika 10 % pääomakorolla olisi siis 7,2 lukukautta.

7 KNX – KIINTEISTÖAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

7.1 KNX/EIB perusta

Knx – järjestelmän ydin EIB – väylätekniikka (European Installation Bus) on kehitetty jo 1990 – luvun alussa. Tekniikka kehitettiin sähköasennuksille asetettujen vaatimusten johdosta, joita olivat erityisesti turvallisuus, mukavuus ja joustavuus. Knx – järjestelmästä tuli samalla myös maailman ensimmäinen ja ainoa avoin kiinteistöautomaatiostandardi. Tämä standardointi mahdollistaa eri valmistajien komponenttien käytön samassa järjestelmässä keskenään. Valmistajia on maailmanlaajuisesti jo 188, joista Suomessa järjestelmiä toimittaa ABB, DJS Automation, Gycom, Merilux, Schneider Electric, Somfy, UTU Powel ja Wago. /24/

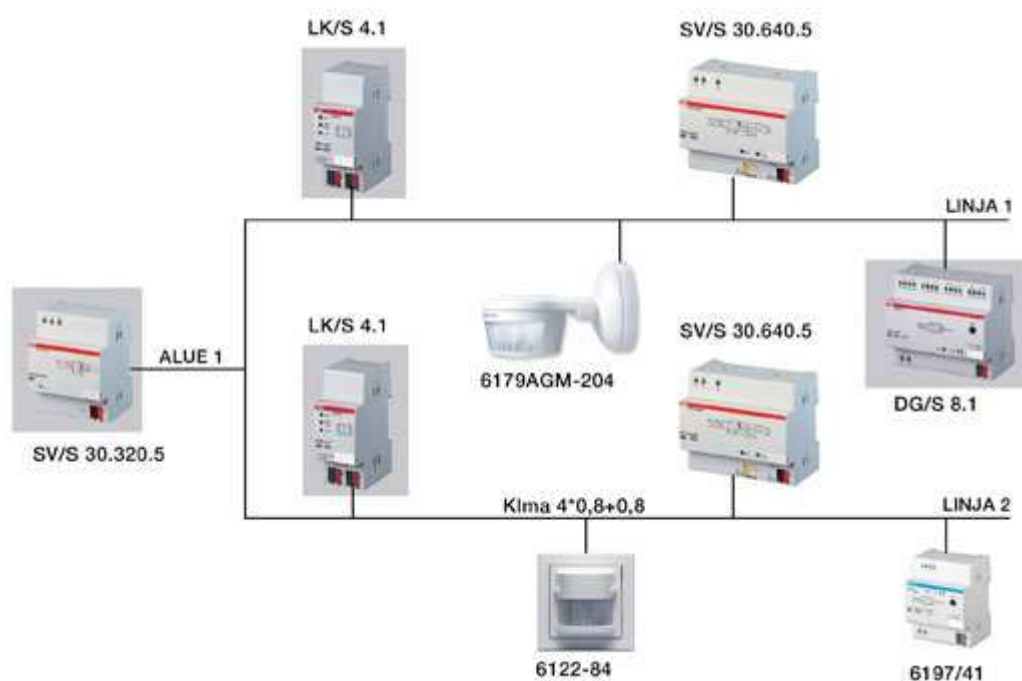
8 JÄRJESTELMÄ

8.1 Rakenne

Perinteisessä sähköasennuksessa kuorma kytketään kytkimellä, joko suoraan tai releen kautta päälle. Knx – järjestelmissä ei ole näin, vaan kuorma kytketään epäsuorasti kahdella piirillä (sähköpiiri ja ohjauspiiri). Esimerkiksi käyttöpainikkeen painallus lähettää tiedon ensiksi määritetylle toimilaitteelle, joka tiedon saadessaan kytkee kuorman päälle. Tiedon lähettäjä voi myös olla yhtä hyvin anturi, koska kaikki anturit ja toimilaitteet ovat liitoksissa siirtotien kautta toisiinsa. Tästä johtuen kytkentä- ja ohjauskohde ja tapamilla laitteet toimivat ovat täysin muunneltavissa ohjelmoinnin avulla. Kiteytettynä pääidea järjestelmällä on yhdistää kaikki rakennuksen sähköiset toiminnot yhtenäiseksi älyverkoksi. /25/

Knx – järjestelmä (kuva 25) koostuu maksimissaan viidestätoista alueesta. Alue taas koostuu linjoista, joita voi olla yhdessä alueessa myös viisitoista. Linjoille syötetään

24 - 30 VDC käyttöjännite virtalähteellä. Tämä käyttöjännite mahdollistaa toimilaitteiden toiminnan. Toimilaitteita voi olla linjassa 64 kpl, jonka jokaisen maksimivirran kulutus on oltava standardin EN50090 mukaan alle 10 mA. Yhteenlaskettuna koko järjestelmässä toimilaitteiden määrä voi olla maksimissaan $15 \cdot 15 \cdot 64 = 14400$ kpl. Knx – järjestelmän kaapelointi on joko tähti-, puu-, tai väylärakenteinen, mutta rengasrakenne ei ole mahdollinen. Kaapelijärjestelmän yhteispituus saa olla maksimissaan 1000 m ja kahden laitteen etäisyys maksimissaan 700m ilman lisävahvistinta (taulukko 10). /26, 25/



Kuva 25. Knx – järjestelmän rakenne. /26/

Taulukko 10. Kaapelien pituudet. /25/

Kaapelijärjestelmän pituus	Maksimissaan 1000 m
Virtalähteen ja väylälaitteen välinen etäisyys	Maksimissaan 350 m
2. virtalähteen välinen etäisyys kuristimien kanssa	Maksimissaan 200 m
2. väylälaitteen välinen etäisyys	Maksimissaan 700 m

8.2 Tiedonsiirto

Knx – järjestelmissä on mahdollista käyttää kolmea eri tiedonsiirtoväylää. Vaihtoehdot ovat väyläkaapeli, sähköverkko ja radioverkko. Tiedonsiirtoväylä on siis riippuvainen valituista komponenteista, onko käytössä esimerkiksi langattomia komponentteja vai ei.

8.2.1 Siirtotienä väyläkaapeli

Knx – järjestelmien yleisin siirtotie on väyläkaapeli esimerkiksi TG018 2 x 2 x 0,8mm² (kuva 26). Kaapelin syöttöjännite väylässä on korkeintaan 29 V, joka saadaan järjestelmän jännitelähteestä. Väyläkaapelia käytettäessä järjestelmän rakenne koostuu linjoista ja alueista. Kaikki käskyt, signaalit ja tiedot välittyvät väylälaitteiden välillä sanomilla. Tämä siirtoteknologia on suunniteltu niin, ettei linja vaadi toimiakseen impedanssisovitusta, vaan kaikki topologiat ovat mahdollisia. Väylälaitteet laskevat jännite-eron väyläkaapelin molempien johtimien välillä. Tästä johtuen väylän kaikki tiedot siirtyvät symmetrisesti. Tiedonsiirtonopeus väylällä on 9600 bittiä/s ja sanoman lähettämiseen ja vahvistamisen toiminta-aika on noin 25 ms. /27/

Väylälaitteiden välinen keskustelu on tapahtumaohjattua. Lähetetyt ja vastaanotetut tiedot siirtyvät linjassa peräkkäin yksitellen. Väylässä on käytössä luotettavuussyistä hajautettu yhteysmenetelmä CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Acces/Collision Avoidance). Tämä siirtotien varausmenetelmä havaitsee yhtenäisessä väylässä tapahtuvat mahdolliset tietojen törmäykset lähettämällä etukäteen varaavan signaalin ennen varsinaista datan lähetystä. Törmäykset ovat mahdollisia, jos linjan väylälaitteet lähettävät signaalia samanaikaisesti. CSMA/CA – varausmenetelmän ansiosta varmistetaan, ettei tietoja pääse matkalla häviämään ja väylä toimii oikein. /25/

Knx – väyläteknikassa tunnistimen tai painikkeen synnyttämän sanomanvälitys koostuu väyläkohtaisista tiedoista, hyötytiedoista ja testitiedoista, joilla mahdolliset virheet havaitaan. Sanoma itsessään on 8 bittinen merkkijono, joka pitää sisällään mm. valvonta- ja tarkistusbitit, sekä lähde- ja kohdeosoitteen. Kohdeosoite voi olla

laiteryhmä tai yksittäinen laite omassa linjassa, toisessa linjassa tai monissa linjoissa. Yksi laite voi olla siis kytköksissä moneen ryhmään. Kaikki väylässä olevat laitteet pitävät sisällään yksilöllisen väyläliitäntäyksikön, joka pitää sisällään mm. laitteen fyysisen osoitteen ja mikroprosessorin, joka mahdollistaa laitteen toiminnan väylässä. /25/



Kuva 26. Knx – väyläkaapeli. /24/

8.2.2 Siirtotienä sähköverkko

Knx – järjestelmässä voidaan käyttää sähköverkkoa (230 V) lisäsiirtotienä. Tällaista järjestelmää kutsutaan ns. Powerline Knx – järjestelmäksi. Powerline – järjestelmä ei tarvitse erillisiä väyläkaapeleita, vaan vaihejohtimen ja nollajohtimen kytkennän. Sähköverkossa toimiessaan järjestelmä ei tarvitse myöskään erillistä virtalähdettä, eikä kaapelin pituus ole rajoitettu. Maksimissaan linjaan voidaan kytkeä 255 laitetta. /25/

Koska sähköverkon johdotusta ei ole alkujaan suunniteltu tiedonsiirtoon, vaatii Knx – järjestelmä sovitusta. Tietojen siirto hoidetaan 50 Hz verkossa suurtaajuussignaaleilla alueella 95–125 kHz. Näillä signaaleilla ykkösbittiä vastaa taajuus 105,6 kHz ja nollabittiä 115,2 kHz. Lisäksi Powerline – järjestelmässä signaalien törmäykset on myös estetty CSMA/CA – varausmenetelmällä. Tämän kaltainen hajautettu vaihtotaajuuskoodaus takaa erittäin luotettavan tiedonsiirron nopeuden ollessa 1200 bittiä/s ja vasteajan 130 ms. /25/

Powerline – järjestelmän sanoman sisältö on samankaltainen kuin väyläkaapelin sanoma, mutta lisäksi sanoma sisältää sähköverkosta johtuvan siirtotien edellyttämiä muunnoksia, kuten tahdistuksen. Tahdistusta käytetään synkronoimaan lähettimen ja vastaanottimen. Eroavaisuutena väyläkaapelijärjestelmään Powerline – järjestelmässä voivat vain saman järjestelmätunnuksen sisältävät toimilaitteet keskustella keskenään. /25/

8.2.3 Siirtotienä radiotaajuus

Knx: n langaton siirtoverkko koostuu joko pelkästä radiotaajuusverkosta tai radiotaajuusverkon ja muun siirtotien yhdistelmästä. Jos järjestelmässä on muitakin siirtoteitä kuin radioverkko, tarvitaan järjestelmään mukaan mediakytkin lähettämään ja vastaanottamaan tietoja langallisesta verkosta langattomaan ja päinvastoin. Knx – järjestelmän langaton käyttö mahdollistaa laitteiden asentamisen mihin tahansa kantomatkan sallimalle alueelle. Jos kantomatkan alueella on useampia Knx – radioverkkoja, niiden keskinäisvaikutukset on suljettava pois. Tämä onnistuu ohjelmoimalla vastaanottimet ymmärtämään vain oman verkon lähettimien laitetunnuksien sanomaa. Kantomatkaa on mahdollista lisätä kaksisuuntaisilla välivahvistimilla. /25/

Radioteknologiassa kaikki siirrettävä tieto vaatii moduloinnin kantotaajuuteen. Lähetetyt sanomat siirretään kanta-aallon amplitudinvaihteluna, taajuusmodulaationa, vaihemodulaationa tai näiden yhdistelminä. Vastaanotettaessa moduloitu signaali pitää demoduloida, jotta sanoman tiedot saadaan signaalista laitteelle. Kantotaajuus on Knx – radiojärjestelmissä 868,30 MHz. Bittitilat 1 ja 0 saadaan pienillä kantotaajuuden poikkeamilla. Langattoman verkon tiedon siirtonopeus on 16384 bittiä/s ja se on Manchester – koodattua. Manchester – koodi helpottaa lähettimien ja vastaanottimien synkronointia järjestelmässä, koska se mahdollistaa laitteiden kellopulsin jatkuvan säädön. Jokaisen laitteen lähetyksellä on aikaväli. Tämä työjakso mahdollistaa laitteille kiinteät lähetyksajat, jolloin ei synny ruuhkatilanteita ja mahdolliset häiriöt saadaan minimoitua. Maksimilähetysteho laitteistolla on 12 mW. /25/

Langattomien laitteiden sanomat sisältävät sanoman alussa ja lopussa synkronointitiedot lähettimille ja vastaanottimille. Lisäksi sanoma koostuu kahdesta datajaksosta,

joista ensimmäinen tietojakso määrittää laitteen osoitetiedot, sekä mm siirtotiedot verkon laadusta ja langattoman laitteen mahdollisesta akun tilasta. Toinen datajakso sisältää varsinaisen sanoman kohdelaitteelle. /25/

8.3 Käyttöönotto

Knx – järjestelmän käyttöönottopoja on olemassa kolme: A-tila (automaattitila), E-tila (helppokäyttötila) ja S-tila (järjestelmätila). Kaikilla tiloilla on omat ominaisuutensa, jotka perustuvat mm. käyttäjäryhmään, käyttöönottoon, aseteltavuuteen ja toiminta-alaan. A-tila on yksinkertaisin mahdollinen käyttöönottomenetelmä. Sitä käytetään silloin, kun laitteilla on selkeästi määritellyt toiminnot, mutta käyttäjäasetuksissa on toivomuksia. Tämä käyttöönottotyyppi tehdään automaattisesti, kun laite kytketään siirtotiehen, eikä sitä tarvitse enää muuttaa. Kuluttajan kannalta tämä on helppo ratkaisu, koska koulutusta ei vaadita uudelleenohjelmointiin. /25/

E-tilassa käyttöönotto tehdään knx – tuotteiden painikkeiden tai keskusohjaimen avulla. Langattomien järjestelmien ohjelmoinnissa voidaan käyttää myös markkinoilla olevia ohjelmointityökaluja, kuten esim. Hagerin Tx100 - ohjelmointilaitetta (kuva 27). E-tilassa olevat laitteet ovat yleensä pieniä tai keskisuuria asennuksia varten. Niillä on usein rajoitettu toimivuus ja ne ovat täysin yhteensopivia, joten ne eivät tarvitse välttämättä tietokonekohtaista ohjelmointia ja niiden käyttöönotto ja asetus-tietojen määrittely on helppoa lyhyellä harjoituksella. /25,27/

S-tilan järjestelmät kattavat kaikki E-tilan käyttöönotot ja lisäksi myös suurien tilojen käyttöönotot, kuten suuret rakennuskohteet laajoine toimintoineen. Käyttöönotto toteutetaan tietokoneella, johon on asennettu ETS-3 käyttöönotto-ohjelma. ETS-3 on valmistajista riippumaton ohjelmointityökalu knx – tuotteille, joka tarjoaa kaikille suunnittelijoille ja urakoitsijoille ratkaisun kaikkia knx – järjestelmiä suunniteltaessa. Liitännäväljänä laitteiden ja pc:n välillä toimii standardisoidut RS232- ja USB-rajapinnat käytettäessä ETS-3 käyttöönotto-ohjelmaa. Tuotteesta on olemassa hyvä oppimishjelma ETS 3 TESTER, jonka saa ladattua ilmaiseksi esimerkiksi knx shopin kotisivuilta <http://www.knx.org/knx-tools/ets/downloads/>. /24/



Kuva 27. Hager tx100 – ohjelmointityökalu.

9 KÄYTTÖSOVELLUTUKSET JA EDUT

Knx – järjestelmästä on suuri etu suunnittelijoille, asentajille ja loppukäyttäjille. Suunnittelijaa erityisesti helpottaa eri valmistajien komponenttien yhteensopivuus, ja näin ollen toimintojen yhteensopivuus. Lisäksi suunnitelman korjaukset, muutokset ja pienet laajennukset on helppo toteuttaa ilman uudelleen suunnittelua ja kaapelointia.

Asentajalle knx – järjestelmä tarjoaa tavanomaista asennusta jakokeskuksissa ja rasi-oissa kaapeloinnin ollessa yksinkertaista ja selkeää. Vikoja etsittäessä ei tarvita perinteisiä menetelmiä, vaan esimerkiksi etäyhteys internetin kautta järjestelmään. Knx – järjestelmä voidaan ohjelmoida tuottamaan myös dokumentointia huollolle ja kunnossapidolle vikatapauksien varalta.

Kuluttajan kannalta knx – järjestelmä on taloudellinen, joustava ja ennen kaikkea nykyaikainen kodinohjausjärjestelmä. Knx – järjestelmällä on mahdollista suorittaa sellaisia mukavuus- ja hyötytoimintoja, jotka ei ole mahdollisia perinteisellä järjestelmällä. Lähes kaikki kodin sähköohjausjärjestelmät on mahdollista ohjelmoida halutulla tavalla. Esimerkiksi vessaan noustessa yöllä on mahdollista kytkeä yhdestä painonapista vessaan johtavalle käytävälle valot, jotka sammuvat itseksensä 3 minuutin päästä. Myös energiansäästöä päästään uusiin ulottuvuuksiin knx - järjestelmäl-

lä. Järjestelmään voidaan esimerkiksi syöttää eri huoneille omat lämpötila- ja aika-profiilit, jotka voidaan sovittaa yhteen mm. aurinkosuojien ohjauksen ja ulkolämpötilan kanssa. /25/

Yleisimpiä knx – järjestelmän toimintoja:

- valaistusryhmien ohjaus, säätö ja tilanneohjaukset
- energiansäästö läsnäoloantureiden ja liikeantureiden avulla
- verhomoottorien ja markiisien ohjaus
- huoneiden lämmitys / jäähdytys
- sääolosuhteiden hyväksikäyttö energian säästössä
- keskitetyt ohjaukset ajastettavissa
- etäkäyttö ja valvonta

9.1 Valaistus

Knx – järjestelmässä kaikki rakennuksen sisä- ja ulkovalot voidaan kytkeä päälle tai himmentää erikseen tai ryhmissä. Toiminto tapahtuu joko manuaalisesti knx - painikkeilla, langattomalla ohjaimella, tai vaikkapa ohjelmoinnin mukaan esimerkiksi ajasta, liikkeestä tai auringonvalosta. Kaikki riippuu järjestelmälle luodusta valaistustilanteesta, joka on käyttäjän muunneltavissa milloin tahansa. Tavallisimmin valaistus on liitetty seuraaviin toimintoihin:

- aurinkosuojien / sälekaihtimien sulkeminen ja valon sytyttäminen
 - turvallisuustekijät ja turvavalistus, esim. tulipalo sytyttää sisä- ja ulkovalot
- /25/

9.2 Lämpötila

Knx – järjestelmään on mahdollista kytkeä monia erilaisia huonetermostaatteja, kuten näytöllisiä ja näytöttömiä perinteisempiä termostaatteja. Yleensä näytölliset termostaatit pitävät sisällään lcd-näytön, josta on mahdollista lukea mm. päivämäärä, lämpötila, kellonaika ja säätää haluttu lämpötila esimerkiksi kellonajan mukaan. Näytöttömillä termostaateilla ohjaus hoituu joko pc:n tai keskitetyn kosketusnäytön kautta. Jokaisessa huoneessa olevat termostaatit mahdollistavat yksilöllisen lämmönohjauksen eri huoneille. Näin ollen jokaisen huoneen lämpötila voidaan säätää

halutuksi vain kahta peruskomponenttia käyttäen: huonetermostaatti ja lämpöpatterin venttiilin ohjain. Lämmitysohjauksessa väylän perus tiedonsiirtorakenne on seuraavanlainen: huonetermostaatille asetellaan lämpötila -> signaali säätöventtiilille -> lämpöpatterin säätö halutulle lämpötilalle. Tämän lisäksi järjestelmään voi olla kytketty läsnäoloantureita, ikkunakoskettimia ja verho-ohjauksia, jotka lähettävät tietoa takaisin termostaatille lämmitystarpeen määrästä. Esimerkiksi aukaistessa ikkuna huonetermostaatille tulee tieto ikkunakoskettimelta, jolloin termostaatti ohjelmoinnin mukaan asettaa tietyn minimi lämpötilarajan. Huonelämpötilan lähestyessä tätä rajaa termostaatti avaa lämmityksen säätöventtiilin ja pyrkii pitämään lämmön tasaisena halutussa arvossa. /29/

Myös ilmalämpöpumpun, lämminvesivaraajan ja ilmanvaihtokoneen ohjaus onnistuu knx – järjestelmällä. Ne voidaan sovittaa toimimaan huonetermostaattien tai omien antureidensa kanssa halutulla tavalla. Knx – järjestelmän etuna perinteisiin ilmanvaihtokoneiden ohjauksiin on se, että koneen kaikki tiedot ovat luettavissa ja säädettävissä lähes rajattomasti. Järjestelmä voidaan asettaa myös antamaan hälytystiedot kuten esim. ilmansuodattimien vaihtamisen määrääjat tekstiviestillä tai sähköpostilla ja niin edelleen. /29/

9.3 Valvonta ja turvallisuus

Yksinkertaisimmillaan valvonta Knx – järjestelmässä voi olla yksittäisten komponenttien valvontaa kannettavalla ohjelmointilaitteella, mutta asunnoissa ja toiminnallisissa rakennuksissa on usein tallennettava, raportoitava sekä näytettävä eri huoneiden ja sektoreiden laitteista tulevat tiedot. Tällaisia tietoja voivat olla esimerkiksi: valaistuksen tilat, ovien ja ikkunoiden tilat, kodinkoneiden tilat, lämmitys- ja ilmastointilaitteiden tilat, sälekaihtimien ja aurinkosuojien tilat, hälytysjärjestelmän tilat ja erilaiset mittarilukemat. Helpon rakennuksen kaikkien järjestelmien esitys ja toimintojen ohjaus tapahtuu seinään asennetun näytön tai järjestelmään kytketyn pc:n kautta. Jos järjestelmään hankitaan niin sanottu internet gateway, pystytään sitä ohjaamaan ja valvomaan internetin yli paikasta riippumatta. /25/

Knx – järjestelmään voidaan asettaa ja kytkeä lukuisia turvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Esimerkiksi kotoa, toimistosta tai liikkeestä poistuttaessa voidaan kytkeä

yhdellä napilla hälyttimet ja monet energiaa säästävät toiminnot päälle. Valaisimet voidaan säätää yövalaistukselle tai päällä olevat valaisimet voidaan keskitetysti kytkeä pois päältä. Läsnaolotunnistimella voidaan valittujen alueiden lämpötilaa laskea energian säästämiseksi, kun ketään ei ole paikalla. Tärkeät virtapiirit voidaan eristää tulipalovaaran välttämiseksi. Ulkovaistus voidaan kytkeä väliaikaisesti päälle turvallisen ulospääsyn takaamiseksi ja liikkeentunnistimet sekä valvontakamerat voidaan asettaa kytkemään päälle kaikki ulkovalot, jos alueella havaitaan kutsumattomia vieraita. Sisätilojen valvontakamerat voidaan myös asettaa aiheuttamaan hälytys tunkeilijoiden varalta. Hälytyksen tapahtuessa vartiointiliike lähetetään paikalle ja omistaja saa siitä tiedon kätevästi esimerkiksi tekstiviestillä tai sähköpostilla. /29/

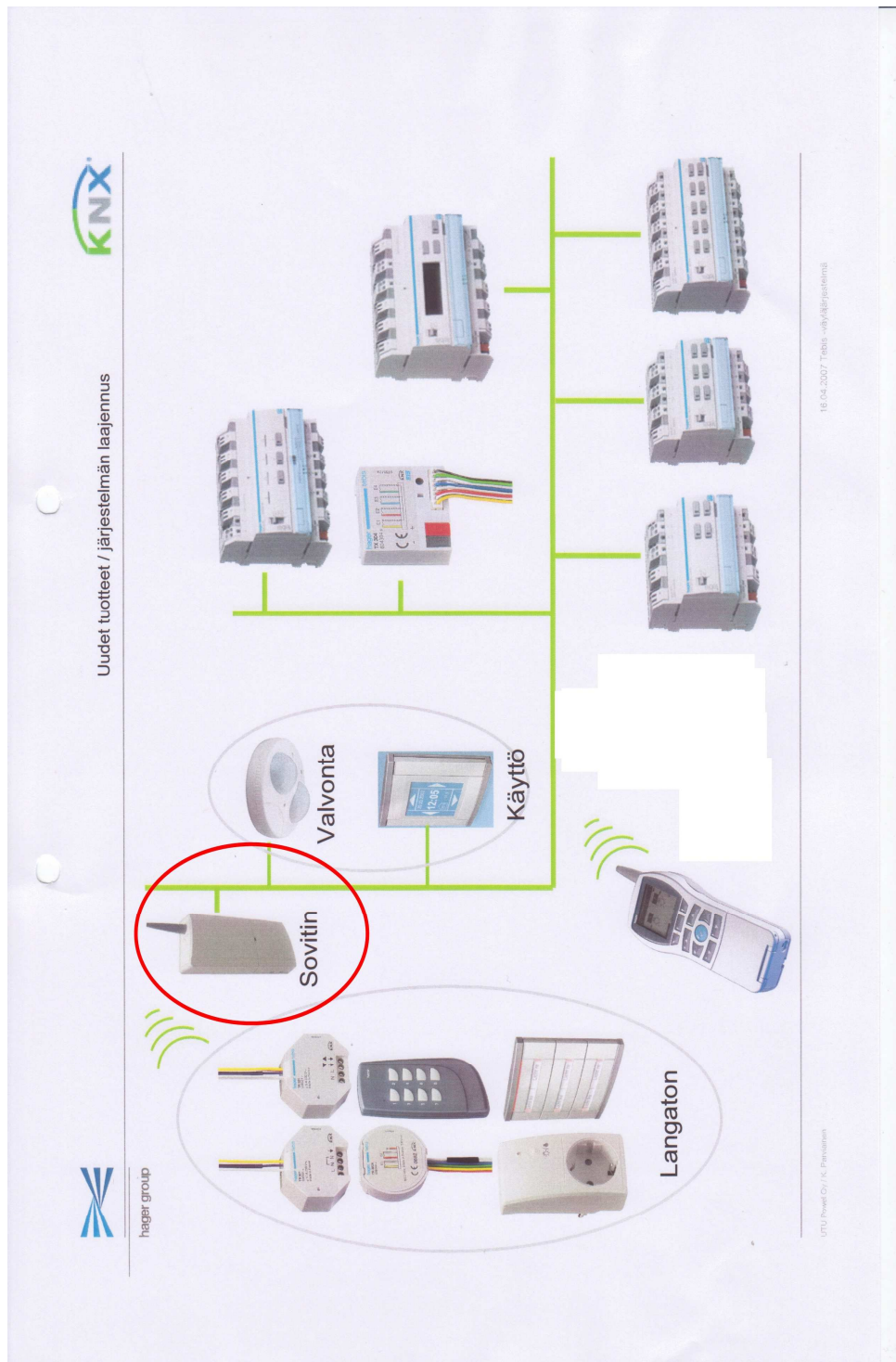
9.4 Multimedia

Knx – järjestelmällä on mahdollista yhdistää kaikki kodin radio- ja televisio-ohjelmat sekä internet-yhteys jokaiseen huoneeseen. Kaikki multimediasignaalit kulkevat niiden omien johdotuksien kautta monihuonejärjestelmälle, joka erityisten kytkimien avulla muuttavat ne knx – käskyiksi infrapunasignaalien tai yhdyskäytävien kautta. Muuntamisen jälkeen yksittäisissä huoneissa voidaan järjestelmän painikkeilla tai erillisillä multimedianaäytöillä muuttaa esimerkiksi äänen voimakkuutta, tv – kanavaa tai koko signaalinlähdettä. Jos laitteistoon kytketään erillinen tietokonejärjestelmä ns. multimediapalvelimeksi, on laitteiston käytöllä lähes rajattomat mahdollisuudet toimia kodin viihdekeskuksena. /25/

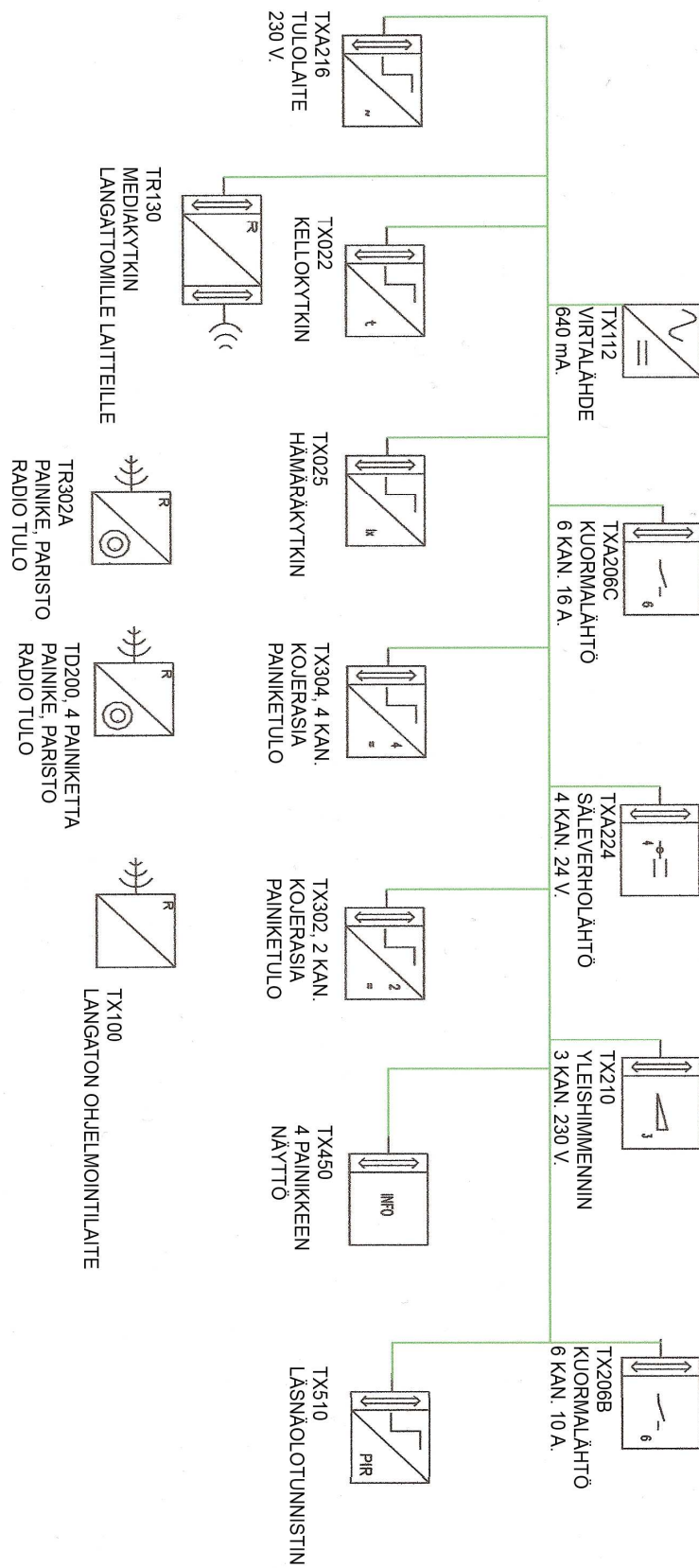
10 SAMK KOULUTUSKÄYTTÖÖN SOVELTUVA JÄRJESTELMÄ

Satakunnan ammattikorkeakoulu on kiinnostunut lisäämään sähköpuolen koulutustarjontaansa knx – koulutusta aluksi lähinnä laboratorio olosuhteissa. Tarkoituksena oli, että koululle soveltuva järjestelmä sisältäisi kaikki knx – järjestelmän perussovelukset ja niiden ohjaukset. Tästä johtuen valitsin järjestelmän komponenteiksi Hagerin Tebis TX + Funk – tuoteperheen komponentteja, joiden jälleenmyyjänä toimii UTU. Tämä siitä syystä, että Utu:lla oltiin kiinnostuneita projektista ja sain mielen-

kiintoista koulutusta laitteiston toiminnasta. Tebis TX + Funk – väylärakenteessa on sekoitettu langatonta ja parikaapeli-asennusta. Tästä johtuen järjestelmä vaatii langattomien komponenttien vuoksi toimiakseen mediasovittimen (kuva 28). Kuvassa 29 on nähtävissä koulutuskäyttöön sopivan järjestelmän väylän rakenne ja komponentit. Tarjouspyyntö löytyy liitteestä 4.



Kuva 28. Tebis TX + Funk rakenne. /28/



Kuva 29. Koulutuskäyttöön soveltuva järjestelmä. /30/

10.1 Järjestelmän asennus

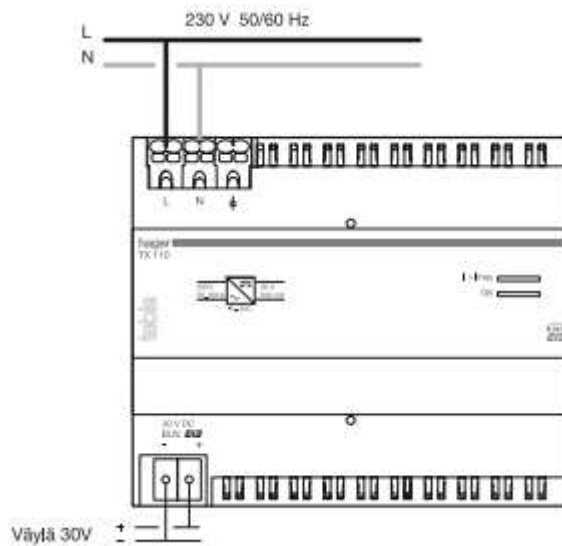
Laitteisto muodostuu tulolaitteista ja lähtölaitteista, joiden kaapelointi tapahtuu väyläkaapelilla TG018 (2 x 2 x 0,8). Koska järjestelmä on sekoitusta tebis TX (TP) ja Tebis funk (RF) – järjestelmistä on siirtotienä käytössä myös radio-ohjaus, jolle on varattu taajuus 868 MHz. Järjestelmä saa jännitteensä jännitelähteestä, joka syöttää tebis TX tulo- ja lähtökojeita SELV 24 V jännitteellä. Tebis funk – tuotteita syötetään paristoista tai 230 V verkosta. Asennuksen tulolaitteet toimittavat kytkentäkäskeyjen vastaanottoa ja suoritusta, kun taas lähtölaitteet toimivat kytkentäkäskeyjen muuntamisessa esim. valaistuksen himmennys, sälekaihtimet kiinni/auki jne. Tulo- ja lähtölaitteet voivat olla joko modulikojeita sähkökeskuksessa tai uppoasennettuja toimilaitteita esim. uppokojerasioissa. Näin ollen niiden ohjaukseen voidaan käyttää yleisiä vakiokalustesarjojen painikkeita tai kytkimiä. /27/

10.2 Järjestelmän käyttöönotto

Järjestelmän käyttöönotto voidaan hoitaa ETS – ohjelmistolla, mutta helpoiten se käy TX 100 – ohjelmointilaitteella ja mediakytkimen TR130A/B avulla. TX 100 toimii radioaaltoperiaatteella laitteiden liitännässä ja ohjelmoi toiminnot kuten esim. kytkennän, sälekaihtimet, himmennuksen, tilanetoiminnot, ajastintoiminnot, lämmitys-toiminnot sekä niiden kaikki yhdistelmät. Ohjelmointilaitetta voidaan käyttää myös toiminnan valvontaan, radiosignaalin testaukseen ja mittaukseen. Tietojen tallennuksen TX 100 käyttää standardia SmartMedia-korttia. Huomattavaa on, että TX 100 ei jää laitteistoon ja sitä voidaan käyttää milloin vain uudelleen, kun järjestelmään halutaan muutoksia. Radioteitse toimivia komponentteja käytettäessä vain mediakytkin jää liitettyjen radio- ja parikaapelituotteiden viestintää varten laitteistoon. Virallisesti mediakytkimen tehtävä on kääntää radiosignaali väyläkaapeliin ja päinvastoin. Mediakytkin liitetään väyläkaapeliin pinta-asennuksena sähkökeskuksen ulkopuolelle, jotta signaali ei häiriinny. Mediakytkin tarvitsee väyläkaapelin lisäksi 230 Voltin verkkojännitteen. /27/

10.3 Järjestelmän komponentteja

10.3.1 TXA 112 – Teholähde

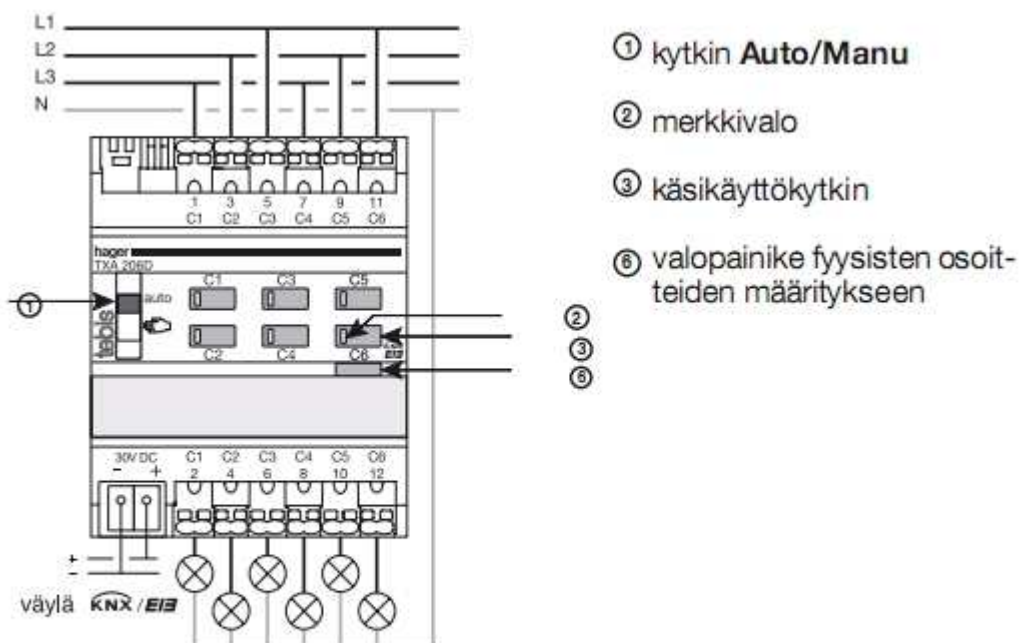


Kuva 30. TXA 112 – Teholähde. /28/

Taulukko 11. Teholähteen sähkötekniset arvot.

Käyttöjännite [V]	Järjestelmäjännite [V]	Ulostulo [V]	Nimellisvirta [A]	Maks. tehontarve [W]
230 V~50 Hz	30 V DC	30 V DC	640 mA	6 W

10.3.2 TXA 206B/C – Kuormalähtö



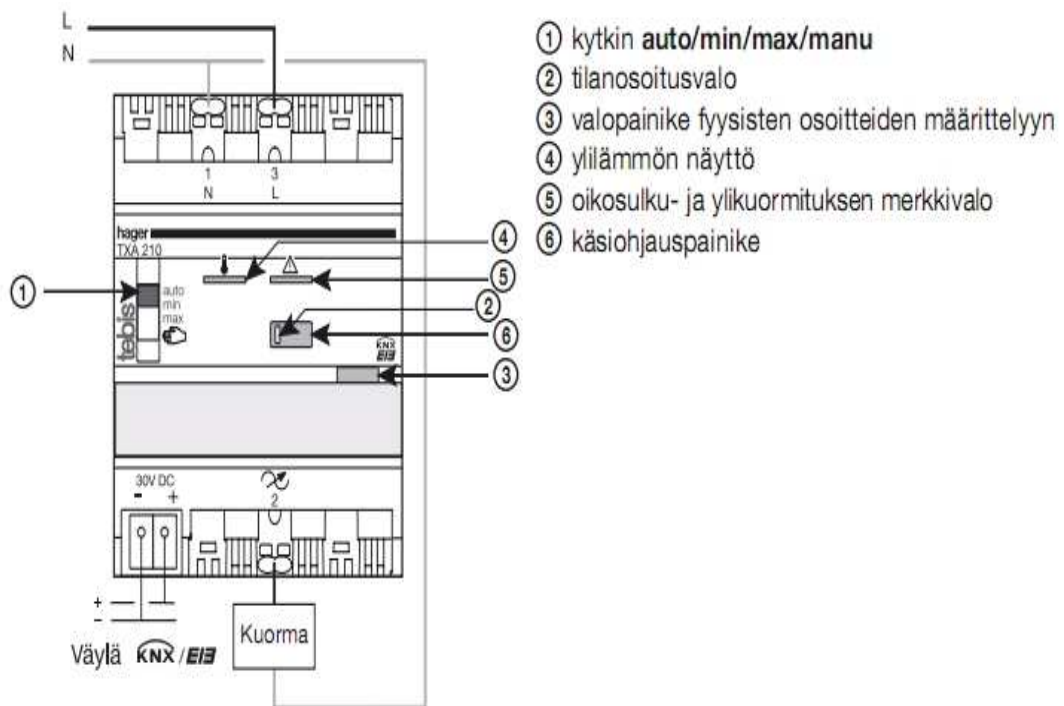
Kuormalähdöt voidaan kytkeä eri vaiheisiin.

Kuva 31. TXA 206B/C - kuormalähtö. /28/

Taulukko 12. Kuorma / kytkentäkyky.

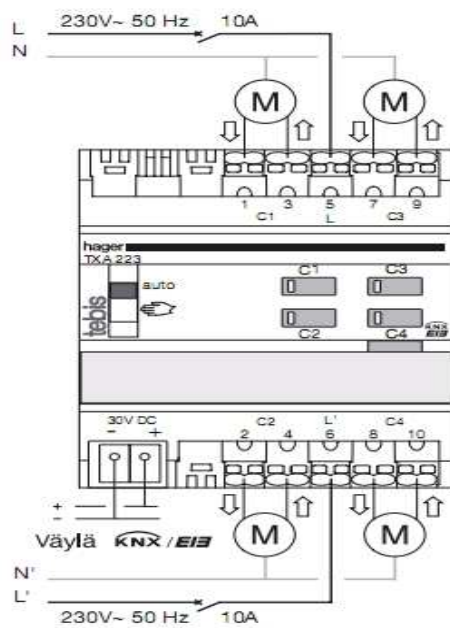
Kuorma	TXA 206 B, 10 A	TXA 206 C, 16 A
Hehkulamppu 230 V	1200 W	2300 W
Loistelamppu elektroninen 230 V	1000 W	1200 W
Energiansäästölamppu 230 V	12 x 23 W	18 x 23 W

10.3.3 TXA 210A – Himmennyslähtö



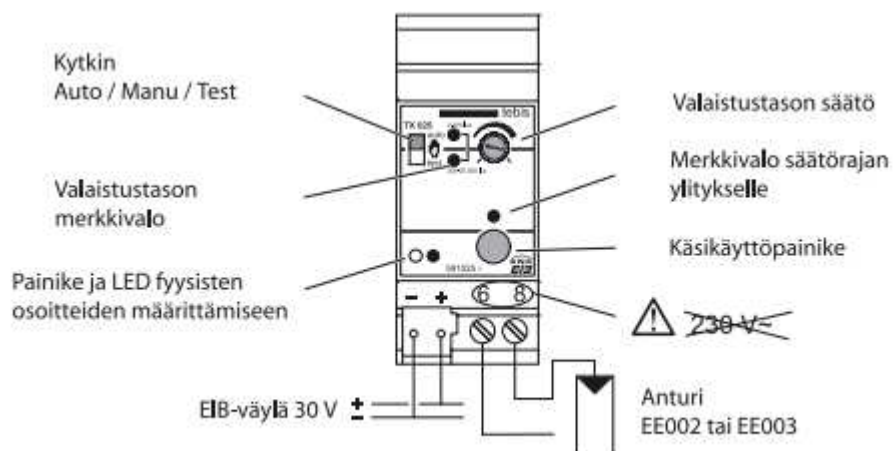
Kuva 32. TXA 210A, 300 W Himmennyslähtö. /28/

10.3.4 TXA 224 – Verho-ohjain



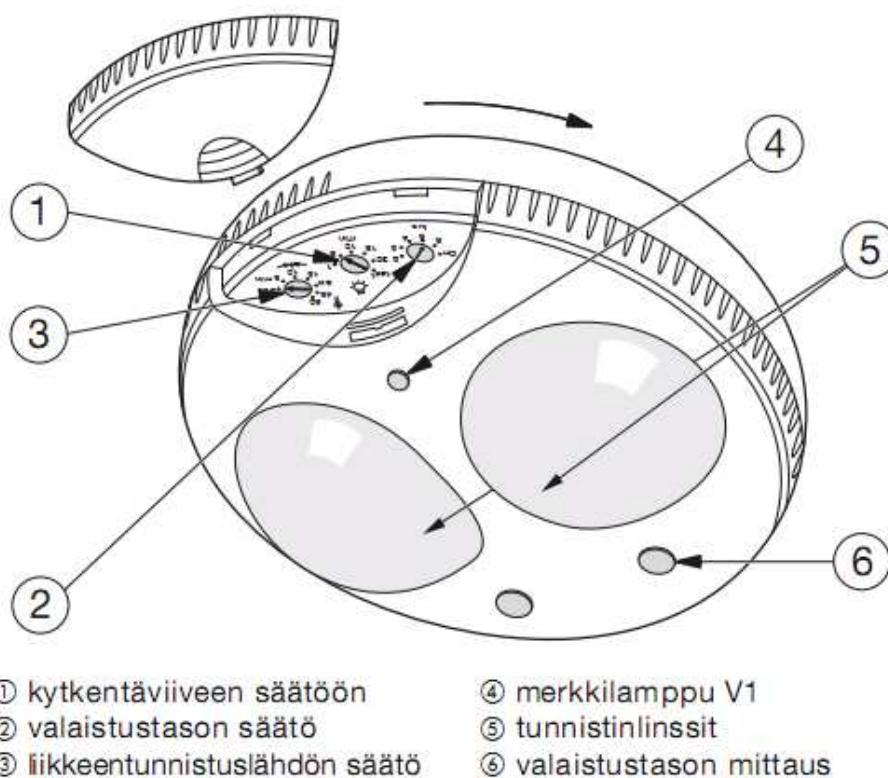
Kuva 33. TXA 224 Verho-ohjain. /28/

10.3.5 TX025 – Hämäräkytkin



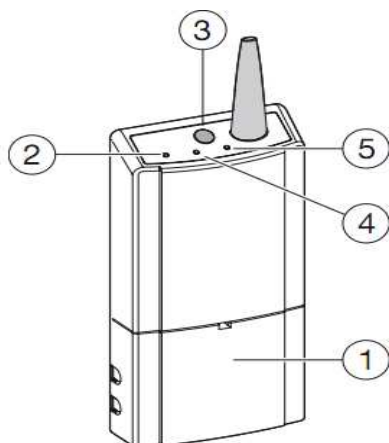
Kuva 34. TX025 – Hämäräkytkin. /28/

10.3.6 TX510 – Läsäolotunnistin



Kuva 35. Läsäolotunnistin /28/

10.3.7 TR130A – Mediakytkin



- ① kansi: syöttö- ja väyläkaapelin kytkentä
- ② LED-näyttö: verkkojännite
- ③ painike: tunnistus TX100:lle (TX100 näytöllä seuraava teksti: paina painiketta pidempään kuin 4 s maks. 10 s)
- ④ LED: käyttöönotto tebis EIB/KNX
- ⑤ LED: väyläyhteys

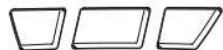
Kuva 36. Mediakytkin /28/

10.3.8 TX100 – Ohjelmointilaite

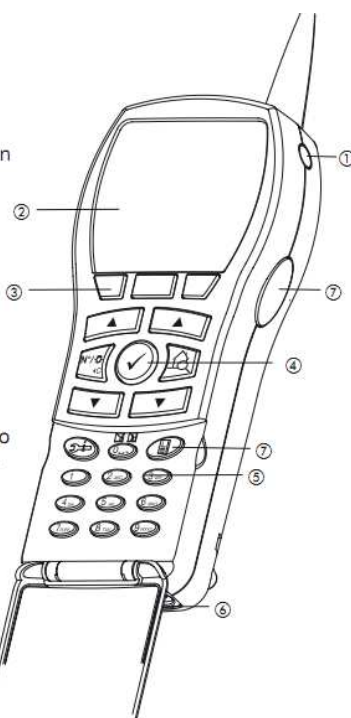
- ① päälle/pois painike
- ② suuri, valaistu näyttö
- ③ näytön näppäimistö
- ④ näppäimistökenttä
- ⑤ toinen näppäimistökenttä
- ⑥ liitäntä latauslaitetta varten
- ⑦ painike „valikon kutsu“

Näytön näppäimistö ③

Auto All Num



Kulloinenkin kosketintoiminto näkyy näytössä näppäintunnuksen alapuolella
Toiminto vaihtuu näytön mukaan.



Kuva 37. Ohjelmointilaite /28/

11 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Kuluttajan kannalta on hyvä, että EU:n energiatehokkuusdirektiivin suomat energiansäästölamput mahdollistavat taloudellisen hyödyn pätötehon laskiessa verrattuna vastaaviin hehkulamppuihin, kuten tämän työn laskelmistakin kävi ilmi. Kuitenkin energiansäästölamppujen miinuksina ilmoitetaan usein ainoastaan heikot kylmä- ja kuumakestoisuudet, sekä hidas syttyminen. Erityisen vähän puhutaan esimerkiksi energiasäästölamppujen sisältämästä elohopeasta, joka tekee lamppuista ympäristövaarallisia, sekä niiden kalliista valmistusmenetelmistä. Näiden haittojen lisäksi työssä tehdyissä energiansäästölamppujen mittauksissa selvisi, että energiansäästölamppuilla on huono tehokerroin. Tehokertoimesta johtuen lamput kuluttavat paljon loistehoa ja tuottavat harmonisia yliaaltoja verkkoon. Tilanne tulee lamppujen yleistyessä olemaan varmasti jonkinasteinen ongelma varsinkin sähköverkon ylläpitäjille ja energiayhtiöille, koska loisteho on verkkoa kuormittava tekijä. Loistehoa suuremmaksi ongelmaksi nousee vielä 3. yliaalto, mikä kuormittaa jakeluverkon komponentteja ja altistaa muita käyttölaiteita toimintahäiriöille. Jos ja kun vuoteen 2012 mennessä siirrytään EU:n alueella käyttämään lähes pelkästään energiansäästölamppuja, tulee lisääntyneestä loistehosta ja harmonisista yliaalloista johtuvien kompensointilaitteiden ja suodattimien käyttö luultavasti pakolliseksi. Oletettavasti ainakin kerrostalo- ja rivitaloliittymissä olisi järkevää pitää omat kompensointilaitteensa. Jollain huomattavaa on, että tämä kompensoinnin tarve väistämättä nostaisi kiinteistö-kustannuksia, ja lisäksi verkkoyhtiö voisi veloittaa käytetystä loistehosta, kuten nykyään teollisuuden kannalta asia on. Toisaalta voidaan ajatella, että loistehon kokonaismäärä jäisi kuitenkin pieneksi johtuen lamppujen eriaikaisesta käytöstä jolloin verkkovaikutukset jäisivät myös pieneksi. Joka tapauksessa, ennen rakennettuja lukuksia käytössä olevia järjestelmiä ei ole suunniteltu kasvavaan loistehon siirtoon, eikä summautuvaan nollajohtimen virtaan. Monet asiat saattavat siis muuttua lähivuosina, ja nähtäväksi jäävät kuinka energiansäästöstä johtuvat ongelmat tullaan ratkaisemaan.

Energiansäästölamppujen lisäksi jatkuvan kehityksen alla ovat vanhat tutut valaisintyytit, kuten loistelamput. Loistelampuista työssä esille tuli Philipsin kehittämä TL-D Eco - loisteputkivalaisin. Kyseinen valaisin on ominaisuuksiltaan, kuten tavallinen

loisteputkivalaisin, mutta erityisten seosaineiden ansiosta sen käyttö mahdollistaa energiankulutuksen säästön perinteisillä kuristimilla. Elektronisia liitäntälaitteita käytettäessä taas valaisimien valotehokkuus paranee verrattaessa standardin mallisiin loisteputkivalaisimiin. Tehtyjen mittauksien ja investointi- sekä takaisinmaksulaskelmien mukaan Eco - loisteputket tulevat varmasti yleistymään nopeasti.

Valaisinmarkkinoiden lisäksi pyritään tällä hetkellä kehittämään mahdollisimman energiatehokkaita ohjaus- ja liitäntälaitteita. Elektronisilla liitäntälaitteilla päästäänkin jo nykyään hyvään hyötysuhteeseen ja loistelamput syttyvät välkehtimättä. Valaistuksen ohjauksesta työssä oli esimerkkinä knx - kiinteistöautomaatiojärjestelmä, joka osoitti kuinka älykkäästi nykyaikaiset valaistukset voidaan ohjata, kun huomiota otetaan esimerkiksi auringonvalo ja muu ulkoa tuleva valo. Lisäksi valaistusr ryhmät ja yksittäiset lamput olivat täysin käyttäjän määritettävissä paloaikojen ja muiden toimintojen suhteen. Näillä sovellutuksilla mahdollistetaan erittäin energiatehokas valaistuksen käyttö tulevaisuudessa. Kun tähän yhtälöön saadaan sovitettua energiansäästölamput ja erityisesti ledit, jotka ovat vielä kehityksessä, on energian säästö taattua.

LÄHTEET

- /1/ Motiva, Enää ei auta viivytellä [Verkkodokumentti]. [Viitattu 25.2.2010]. Saatavissa: http://www.motiva.fi/files/2096/Valaistusta_on_uusittava_Tarkeaa_tietoa_kuntien_p_aattajille.pdf
- /2/ EurLex, direktiivi 2005/32/EY [Verkkodokumentti]. [Viitattu 25.2.2010]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32005L0032:FI:HTML>
- /3/ Sähköala.fi, EU haluaa kieltää hehkulamput [Verkkodokumentti]. [Viitattu 25.2.2010]. Saatavissa: http://sahkoala.fi/ajankohtaista/artikkeleita/valaistus/fi_FI/eu-lamput/
- /4/ Innojok, valaistussuositukset [Verkkodokumentti]. [Viitattu 25.2.2010]. Saatavissa: <http://www.innojok.fi/valaistuss/index2.php?sivu=55>
- /5/ Suomen sähköurakoitsijaliitto ry. Suomen valoteknillinen seura ry. Valaistuksen laskenta, mittaukset ja huolto. 1. Painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy, 1996. 301 s.
- /6/ Suomen sähköurakoitsijaliitto ry. Suomen valoteknillinen seura ry. Valaistustekniikan käsikirja 1. 1. Painos. Forssa: Forssan kirjapaino Oy, 1977. 299 s.
- /7/ Suomen sähköurakoitsijaliitto ry. Suomen valoteknillinen seura ry. Lamput ja valaisimet. 1. Painos. Jyväskylä: 1999. 336 s.
- /8/ Rihlama, Seppo. Valaistuksesta sisätiloissa. 1. Painos. Vantaa: Painopaikka Vantaa, 1993.75 s.
- /9/ Google kuvahaku, värilämpötila [Verkkodokumentti]. [Viitattu 28.2.2010]. Saatavissa: <http://www.kuvaboksi.fi/slideshow.html?method=open&moId=8143010478535505122>
- /10/ Philips. 2006. Kuinka se toimii?. Aktivoidu!. 5s.
- /11/ Oppimista edistävä kouluvalaistus [Verkkodokumentti]. [Viitattu 2.3.2010]. Saatavissa: <http://www.adlux.fi/public/koulut/oppimistaedistavakouluvalaistus.pdf>
- /12/ SFS-EN 12464–1. 2009. Oppilaitoksen valaistusvaatimukset. Teoksessa SFS – käsikirja 608. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. Valaistusstandardit. Helsinki: SFS, 176 – 177 s.
- /13/ Tekniikka & talous, Näin toimivat hehkulamppu ja energiansäästölamppu. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 4.3.2010]. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/energia/article215960.ece>

/14/ Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. Yliaallot ja kompensointi. Espoo: Tammer-paino Oy. 2006. 110 s.

/15/ Luminord, Ledit ja niiden ominaisuudet. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.3.2010]. Saatavissa: <http://www.nssoy.fi/lumi/Luminord%202009%20OSRAM.pdf>

/16/ SVS Valaistushankintojen energiatehokkuus. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.3.2010]. Saatavissa: http://www.valosto.com/tiedostot/SVS_Valaistushankintojen_energiatehokkuus_V4.pdf

/17/ Adlux, Elektroninen liitäntälaite - kannattava investointi. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 8.3.2010]. Saatavissa: http://www.adlux.fi/public/pdf/elektronisetliitantalaitteet_varina.pdf

/18/ Markku Varsila, Valaistus osana rakennusten energiatehokkuutta, lehti-artikkeli Valo 1-2/2008 s. 24–27

/19/ ABB:n TTT-käsikirja 2000–7, Luku 21: Valaistus tekniikka. [verkkodokumentti]. [Viitattu 11.3.2010]. Saatavissa: [http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/c46d5509d325d21ac225695b002fb07b/\\$FILE/210_0007.pdf](http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/bf177942f19f4a98c1257148003b7a0a/c46d5509d325d21ac225695b002fb07b/$FILE/210_0007.pdf)

/20/ ABB, Pienjännitekojeet. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 11.3.2010]. Saatavissa: [http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/SCOT209.nsf/VerityDisplay/D78BAAFF8925A4AAC2256D03003B9097/\\$File/1SCC330002C1801.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/SCOT209.nsf/VerityDisplay/D78BAAFF8925A4AAC2256D03003B9097/$File/1SCC330002C1801.pdf)

/21/ Philips. 2008. Optimoit työskentely ympäristösi. s. 5, 19.

/22/ Tapaninen, M., Ruppala, E. 2001. Sähköalan talouslaskenta, Vuosikustannusmenetelmä. Tampere. Tammertekniikka.

/23/ Fluke Finland Oy. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 22.3.2010]. Saatavissa: <http://www.fluke.fi/comx/manuals.aspx?locale=fifi&pid=115>

/24/ KNX Finland r.y. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 3.4.2010]. Saatavissa: <http://www.knx.fi/>

/25/ Piikkilä, V., Liukku, H., Parviainen, K. 2006. KNX käsikirja asuntojen ja rakennuksien ohjauksiin. Tampere.

/26/ ABB, järjestelmän rakenne. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 3.4.2010]. Saatavissa: <http://www.asennustuotteet.fi/index.pl?id=70&lang=FIN1>

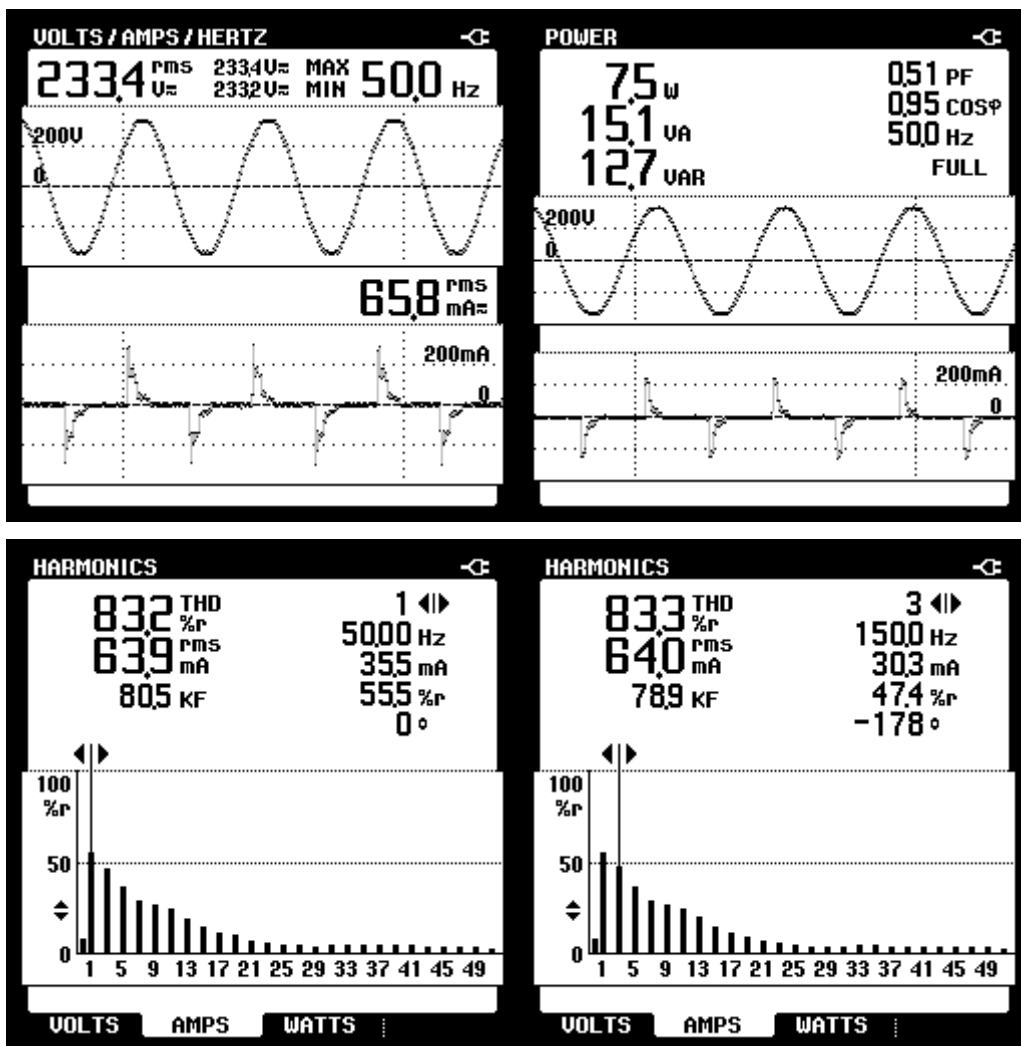
/27/ Utupowel, järjestelmäkuvaus tebis TX / Funk KNX. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 4.4.2010]. Saatavissa: http://www.utupowel.fi/files/utupowel.fi/attachments/PDF/hager/tekniset_tiedot/tebis_t.pdf

/28/ Utu, Tebis – järjestelmän rakenne. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 11.4.2010] Saatavissa: <http://www.utupowel.fi/sivu.aspx?hs=tebis&id=606&taso=4>

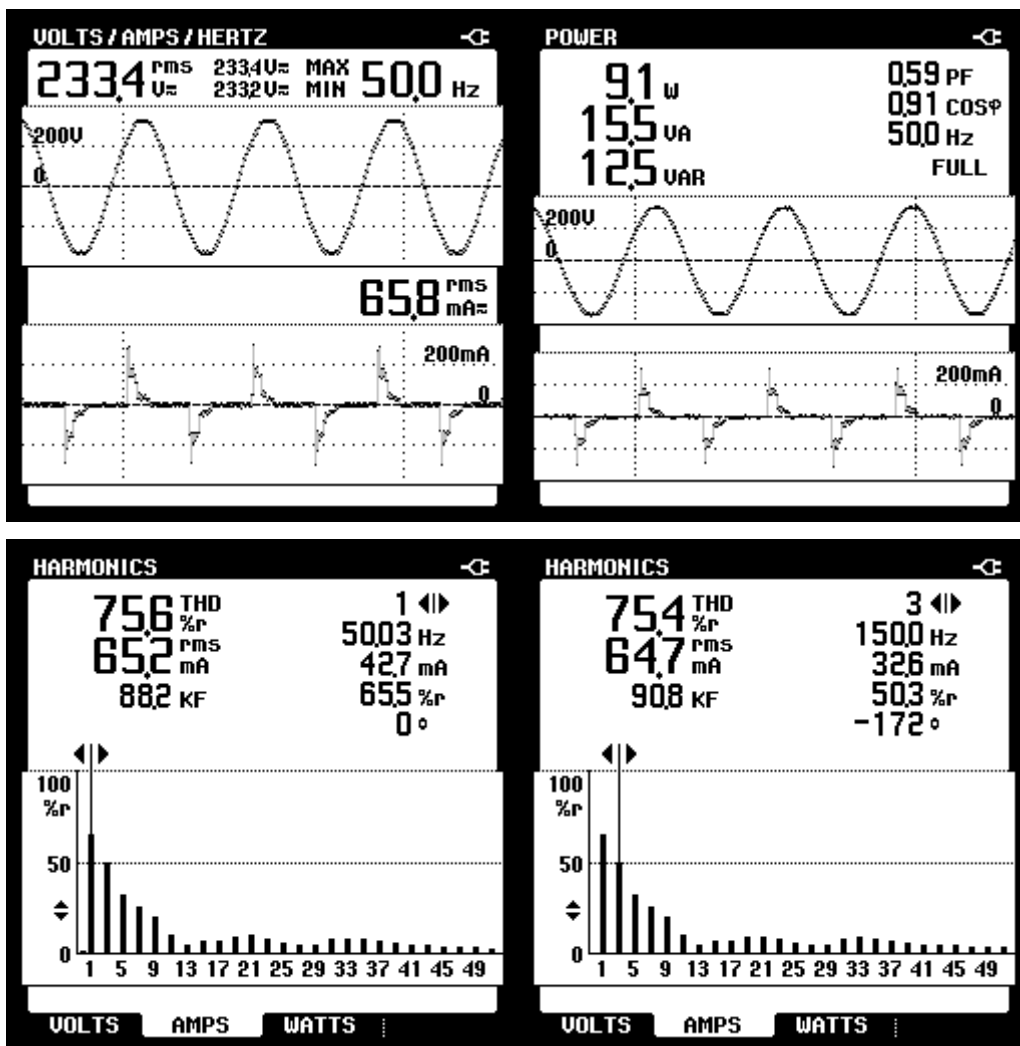
/29/ Älytalot, KNX esimerkkejä. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 12.4.2010]. Saatavissa: <http://www.alytalot.fi/knx-esimerkkejae>

/30/ KNX-piirrosmerkit. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 21.4.2010]. Saatavissa: <http://www.knx.org/downloads-support/downloads/>

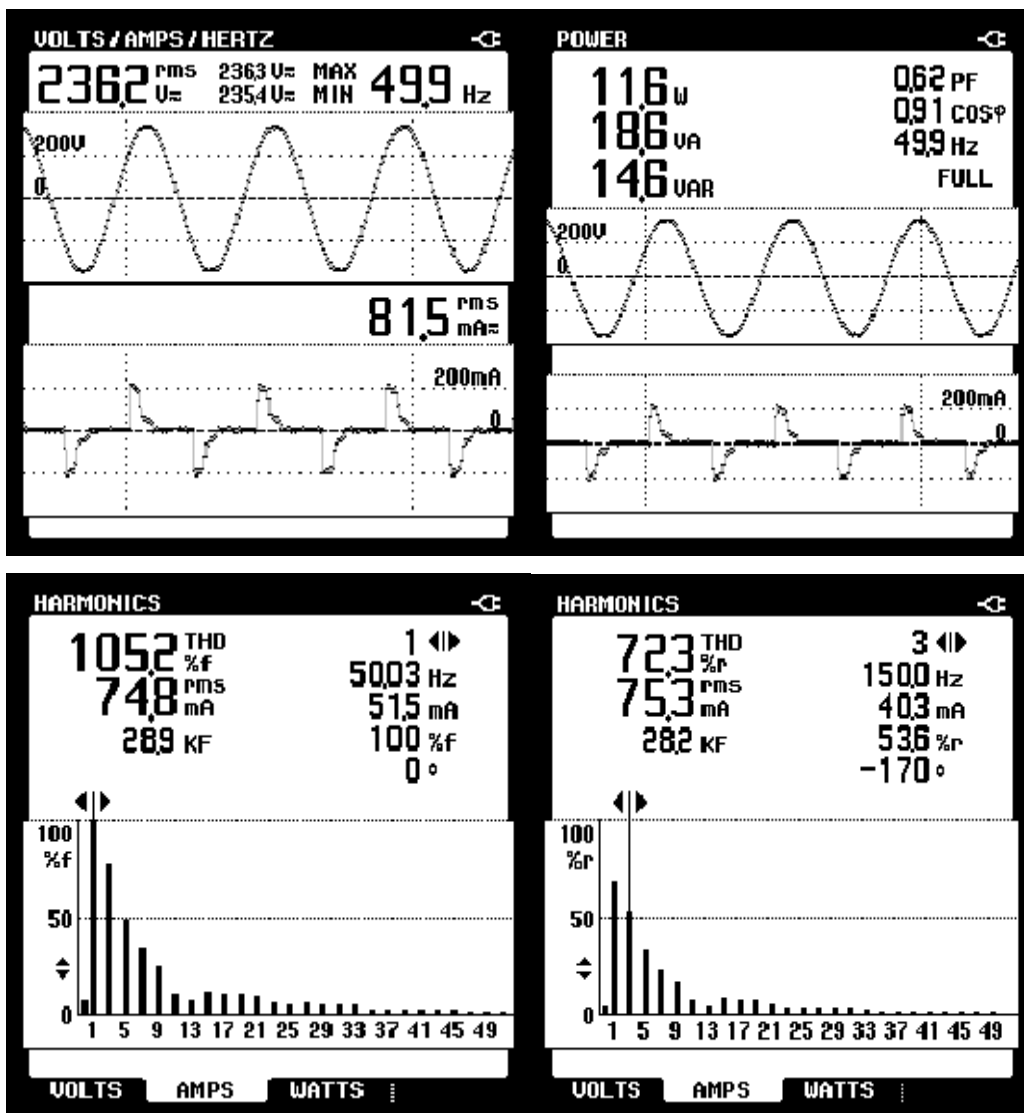
Sc-saver 9 W (45 W) 65 mA, energiansäästölamppu



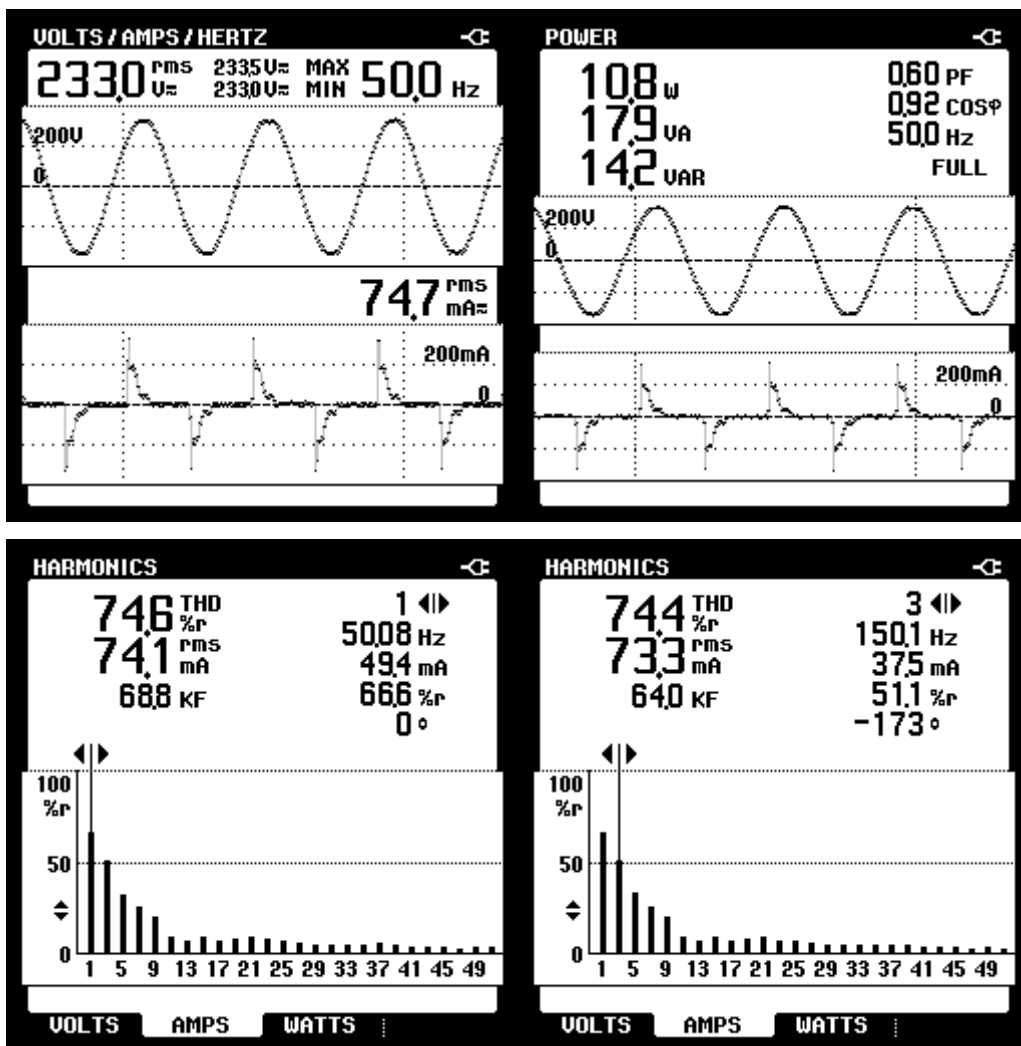
E-max 9 W (45 W) 65 mA, energiansäästölamppu



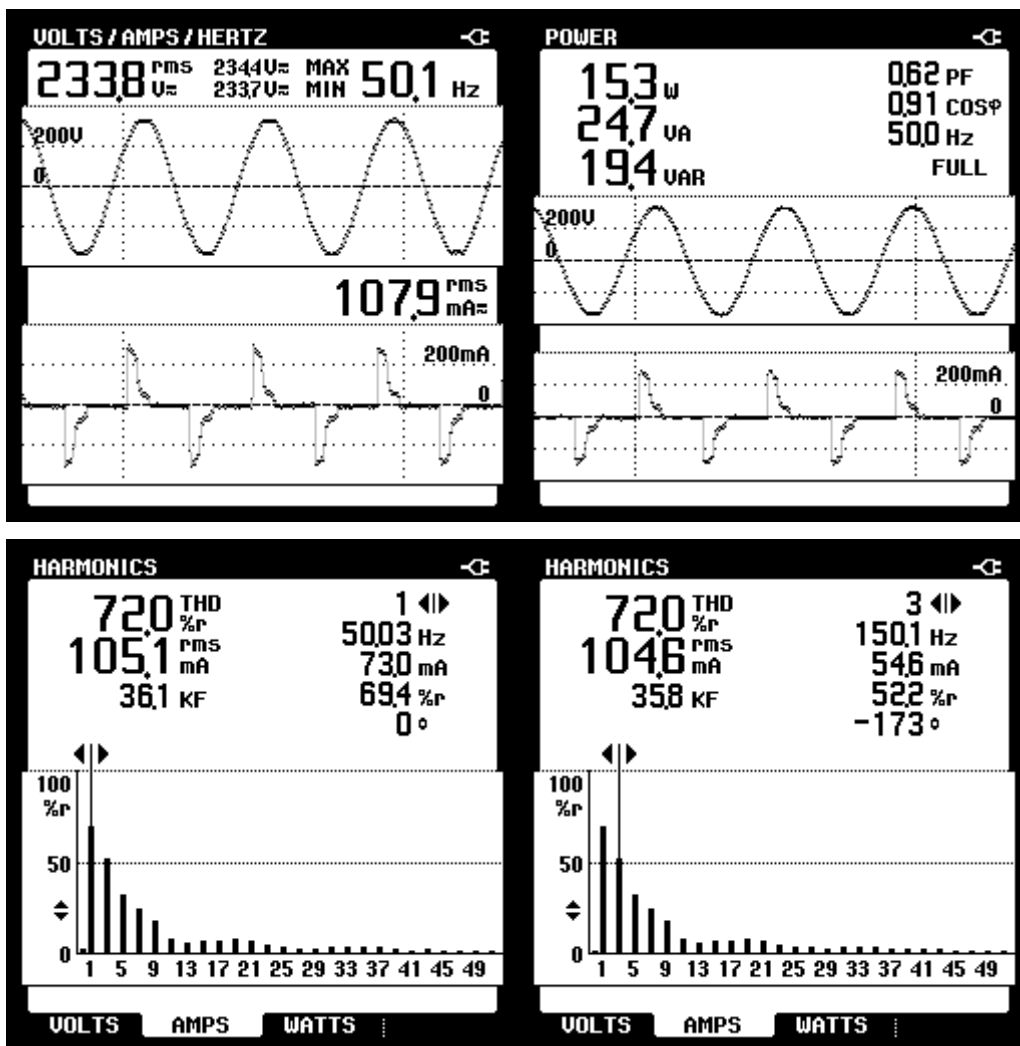
N 11 W (45 W) 80 mA, energiansäästölamppu



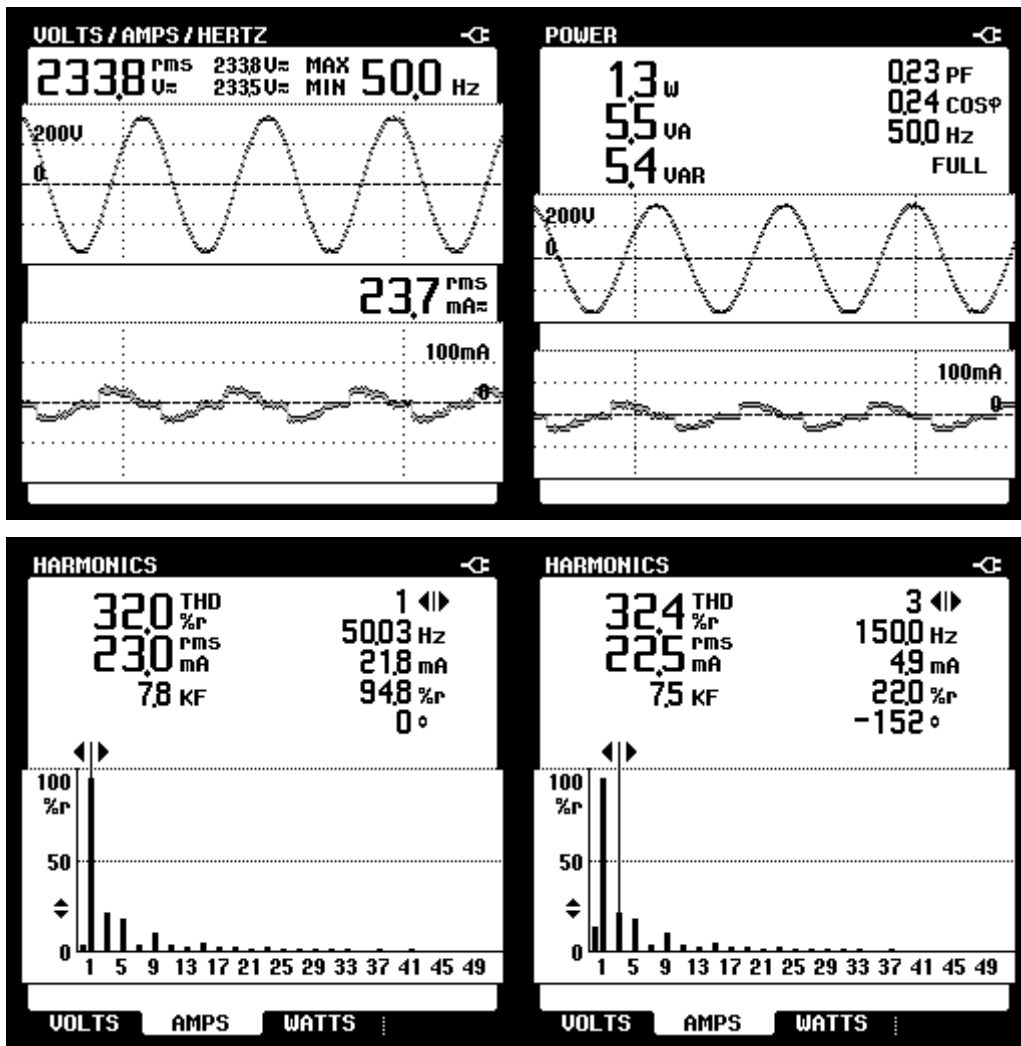
Airalite 11 W (60 W) 96 mA, energiansäästölamppu



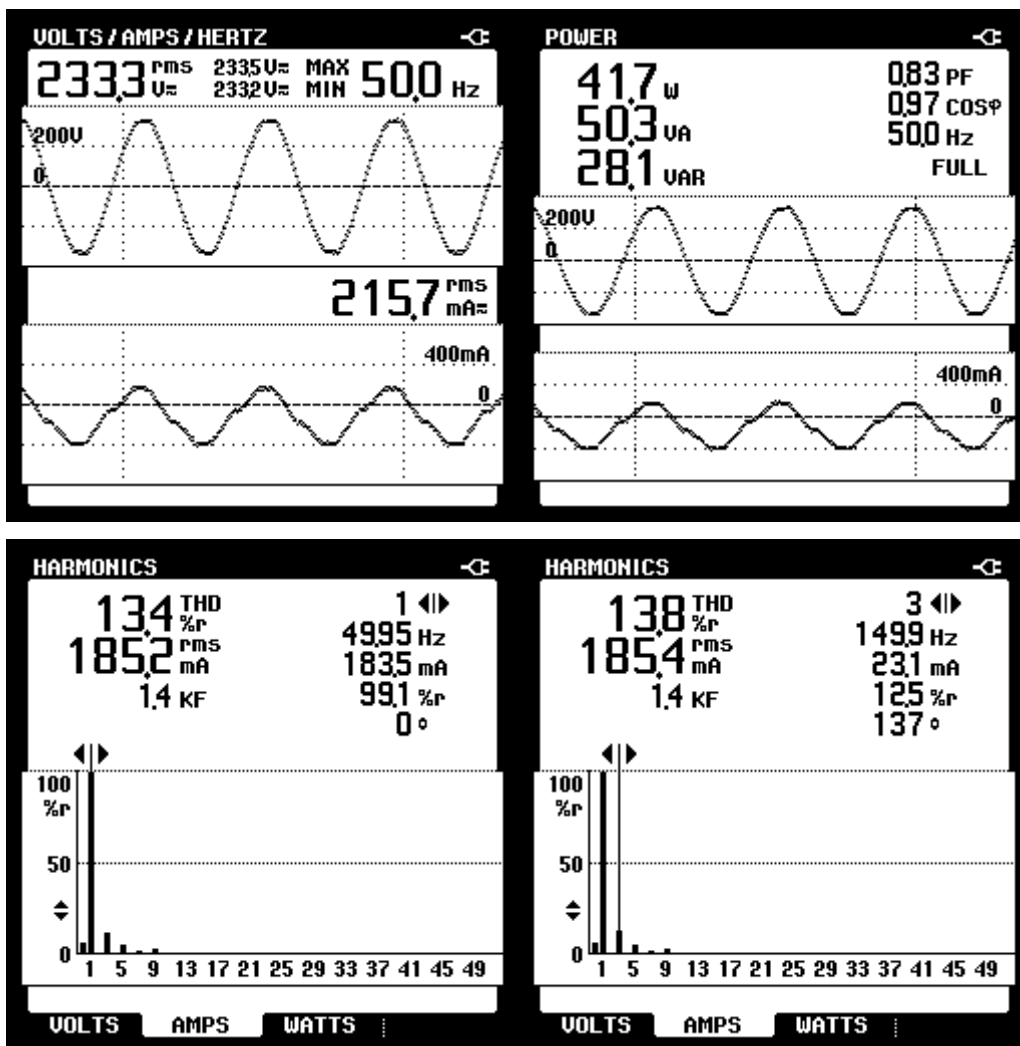
N 20 W (100 W) 130 mA, energiansäästölamppu



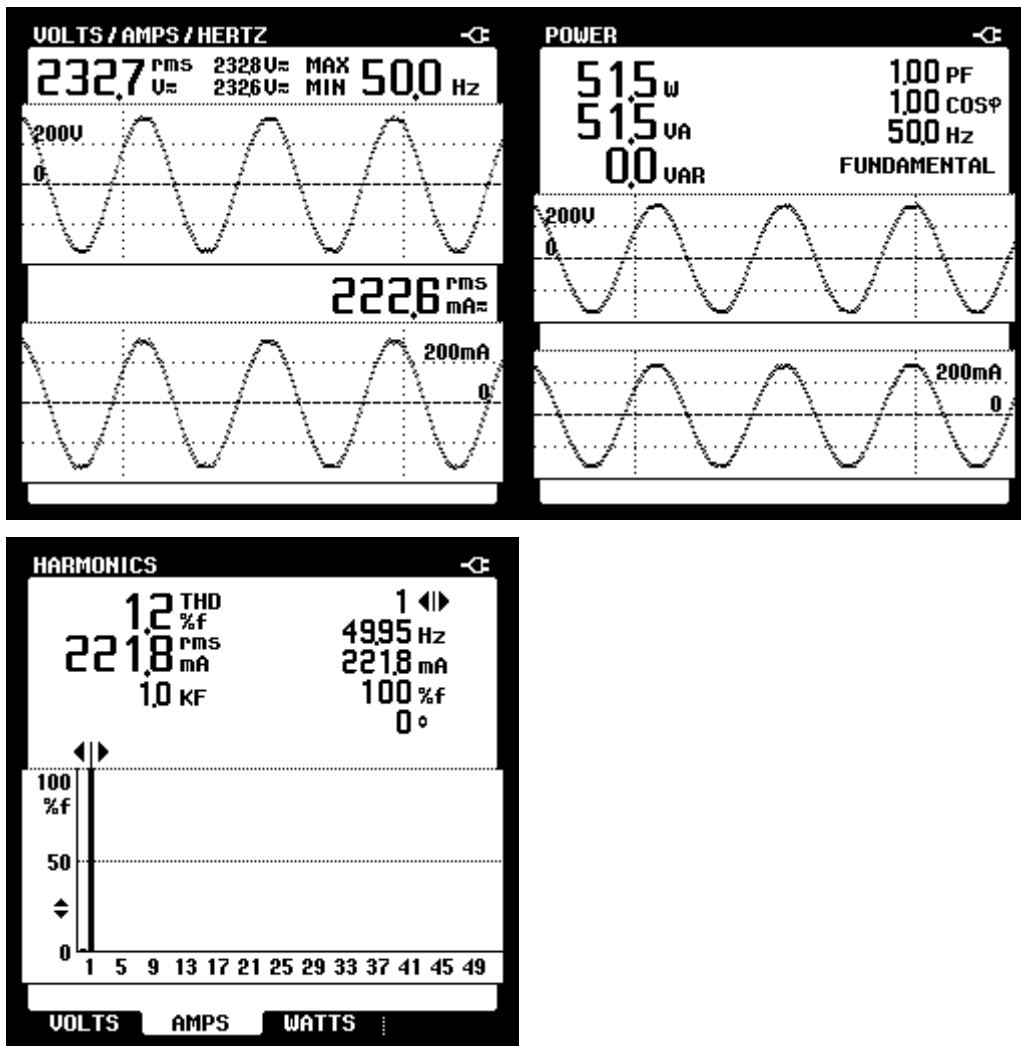
N 240 V 1.5 w led



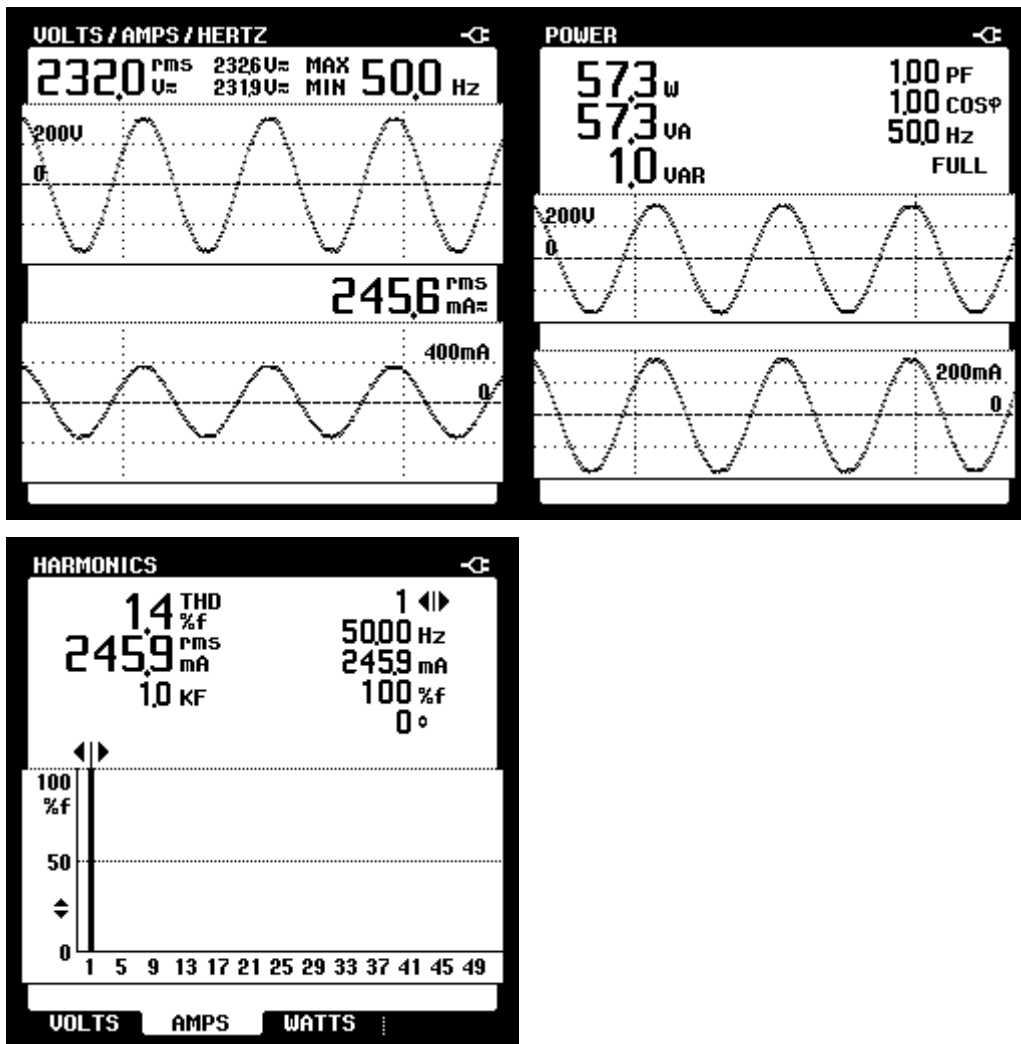
PHILIPS TL -D Super 80, 36 W elektroninen liitäntälaite HF 432-2



Gu 10+C 50 W (50 W), halogen



Osram 60 W (60 W), hehkulamppu



HINNASTO

Alv 22 %
Voimassa 1.7.2009 alkaen



Näitä hintoja sovelletaan uusille asiakkaille vain
3x100 A tai sitä pienemmällä sulakekoolla.

YLEISSÄHKÖ

Perusmaksu	MYYNТИ	SIIRTO	YHTEENSÄ
Pääsulake	€/kk	€/kk	€/kk
1 x 35 A	0,75	3,03	3,78
3 x 25 A	0,75	6,04	6,79
3 x 35 A	0,75	9,04	9,79
3 x 63 A	0,75	18,09	18,84
3 x 100 A	6,00	36,20	42,20
3 x 125 A	6,00	54,29	60,29
*3 x 160 A	6,00	72,38	78,38
*3 x 200 A	6,00	144,76	150,76
*3 x 315 A	6,00	201,61	207,61
*3 x 400 A	6,00	258,46	264,46
*Loistehomaksu 4,31 €/kvar, kk			
Energia-/siirtomaksu/kWh	6,54 snt	2,96 snt	9,50 snt
Tuulivoimalla tuotettu energia/kWh	6,78 snt	2,96 snt	9,74 snt

AIKASÄHKÖ

Perusmaksu	MYYNТИ	SIIRTO	YHTEENSÄ
Pääsulake	€/kk	€/kk	€/kk
3 x 25 A	1,50	11,65	13,15
3 x 35 A	1,50	17,23	18,73
3 x 63 A	1,50	34,46	35,96
3 x 100 A	10,00	68,93	78,93
3 x 125 A	10,00	103,38	113,38
*3 x 160 A	10,00	137,83	147,83
*3 x 200 A	10,00	275,70	285,70
*3 x 315 A	10,00	353,21	363,21
*3 x 400 A	10,00	430,76	440,76
*Loistehomaksu 4,31 €/kvar, kk			
Energia-/siirtomaksu/kWh			
Päivä (7.00 - 22.00)	6,54 snt	2,96 snt	9,50 snt
Yö (22.00 - 7.00)	4,55 snt	1,64 snt	6,19 snt
Tuulivoimalla tuotettu energia/kWh			
Päivä (7.00 - 22.00)	6,78 snt	2,96 snt	9,74 snt
Yö (22.00 - 7.00)	4,79 snt	1,64 snt	6,43 snt

KAUSISÄHKÖ

Energia-/siirtomaksu/kWh	MYYNТИ	SIIRTO	YHTEENSÄ
Talviarkipäivä	7,43 snt	5,17 snt	12,60 snt
Muu aika	5,19 snt	1,92 snt	7,11 snt
Tuulivoimalla tuotettu kausisähköenergia /kWh			
Talviarkipäivä	7,67 snt	5,17 snt	12,84 snt
Muu aika	5,44 snt	1,92 snt	7,36 snt
Perusmaksu on pääsulakekoon mukaan sama kuin aikasähköllä. Siirtohintoihin lisätään lainmukainen, kuluttajakohtainen sähkövero:			
Veroluokka 1	1,08 snt/kWh		
Veroluokka 2	0,32 snt/kWh		

*Loistehomaksun perusteena on kuukausittainen loistehohuippu, josta on vähennetty 20 % (ilmaisosuus) saman kuukauden päätötehuipun määrästä.



TEHOTUOTTEET

Kokonaishinnasto

Aiv 0 %
1.4.2010

MYynti

TEHOSÄHKÖ

	€/kk
Perusmaksu	50,00
	snt/kWh
energiamaksu	5,52
tai	
päiväenergia (7.00 - 22.00)	5,73
yöenergia (22.00 - 7.00)	4,79

Tehosähkö-tuotteiden rakenne on muuttunut 1.10.2008 alkaen. Aikaisemmat myynnin pien- ja suurjännitetehosähköt on yhdistetty samaksi Tehosähkö-tuotteeksi. Yhdistämisen lisäksi tehomaksu poistui tuotteen rakenteesta.

Tehotuotteen hinta tarkistetaan neljännesvuosittain. Hinnoittelu perustuu aina Nord Pool -sähköpörssin kahden seuraavan kvartaalijakson keskihintaan.

SIIRTO

PIENJÄNNITETEHOSÄHKÖ

	€/kk
Perusmaksu	211,85
Tehomaksu	2,48/kW
Loistehomaksu	3,53/kvar
	snt/kWh
siirtomaksu	1,26
tai	
siirtomaksu, päivä (7.00 - 22.00)	1,34
siirtomaksu, yö (22.00 - 7.00)	0,97

SUURJÄNNITETEHOSÄHKÖ

	€/kk
Perusmaksu	353,08
Tehomaksu	2,07/kW
Loistehomaksu	3,53/kvar
	snt/kWh
siirtomaksu	0,75
tai	
siirtomaksu, päivä (7.00 - 22.00)	0,79
siirtomaksu, yö (22.00 - 7.00)	0,62

Siirtohintoihin lisätään verkkoyhtiön perimää sähköveroa:

Veroluokka 1	0,883 snt/kWh
Veroluokka 2	0,263 snt/kWh

Loistehomaksun perusteena on kuukausittainen loistehohuippu, josta on vähennetty 20 % (ilmaisuus) saman kuukauden päättehoiipun määrästä.



UTU POWEL Oy
Komponentit

1

TARJOUS 591039

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU
JANI SAARENMAA

Tiedepuisto 3
28600 PORI

12.4.2010

Viite: tarjouspyyntö 7.4.2010

SAMK, TEBIS TX, KNX-VÄYLÄJÄRJESTELMÄ KOMPONENTIT

Tuotteet: Tarjous pitää sisällään seuraavat Tebis-väyläjärjestelmän komponentit, kokonaishintana.

Tebis komponentit

määrä kpl

- TXA112, teholähde, 640mA	1
- TX100B, ohjelmointilaite	1
- TXA206C, kuormalähtö 6-kan, 16A	1
- TXA206B, kuormalähtö 6-kan, 10A	1
- TR130A, mediakytkin	1
- TXA210A, himm.lähtö, 1-kan. 300W	1
- TXA224, verho-ohjain, 4-kan.	1
- TXA306, tuloyksikkö 6-kan, 24-230V	1
- TX022, kellokytkin, 2-kan.	1
- TX025, hämäärytkin	1
- TXB302, painiketulo, 2-kan.	2
- TXB304, painiketulo, 4-kan.	2
- TX450A, painike, 4-os	1
- TX510, läsnäolotunnistin, 2-kan.	1
- TR302A, painiketulo, 2-kan.	2
- TD200, radiopainike, 4-os.	2
- TG018, väyläkaapeli 2*2*0.8, 100m	1
- WYT340 (+WUT03), painike 4-os. valk.	4
- WYT360 (+WUT03), painike 6-os. valk.	2
- WYT620 (+WUT06), termost. + pain. 2-os, valk	1

Hinnat: Tebis komponentit yhteensä 3 760 € alv 0%

Komponentit

PL 33, Palopellonkatu 7
04251 KERAVA

Puh. (09) 274 6411

Fax (09) 2746 4141
komponentit@urhotuominen.fi

Kotipaikka: PORI

Y-tunnus: 1707453-2

Hinnat ovat sitova tarjotulle toimitusajalle. Hinnat perustuvat tarjouspäivänä voimassa oleviin valtiiovallan asetuksiin ja määräyksiin. Mikäli tarjous- ja toimitusaikana ko. määräykset muuttuvat, hintoja muutetaan vastaavasti.

Maksuehto: 14 pv netto
Toimitusehto: vapaasti autossa työmaalla
Toimitusaika: sopimuksen mukaan.

Tarjouksen voimassaoloaika:
Tarjous on voimassa 12.5.2010 asti

Toivomme tarjouksemme soveltuvan Teille ja johtavan tilaukseen.

Lisätietoja antaa Teemu Ruotsalainen, GSM 040-717 0669

UTU Powel Oy Komponentit
Teemu Ruotsalainen

Komponentit
PL 33, Palopellonkatu 7
04251 KERAVA

Puh. (09) 274 6411
Fax (09) 2746 4141
komponentit@urhotuominen.fi

Kotipaikka: PORI
Y-tunnus: 1707453-2