

Opinnäytetyö (AMK)

Tietoliikenne ja sähköinen kauppa

Elektroniikka

2011

Nathan Shuuya

LED-TEHOLÄHTEET JA NIIDEN OMINAISUUDET



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Elektronikka | Tietoliikennejärjestelmät

Opinnäytetyön valmistumisajankohta 2011 | Sivumäärä 29

Ohjaajat: TkL, Juha Nikkanen, DI, Nikolas Ojala.

Nathan Shuuya

LED-TEHOLÄHTEET JA NIIDEN OMINAISUUDET

Tässä insinööriyössä tutkittiin seitsemän eri valmistajan yhdeksän eri LED-teholähteen sähköisiä ominaisuuksia. Työssä tutkitut LED-teholähteet olivat kaikki hakkuritekniikalla toteutettu vakiovirtateholähteitä 20–100 W:n teholuokasta.

Käytännön mittaukset tehtiin Elekno Oy:n tuotekehityslaboratoriossa sekä Turun ammattikorkeakoulun EMC-laboratoriossa. LED-teholähteistä mitattiin niiden tärkeimpiä suoritusarvoja ja sähkömagneettista yhteensopivuutta.

Opinnäytetyön mittaustulosten perusteella voitaisiin arvioida markkinoilla olevien LED-teholähteiden ominaisuuksia, vaatimuksia ja suorituskykyä. Mittaustuloksia voidaan myös käyttää avuksi tulevien LED-teholähteiden suunnittelussa ja valmistuksessa. Lisäksi voidaan arvioida Elekno Oy:n omien LED-teholähteiden kilpailukykyä.

ASIASANAT:

hyötysuhde, EMC, tehokerroin.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES Electronics | Telecommunication Systems

Completion of the thesis 2011 | Total number of pages 29

Instructors: Juha Nikkanen, Lic. Tech., Principle Lecturer, Nikolas Ojala, M.Sc.

Nathan Shuuya

LED POWER SUPPLIES AND THEIR PROPERTIES

The objective of this Bachelor's Thesis was to examine nine different LED power supplies manufactured by seven different manufacturers. The goal of the study was to measure how the LED power supplies and their electrical properties compared to each other. The power of the examined LED power supplies ranged from 20 W to 100 W.

The measurements were made at Elekno's Research & Development laboratory and at the Turku University of Applied Sciences EMC laboratory. The most important performance values of the LED power supplies were measured and the results were compared with each other.

The results of this thesis can be used to evaluate the properties, performance and requirements of LED power supplies currently on the market as well as to determine the competitiveness of LED power supplies designed by Elekno.

KEYWORDS:

efficiency, EMC, power factor.

ALKULAUSE

Tämä insinöörityö on tehty Elekno Oy:lle. Elekno Oy tarjoaa uusien ja olemassa olevien tuotteiden suunnittelua ja testausta sekä proto- ja piensarjavalmistusta. Elekno Oy on erikoistunut langattomiin ratkaisuihin sekä LED- ja valo-ohjauselektronikan suunnitteluun. [1]

Haluan kiittää toimitusjohtaja Hans Ahlströmiä ja diplomi-insinööri Nikolas Ojalaa mahdollisuudesta tehdä mielenkiintoinen opinnäytetyö. Kiitän myös Turun ammattikorkeakoulun EMC-laboratorion henkilökuntaa sekä ohjaajaa Juha Nikkasta.

20.8.2011

Nathan Shuuya

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 LED-TEKNOLOGIA.....	2
3 TEHOLÄHTEET	4
4 TUTKITUT TEHOLÄHTEET	6
5 MITTAUKSET.....	11
5.1 Hyötysuhde	11
5.2 Tehokerroin	14
5.3 Harmoniset yliaallot	15
5.4 Säteilevät häiriöt.....	19
5.5 Johtuvat häiriöt	21
5.6 EFT ja Surge	25
5.7 Eristysvastusmittaus	25
5.8 Sähkökatkotesti.....	25
6 TULOSTEN ARVIOINTI	27
7 YHTEENVETO.....	28
LÄHTEET	29
LIITTEET	
LIITE A	
LIITE B	
LIITE C	

KUVAT

Kuva 1. Teholähde A	6
Kuva 2. Teholähde B	7
Kuva 3. Teholähde C	7
Kuva 4. Teholähde D1	8
Kuva 5. Teholähde D2	8
Kuva 6. Teholähde E	9
Kuva 7. Teholähde G	9

TAULUKOT

Taulukko 1. Valmistajan antamat tekniset tiedot. (Teholähteet ovat kaikki hakkureita)	10
Taulukko 2. Kokovertailu.	11
Taulukko 3. Mittaustuloksia.	13
Taulukko 4. Sietotestien tuloksia.	26

KAAVIOT

Kaavio 1. Buck-hakkurin kytkentäkaavio	4
Kaavio 2. Mittausten kytkentäkaavio	12
Kaavio 3. Hyötysuhdekaavio.	13
Kaavio 4. Tehokerroinkaavio.	14
Kaavio 5. Harmoninen kokonaissärö.	15
Kaavio 6 Teholähde A:n harmonisten yliaaltojen spektriesitys.	16
Kaavio 7. Teholähde B:n harmonisten yliaaltojen spektriesitys.	17
Kaavio 8. Teholähde A:n virran aaltomuoto.	18
Kaavio 9. Teholähde B:n virran aaltomuoto.	18
Kaavio 10. Säteilevien häiriöiden mittauskytkentä.	19
Kaavio 11. Teholähde A:n säteilykuvaaja.	20
Kaavio 12. Teholähde B:n säteilykuvaaja	20
Kaavio 13. Sähköverkkoon johtuvien häiriöiden mittauskytkentä	21
Kaavio 14. Kuormaan johtuvien häiriöiden mittauskytkentä	22
Kaavio 15. Teholähde C:n kuormaan johtuvat mittaustulokset.	23
Kaavio 16. Teholähde D1:n kuormaan johtuvat mittaustulokset.	23
Kaavio 17. Teholähde D2:n kuormaan johtuvat mittaustulokset.	24
Kaavio 18. Teholähde B:n kuormaan johtuvat mittaustulokset.	24

Lyhenteet

DALI	Digitaalinen valaistuksen ohjausväylä (Digital Addressable Lighting Interface)
DUT	Tesitissä oleva laite (Device Under Test)
EMC	Sähkömagneettinen yhteensopivuus (Electromagnetic Compatibility)
EFT	Nopea transientti (Electrical Fast Transient)
LED	Valodiodi (Light Emitting Diode)
THD	Harmoninen kokonaissärö (Total Harmonic Distortion)

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan eri valmistajien LED-teholähteitä ja niiden tärkeimpiä ominaisuuksia. Mittauksilla selvitettiin eri LED-teholähteiden hyötysuhde, tehokerroin ja virran aaltomuoto. Opinnäytetyössä selvitettiin myös kyseisten LED-teholähteiden sähkömagneettista yhteensopivuutta ja standardien mukaisuutta. Lisäksi selvitettiin, kestävätkö ne 5 kV:n eristysvastusmittauksen ja sähkökatkotestin.

Tutkittavat laitteet valittiin markkinoilta niiden teholuokan ja saatavuuden perusteella. Tutkittavien laitteiden teho vaihtelee 20 W:sta 100 W:iin, ja ne on kaikki valmistettu LED-valaisimien tehonsyöttöä varten.

LED-teknologia ja teholähteet ovat käyty läpi lyhyesti työn alussa. Tutkitut LED-teholähteet ovat tämän jälkeen esitelty ja niistä on mitattu tärkeimpiä suoritusarvoja ja selvitetty niiden sähkömagneettista yhteensopivuutta. Lopuksi testattiin laitteiden selviytyminen mahdollisista häiriötilanteista.

Mika Markkanen käsittelee LED-teholähteitä suppeasti opinnäytetyössään ”LEDIEN TUTKIMINEN VALOMAINOSTEN VALOLÄHTEENÄ”. Pasi Tolonen käsittelee LEDien luotettavuutta opinnäytetyössään ”LEDIEN YMPÄRISTÖTESTAUS”. Tavanomaisista teholähteistä löytyy paljon kirjallisuutta sekä Internet-lähteitä. Lähteitä on niiden runsauden vuoksi voitu vertailla toisiinsa. Internet-lähteet on niiden kaupallisuuden takia tarkastettu kriittisesti.

2 LED-TEKNOLOGIA

Valoa tuottava diodi pohjautuu puolijohdetekniikkaan. Puolijohde on kiinteä aine, joka johtaa sähköä huomattavasti nopeammin kuin johde. Tämä johtuu siitä, että puolijohteen atomin uloimmassa elektroneista muodostuvassa kerroksessa on enemmän elektroneja kuin johteilla, mutta kuitenkin vähemmän kuin eristeillä. Eristeillä tämä atomin uloin kuori on siis täynnä, eivätkä elektronit pääse siirtymään atomista toiseen. Johtavilla aineilla taas on tilaa siirtyä. Puolijohdeiden toiminta on eristeiden ja johteiden väliltä. [2]

Puolijohdeet ovat erittäin hyödyllisiä elektroniikassa, koska niiden ominaisuuksia voidaan muuttaa helposti lisäämällä puolijohdeeseen lisäaineita pieninä määrinä. Nämä lisäaineet aiheuttavat joko elektronin lisäyksen tai elektronin vajauksen eli aukon uloimmalla elektronikerroksella. Kun lisäaine saa aikaan elektronin lisäyksen, kutsutaan puolijohdetta N-tyyppiseksi. Kun taas lisäaine saa aikaan elektronin vajauksen, kutsutaan puolijohdetta P-tyyppiseksi. Yhdistämällä nämä erityyppiset puolijohdeet saadaan aikaiseksi PN-liitos, joka muodostaa diodin. [2]

PN-liitos on tasapainossa, kunnes sen läpi kulkee energiaa. Jos PN-liitos kytketään estosuuntaan, levenee PN-liitoksen rajapintojen väli ja sen potentiaaliväli kasvaa. Jos PN-liitos kytketään vastaavasti päästösuuntaan, kapenee PN-liitoksen rajapintojen väli, jolloin varauksienkuljettajat pääsevät rajapinnan yli ja virtaa pääsee kulkemaan. [2]

Valodiodeissa virtaa johdetaan päästösuuntaisesti diodin yli, jolloin varauksienkuljettajat saavat aikaan fotonin emission eli valon säteilyä. LEDien ensimmäisiä kaupallisia käyttötarkoituksia olivat laitteiden merkkivaloina. Aluksi LEDejä käytettiin kalliissa laboratoriolaitteissa ja tutkimusvälineissä, esimerkiksi oskilloskoopissa. Myöhemmin LEDejä käytettiin televisioissa, radioissa ja puhelimissa. 1990-luvulla LEDien kehitys oli edistynyt tarpeeksi pitkälle valaisimien käyttöä varten. [2]

LED-valaisimet ovat valonlähteinä tavanomaisiin valaisimiin verrattuna pienikokoisia ja mekaanisesti kestäviä. Niissä ei ole helposti rikki menevää lasikuorta eikä hehkulankaa. LED-valot eivät myöskään kuumene yhtä paljon kuin perinteiset valaisimet, joten niitä on helppo asentaa paikkoihin, joissa lämpö on haitallista. [2], [9]

LEDin tyypillinen virran kesto on 20 mA ja kynnysjännite 1,5–5 V. Kynnysjännite riippuu LEDin tuottamasta valon väristä, joka määräytyy käytetyistä puolijohdeaineista. Virta täytyy rajoittaa esimerkiksi vastuksella. Virtaa kannattaa rajoittaa menetelmällä, jolla mahdollisimman paljon kuluvasta tehosta kohdistuu LEDeihin. [2]

LED-valaisimien hyötysuhde on tavanomaisia valaisimia parempi, varsinkin pienillä valotehon määrillä. Suurimmilla valotehoilla LED-valaisimet ovat verrattavissa uusimpiin loisteputkirkatkaisuihin. LED-valaisimien suurin vahvuus on kestävyys. LED-valaisimien kestävyden väitetään olevan noin kolme kertaa tavallisia valaisimia pidempi. [6]

LED-valaisimien heikkous on niiden tuottaman valon värin epätarkkuus. Esimerkiksi valkoiseksi väitetty valo saattaa oikeasti olla vähän sinertävä. Syy tähän saattaa olla LEDien valmistusprosessin epätäydellisyys. LED-valaisimissa käytetään yleensä monta LEDiä. Tämä voi aiheuttaa valon jakautumista epätasaisesti. [6]

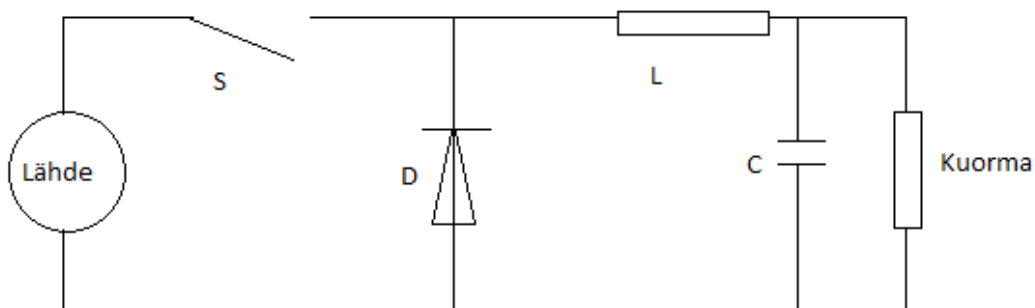
3 TEHOLÄHTEET

Sähköverkosta saatava sähkö on maailmanlaajuisesti vaihtosähköä. Sähkölaitteissa olevat elektroniikkapiirit vaativat toimiakseen yleisesti tasasähköä. Useimmat verkkosähköä käyttävät laitteet tarvitsevat siis tehonlähteen, joka muuntaa verkosta saaman vaihtosähkön tasasähköksi. Tehonlähteen tehtävä on sähkötehon syöttäminen kuormalle. [5]

Tehonlähteet voivat olla lineaarisia tai hakkuritekniikalla toteutettuja. Hakkuritehonalhteessa verkosta otettua sähköä käsittelevät komponentit kytkeytyvät jatkuvasti nopealla taajuudella päälle ja pois. Tämä mahdollistaa sähkötehon siirron kondensaattorien ja kelojen avulla. Muuttamalla esimerkiksi kytkeytymistaajuutta tai kytkeytymisen pulssisuhdetta saadaan tehonlähteen antama virta ja jännite sellaiseksi kun tarvitaan. Hakkuritehonalhteiden ulostulo on usein erotettu sähköverkosta. Tämä on tärkeä laitteen käyttäjän turvallisuuden kannalta. [5]

Tehonlähteiden tulee noudattaa useita eri standardeja, jotka määräävät esimerkiksi tehonlähteen aiheuttamien sähkömagneettisten häiriöiden suuruudet.

Kaaviossa 1 on Buck-hakkurin kytkentäkaavio. Buck-hakkurissa on kaksi kytkintä, yleensä transistori (S) ja diodi (D), jotka ohjaavat tehon siirtoa kelaan (L) ja kondensaattorin (C) kautta. Transistorin johtaessa kuormaan menevä teho varaa kelaan magneettenergiaa. Kun kuormassa on saavutettu haluttu käyttöjännite, katkaistaan transistorin johtaminen. Kelaan varautunut energia purkautuu silloin diodin kautta kuormaan. Transistori kytketään takaisin johtavaksi vasta kun kuorman jännite on tippunut alle sen käyttöjännitteen arvon. Näin otetaan lähteestä energiaa vain sitä tarvittaessa, eikä sitä mene hukkaan. [8]



Kaavio 1. Buck-hakkurin kytkentäkaavio.

LED on hyvin herkkä käyttöjännitteen ja virran vaihteluille. Tämän takia LEDeissä käytetään yleensä joko vakiojännitettä tai vakiovirtaa syöttävää tehölähdettä. Normaalitehoisissa LEDeissä virta rajoitetaan sopivaksi vakiovirtalähteellä, joka pitää antovirran vakiona kuormituksen vaihdellessa. [7]

LED-teholähteissä on myös usein valon voimakkuutta säätävä ohjausjärjestelmä ja tehokertoimen korjauspiiri. Ohjausjärjestelmän avulla saadaan valoa himmennettyä. Tehokerrointa korjaamalla saadaan verkkoon aiheutettu häiriö pienemmäksi.

4 TUTKITUT TEHOLÄHTEET

Tutkittujen teholähteiden anonymisyys on kaupallisista syistä haluttu säilyttää, joten tutkitut 9 teholähdettä on nimetty kirjaimin A–H.

Tutkittavaksi valittiin eri valmistajien LED-teholähteitä luokassa 20–100 W. Kaikki tutkitut teholähteet toimivat verkkosähköllä. Tutkittavien teholähteiden kotelointi vaihtelee metallista muoviin. Aikataulun takia teholähteillä G, H, ja E ei suoritettu kaikkia mittauksia. Tutkittuja teholähteitä on esitelty kuvissa 1 - 6 ja niiden tekniset tiedot ovat koottu taulukkoon 1.

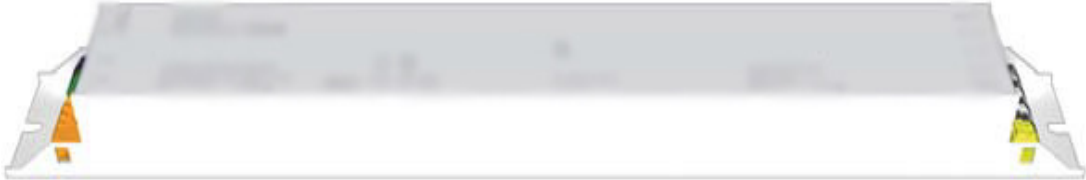
Teholähde A (kuva 1) on pienikokoinen 60 W:n teholähde. Teholähde A sopii korkeatehoisien LEDien tehonsyöttöön. LED-teholähteellä on kaksi toimintatilaa ja trimmeri, jolla säädetään lähtövirtaa. Kun kuorman virrankulutus ylittää asetetun virran maksimirajan, teholähde toimii vakiojännitelähteenä. Kun taas kuorman virrankulutus alittaa asetetun virtamaksimin, teholähde toimii vakiovirtalähteenä. Teholähde A on oikosulku-, ylikuumenemisen- ja ylikuormasuojattu, ja se sisältää myös tehokertoimen korjauksen.



Kuva 1. Teholähde A

Teholähde B (kuva 2) on neljällä lähdöllä varustettu 100 W:n vakiovirtateholähde. Kaikkia neljää kanavaa voi ohjata DALI:n ja 1–10 V:n ohjausjärjestelmillä. Teholähde B on

suunniteltu käytettäväksi valkoisen LED-valaistuksen tehonsyöttöön. Tutkitussa teholähteessä lähtövirta on asetettu 700 mA:iin.



Kuva 2. Teholähde B

Teholähde C (kuva 3) on 100 W:n ulko- tai sisäkäyttöön tarkoitettu vakiojännite- ja vakiovirta-LED-teholähde. Teholähteessä on kaksi toimintatilaa. Vakiovirtatila on toiminnassa, kun lähtöjännite on 75–100 % maksimista. Teholähde C on oikosulku-, ylikuorma- ja yllilämpösuojattu, ja se sisältää myös tehokertoimen korjauksen.



Kuva 3. Teholähde C

Teholähteet D1 (kuva 4) ja D2 (kuva 5) ovat metallisella IP 67 luokituksen koteloinnilla toteutettu 75 W:n LED-teholähteitä. Teholähteet ovat oikosulku-, ylikuorma- ja yllilämpösuojattu, ja ne sisältävät myös tehokertoimen korjauksen.



Kuva 4. Teholähde D1



Kuva 5. Teholähde D2

Teholähde E (kuva 6) on metallisella IP 67 -luokituksen koteloinnilla toteutettu 50 W:n LED-teholähde. Teholähde E on suunniteltu sisä- ja ulkokäyttöön esimerkiksi

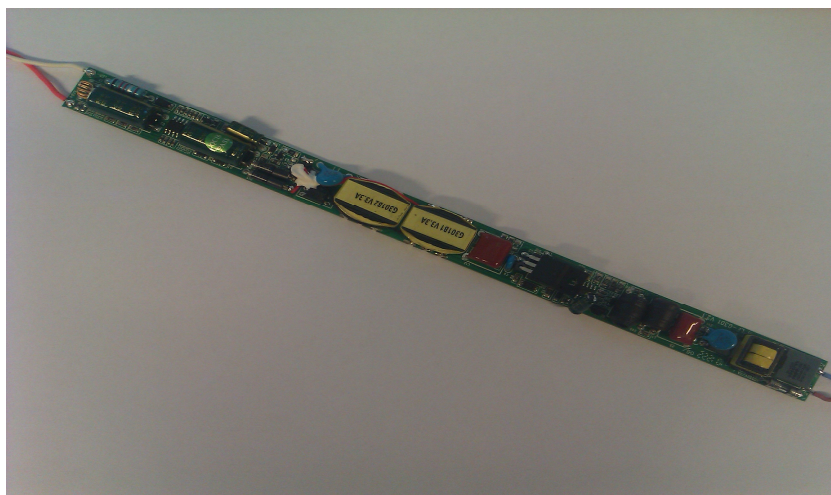
katuvalaistukseen. Teholähde sisältää 1–10 V:n ohjausjärjestelmän. Teholähde E on oikosulku-, ylikuorma- ja yllämpösuojattu, ja se sisältää myös tehokertoimen korjauksen.



Kuva 6. Teholähde E

Teholähde F on muovikotelolla varustettu 35 W:n LED-teholähde. Teholähde F on himmennettävä. Himmennys on toteutettu 1–10 V:n ohjausjärjestelmällä. Teholähde F on suunniteltu kotien ja kiinteistöjen valaistukseen.

Teholähde G (kuva 7) ja teholaähde H ovat LED-loisteputkia varten valmistettu 27 W:n ja 22 W:n LED-teholähteitä.



Kuva 7. Teholähde G

Taulukko 1. Valmistajan antamat tekniset tiedot. (Teholähteet ovat kaikki hakkureita)

	Lähtövirta(mA)	Lähtöjännite (V)	Lähtöteho (W)	Hyötysuhde (%)
Teholähde A	700-1100	34-54	27-60	~89
Teholähde B	200-1050	57	100	~90
Teholähde C	2000	48	96	~90
Teholähde D1	700	54-108	75	~92
Teholähde D2	2100	18-36	75	~93
Teholähde E	350	47-142	50	~89
Teholähde F	700	50	35	~90
Teholähde G	-	-	22	>80
Teholähde H	-	-	27	-

5 MITTAUKSET

Tutkituille LED-teholähteille tehtiin mittaukset, jotka antavat kuvan LED-teholähteiden käyttäytymisestä. Mittauksissa käytettiin vakauttavaa jännitelähdettä. Kaikki mittaukset tehtiin 20–23 °C:ssa. Mittauksissa tutkittiin myös LED-teholähteiden EN55015-, EN55022-, EN61000- ja EN61547-standardinmukaisuutta.

LED-teholähteiden koko on otettava huomioon teholähteen suunnittelussa, LED-teholähteen käyttöympäristössä ei välttämättä ole paljon tilaa ja LED-valaisimen mukana kulkevan teholähteen on usein oltava huomaamaton. Tehokkaammat teholähteet vievät enemmän tilaa sillä ne tarvitsevat tehokkaampaa jäähdytystä ja suuremmat piirilevyt.

Taulukossa 2 on esitelty tutkittujen teholähteiden kokoeroja. Kokoverailussa on pyritty mittaamaan piirilevyn koko ilman liittimiä. Koteloituja teholähteitä ei ole lähdetty avaamaan vaan piirilevyjen koko on arvioitu koteloiden koon perusteella.

Taulukko 2. Kokoverailu.

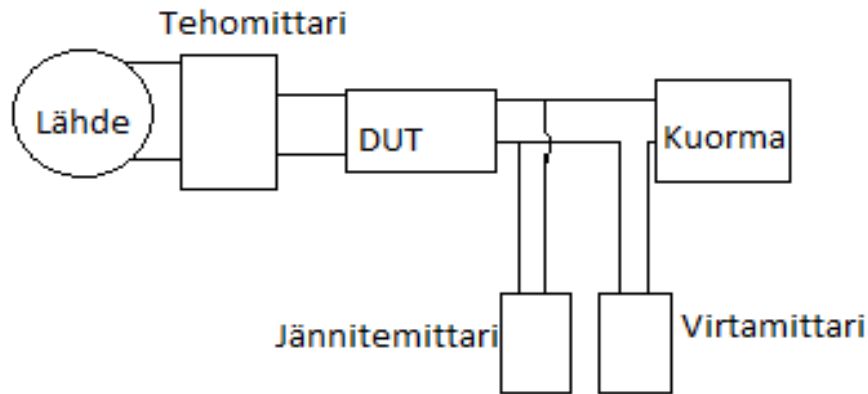
Teholähde	A	B	C	D1	D2	E	F	G	H
Tilavuus (cm ³)	464	480	362	362	257	127	125	83	48
Pohjapinta-ala (cm ²)	114	160	100	100	71	42	50	59	44

5.1 Hyötysuhde

Hyötysuhdemittauksella tutkittiin LED-teholähteiden lähtöteho suhteessa ottotehoon. Hyötysuhde laskettiin seuraavan kaavan avulla:

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}}$$

Hyötysuhde-, tehokerroin- ja harmoniset yliaalto-mittaukset suoritettiin kaavio 2 kytkentäkuvan mukaisesti:



Kaavio 2. Mittausten kytkentäkaavio.

Teholähteiden hyötysuhde vaihtelee jonkin verran kuormituksen mukaan. Teholähteillä on aina sisäisiä tehohäviöitä, minkä vuoksi hyötysuhde on aina alle yksi. Hyötysuhde ilmoitetaan prosentteina. Sähköverkosta otettu teho mitattiin tehomittarilla. Lähtöteho mitattiin yleismittareilla. Teholähteitä kuormitettiin mittauksessa vastuskuormalla. Teholähteet F, G ja H kuormitettiin näille teholähteille tarkoitetuilla LEDeillä. Mittaustulokset on kerätty taulukkoon 3.

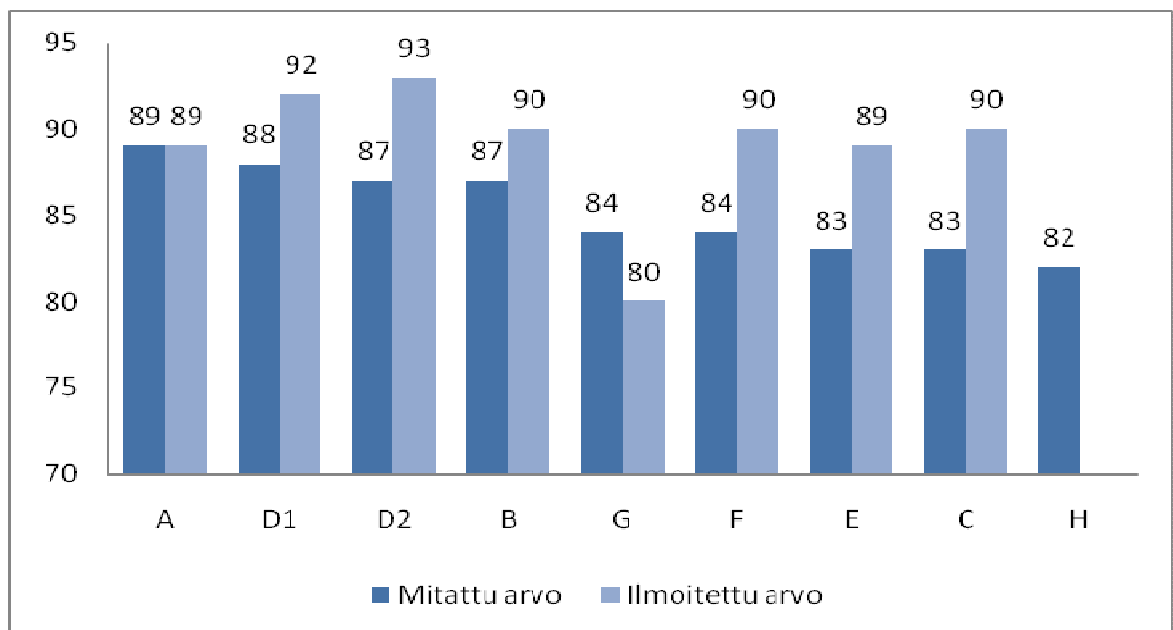
Mitatut hyötysuhteet ovat esitelty kaaviossa 3. Paras hyötysuhde eli 89 % mitattiin teholähteeltä A. Tulos vastasi myös valmistajan teholähteelle ilmoittamaa arvoa. G teholähdettä lukuun ottamatta kaikki muut teholähteet jäivät valmistajan ilmoittaman hyötysuhteen alle. Saman teholuokan teholähteiden hyötysuhteet eivät mittauksessa suuresti poikenneet toisistaan. Esimerkiksi B, D1 ja D2 teholähteiltä mitattiin melkein sama hyötysuhde.

Mittauksissa käytetyt mittalaitteet:

- Chauvin Arnaud C.A 8230 Power analyzer
- Mastech MS8218 Multimeter
- UNI-T UT60H Multimeter

Taulukko 3. Mittaustuloksia.

Teholähde	A	C	D1	D2	E	F	G	H	B
Lähtöjännite (V)	33,8	38,88	82,31	31,27	84,5	50	40,8	76,12	4 × 22
Lähtövirta (A)	1,145	1,985	0,696	2,111	0,356	0,655	0,479	0,288	4 × 0,7
Ottoteho (W)	43,05	92,97	64,9	75,5	36,04	39	23,14	26,61	70,1
Lähtöteho (W)	38,7	77,2	57,29	66	29,9	32,8	19,54	21,92	60,82
Hyötysuhde (%)	89	83	88	87	83	84	84	82	87
Tehokerroin	0,91	0,98	0,93	0,96	0,92	0,91	0,97	0,89	0,95

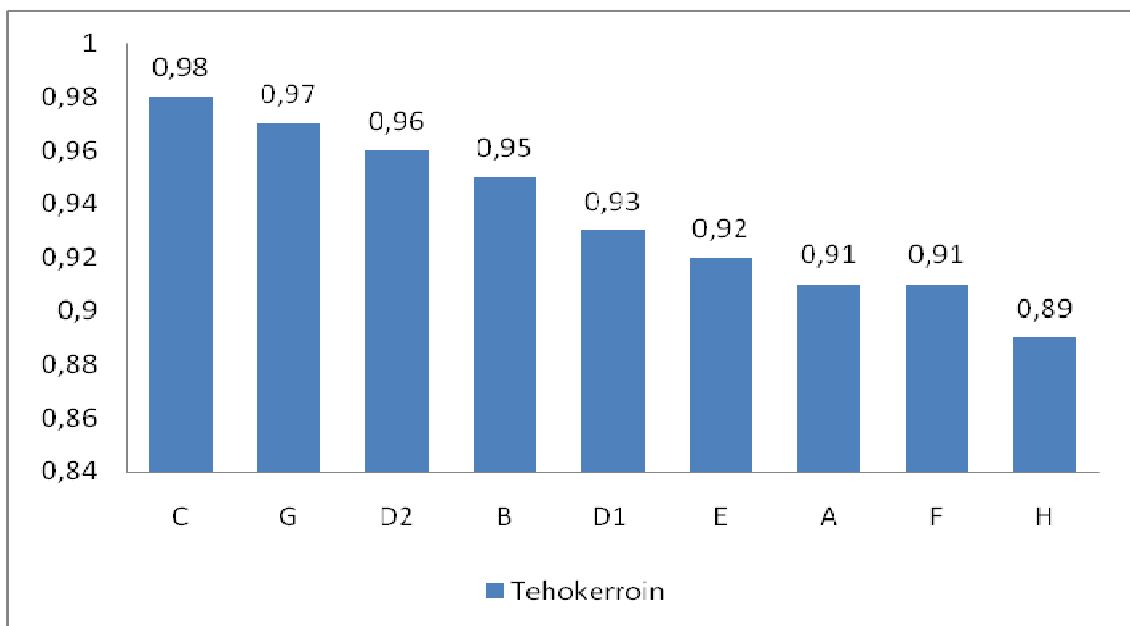
**Kaavio 3.** Hyötysuhdekaavio.

5.2 Tehokerroin

Tehokerroin kuvaa pätötehon suhdetta näennäistehoon tai virran ja jännitteen aaltomuotojen vaihe-eroa. Tehokerroin annetaan 0:n ja 1:n väliltä. Se voi olla kuormasta riippuen induktiivinen tai kapasitiivinen. Täysin resistiivisen kuorman tehokerroin on yksi. Tämä mahdollistaa mahdollisimman tehokkaan tehonsiirron sähköverkosta laitteeseen. [3]

Tehokerroin mitattiin Chauvin Arnaud C.A 8230 Power analyzer -tehomittarilla. Teholähteitä kuormitettiin mittauksessa vastuskuormalla. Teholähteet F, G ja H kuormitettiin näille teholähteille tarkoitetuilla LEDeillä.

Teholähteiden tehokertoimet on esitelty paremmuusjärjestyksessä kaaviossa 2. Paras tulos mitattiin teholähteellä C. Tehokerroin näyttäisi olevan parempi mittauksen kookkaimmilla teholähteillä. Teholähde G on poikkeus, jolta mitattiin pienestä koostaan huolimatta 0,97 tehokerroin.



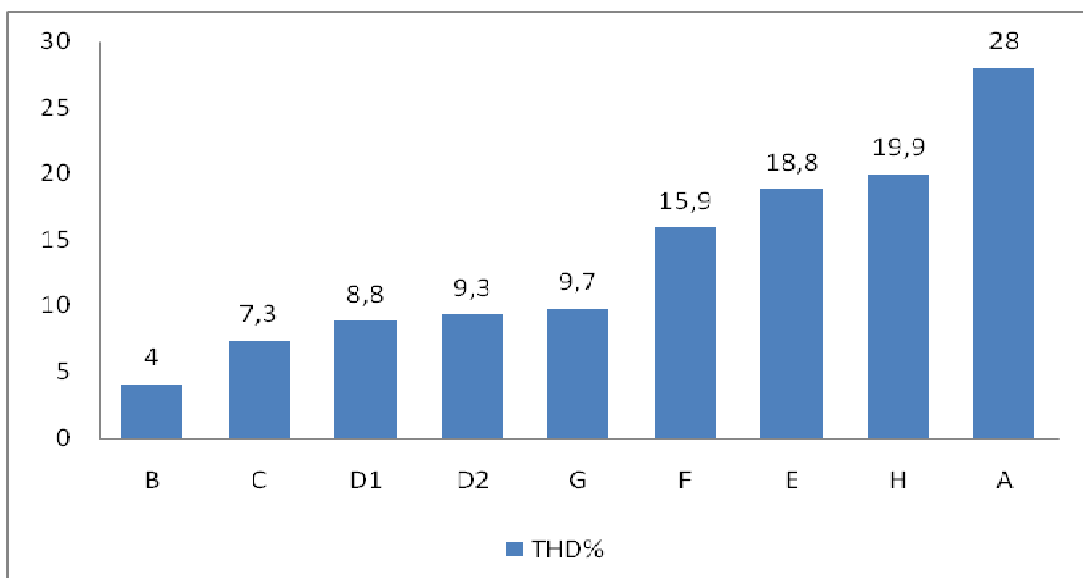
Kaavio 4. Tehokerroinkaavio.

5.3 Harmoniset yliaallot

Harmoniset yliaallot ovat nykyelektroniikan sivutuote. Harmonisia yliaalloja syntyy, kun elektroninen laite ottaa sähköverkosta epäsinimuotoista virtaa. Harmonisia yliaalloja voi kuvata spektriesityksenä tai virran aaltomuodolla. Näiden laitteiden aiheuttamat yliaallot eivät ole ongelma vain aiheuttajilleen, vaan ne leviävät verkkoa pitkin myös muihin laitteisiin. [4].

Harmonisten yliaalltojen spektriesitykset, THD (Total Harmonic Distortion) ja niihin liittyvät virtojen aaltomuodot mitattiin Chauvin Arnaux C.A 8230 Power analyzer -tehomittarilla. Teholähteitä kuormitettiin mittauksessa vastuskuormalla. Teholähteet F, G ja H kuormitettiin näille teholähteille tarkoitetuilla LEDeillä.

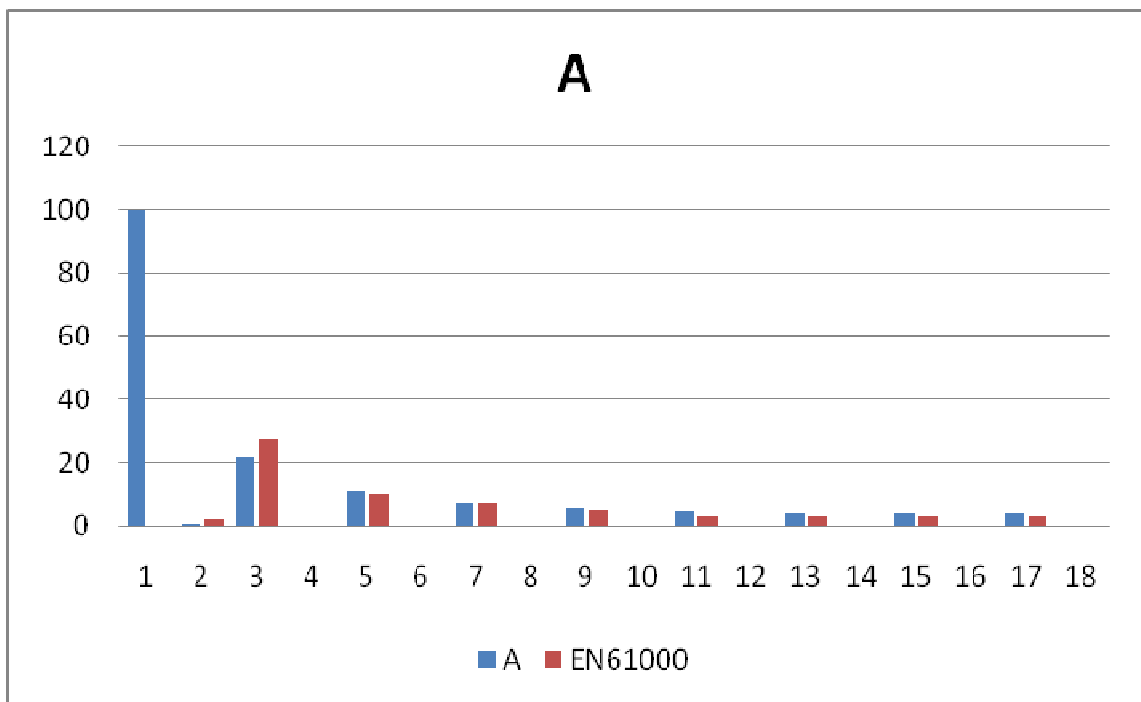
Kaavio 5 esittää tutkittujen LED-teholähteiden THD-prosentin paremmuusjärjestyksessä. THD ilmaisee harmonisen monikertojen tehosuhtetta perustaaajuuteen. Teholähde B:n tulos oli mittauksessa pienin eli paras THD. Teholähde A:n tulos oli huonoin THD. Kuten tehokerroin, myös harmoninen kokonaissärö näyttäisi olevan kooltaan isoimmilla teholähteillä parempi. Teholähde G on jälleen poikkeustapaus, sillä se kykeni pienestä koostaan huolimatta 9,7 % kokonaissäröön.



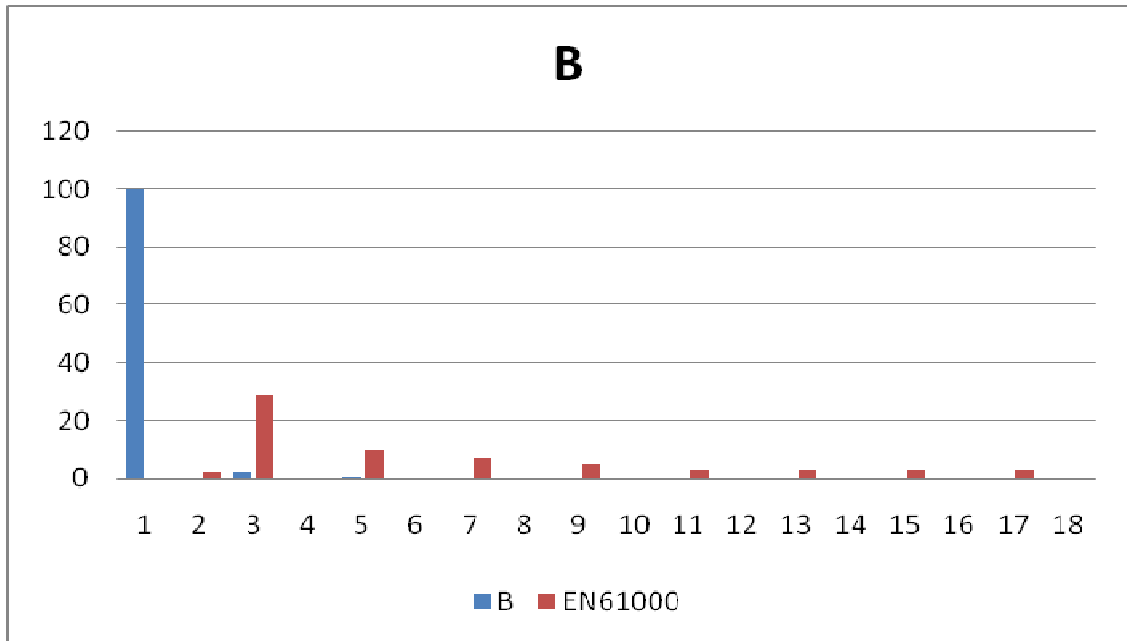
Kaavio 5. Harmoninen kokonaissärö.

Kaaviossa 6 ja 7 on THD-mittauksen huonoimman ja parhaan teholähteen mittaustuloksen spektriesitys. Spektriesitys esittää tehon jakautumista perustaajuuden ja sen monikertojen välillä. Spektriesityksestä voi myös tulkita, noudattavatko teholähteet EMC-standardeja. Spektriesityksen punaiset pylväät esittävät EN61000-standardin asettamia raja-arvoja.

Teholähde A:n spektriesityksistä (kaavio 6) selviää, että sen harmonisten monikertojen tehomäärät eivät kaikki alita EN61000-standardin asettamia rajoja. Teholähde B:n spektriesityksessä (kaavio 7) kaikki näyttää olevan kunnossa, sillä sen harmonisten monikertojen teholukemat (kaavion siniset pylväät) eivät ylitä raja-arvoja (kaavion punaiset pylväät). Kaikkien LED-teholähteiden harmonisten yliaaltojen spektriesitykset löytyvät liitteestä A.

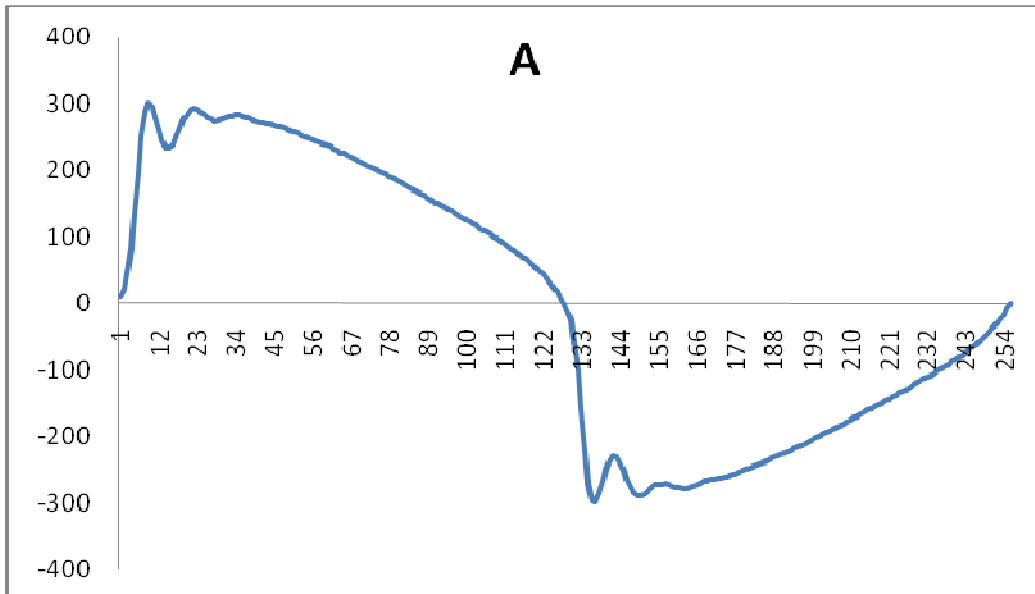


Kaavio 6 Teholähde A:n harmonisten yliaaltojen spektriesitys.

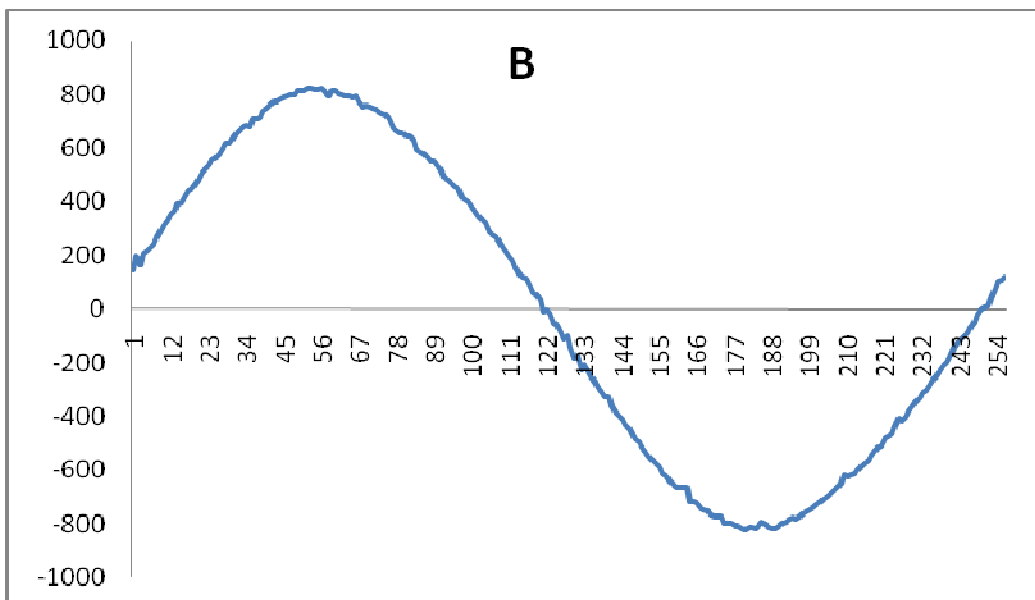


Kaavio 7. Teholähde B:n harmonisten yliaaltojen spektriesitys.

Kaaviossa 8 ja 9 on THD-mittauksen huonoimman ja parhaan tehonlähteen mittaustulosten aaltomuotokaaviot, jotka esittävät tehonlähteiden sähköverkosta ottaman virran aaltomuotoa. Mitä enemmän käyrä muistuttaa puhdasta sinikäyrää, sitä vähemmän tehoa on harmonisilla yliaalloilla. Virran aaltomuotokaaviot heijastavat kyseisten tehonlähteiden spektriesityksiä sekä harmonisen kokonaissärön (kaavio 5) tuloksia. Tehonlähde B:n ottovirran aaltomuotokäyrä (kaavio 9) on huomattavasti sinikäyrää muistuttavampi kuin tehonlähde A:n vastaava aaltomuotokäyrä (kaavio 8). Kaikkien LED-tehonlähteiden ottovirran aaltomuotokäyrät löytyvät liitteestä 1.



Kaavio 8. Teholähde A:n virran aaltomuoto.



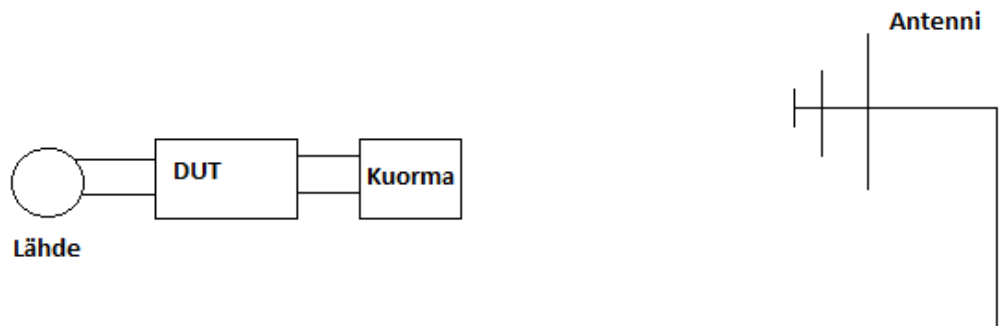
Kaavio 9. Teholähde B:n virran aaltomuoto.

5.4 Säteilevät häiriöt

Säteilevät häiriöt mitattiin taajuusalueelta 30–1000 MHz. Mittauksen kytkentä on esillä kaaviossa 10. Mittayksikkönä on dB μ V/m. Mittauksessa katsottiin, ylittävätkö säteilyarvot EN55022-standardin raja-arvoja vaaka- ja pystypolarisaatiolla. Esitetyissä kuvissa sininen käyrä kuvaa vaakapolarisaatiolla tehtyä mittausta ja punainen käyrä pystypolarisaatiolla tehtyä mittausta. Mittaukset suoritettiin Turun ammattikorkeakoulun EMC-laboratoriossa. SGS Fimko Oy mittasi Teholähde F:n säteilevät häiriöt ja tehrolähde G säteilyarvoja ei mitattu lainkaan. Teholähteitä kuormitettiin vastuskuormalla. Teholähteet F, E ja H kuormitettiin näille tehrolähteille tarkoitetuilla LEDeillä.

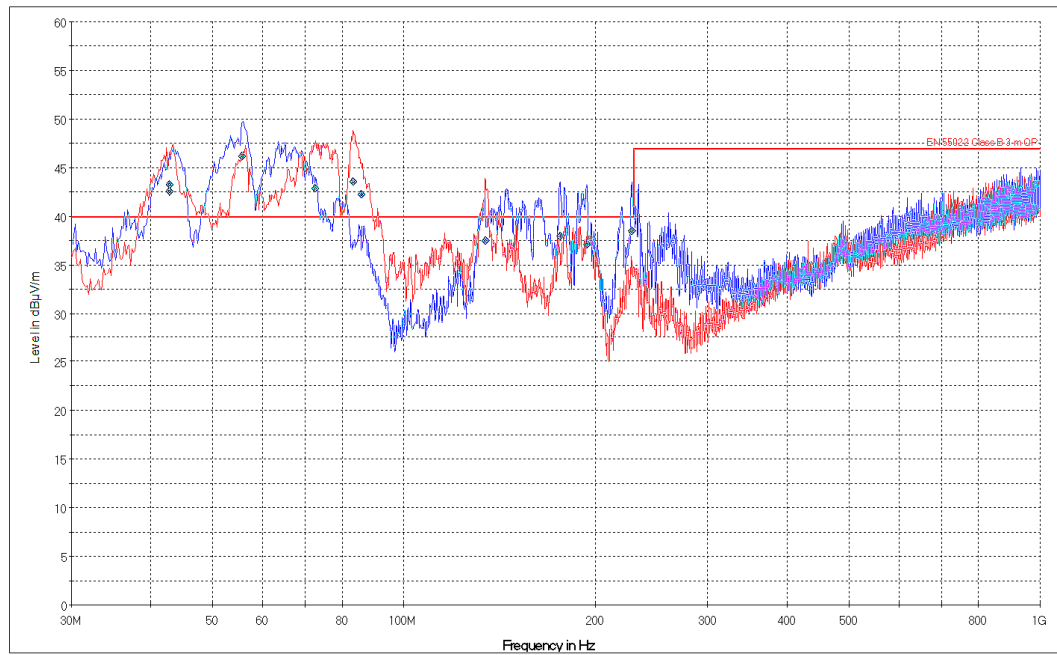
Käytetyt mittalaitteet:

- Rohde&Schwarz EMI Receiver ESPI7.
- Teseq CBL 6143A Antenna 30–3000 MHz.

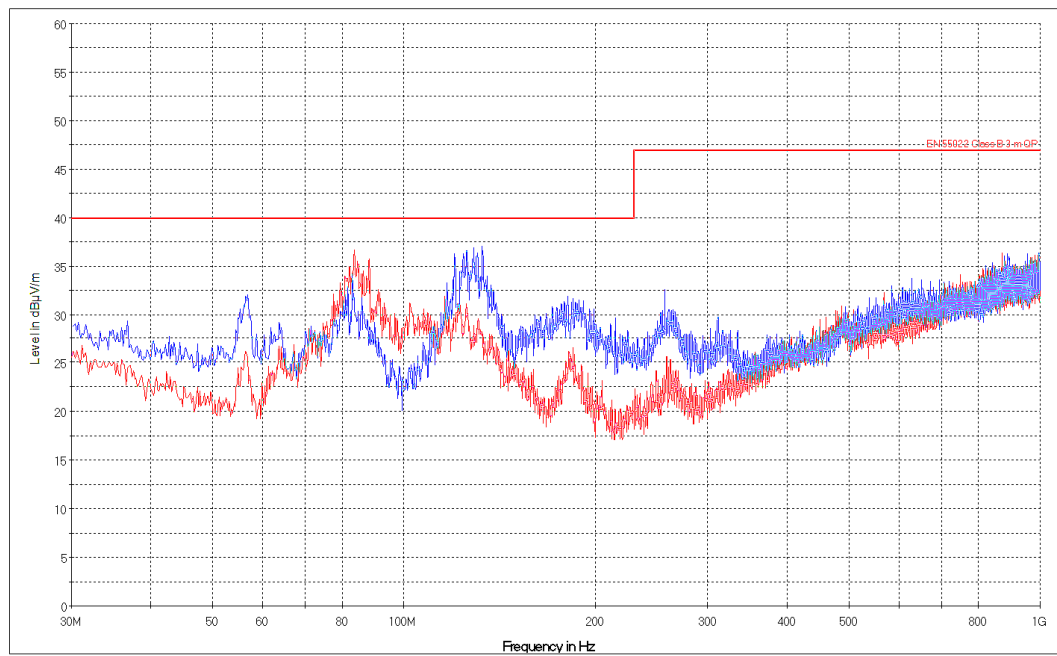


Kaavio 10. Säteilevien häiriöiden mittauskytkentä.

EN55022-standardin rajaaman säteilyrajan ylitti mittauksessa vain tehrolähde A. Mittaustulos on esitetty kaaviossa 11. Teholähde A ylitti mittauksessa EN55022-standardin säteilyrajan 40–90 MHz taajuusalueella pysty- ja vaakapolarisaatiolla. Vähiten ympäristöön säteily tehrolähde B (kaavio 12). Muiden laitteiden mittaustuloksista ei löydy suuria eroja. kaikkien laitteiden säteilykuvaajat löytyvät liitteestä C.



Kaavio 11. Teholähde A:n säteilykuvaaja.



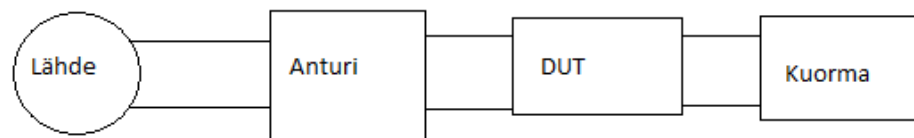
Kaavio 12. Teholähde B:n säteilykuvaaja

5.5 Johtuvat häiriöt

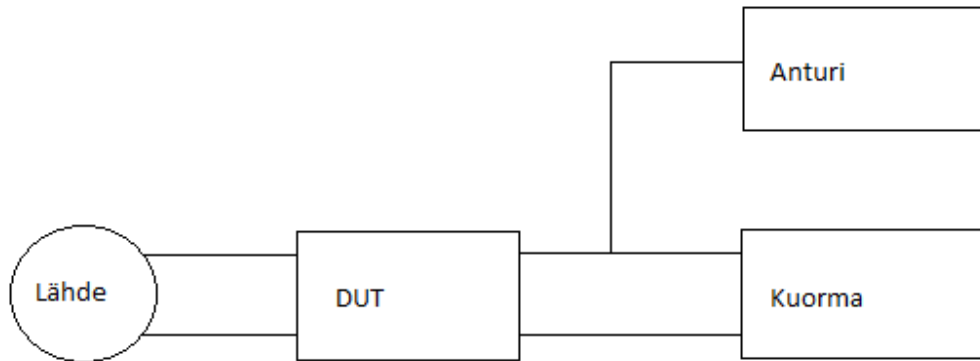
Johtuvia häiriöitä mitattiin kaksi eri laatua: johtuvat häiriöt sähköverkkoon ja johtuvat häiriöt kuormaan. Mittaustuloksista katsottiin, ylittävätkö ne EN55015-standardissa määritellyjä raja-arvoja. Mittayksikkönä on dB μ V. LED-teholähteitä kuormitettiin mittauksissa täydellä kuormalla ja puolella kuormalla. Mittauksista esitetään tässä työssä vain LED-teholähteiden huonompi mittaustulos. Mittaukset suoritettiin Turun ammattikorkeakoulun EMC-laboratoriossa. SGS Fimko Oy mittasi teholähde F:n johtuvat häiriöt. Teholähteitä kuormitettiin vastuskuormalla. Teholähteet F, E, ja H kuormitettiin näille teholähteille tarkoitetuilla LEDeillä. Sähköverkkoon johtuvien häiriöiden mittauskytkentä on esillä kaaviossa 13. Kuormaan johtuvien häiriöiden mittauskytkentä on esillä kaaviossa 14.

Käytetyt mittalaitteet:

- Rohde&Schwarz Passive probe ESH2-Z3 (johtuvat kuormaan).
- Rohde&Schwarz LISN ESH3-Z5 (johtuvat verkkoon).
- Rohde&Schwarz EMI Receiver ESPI7.

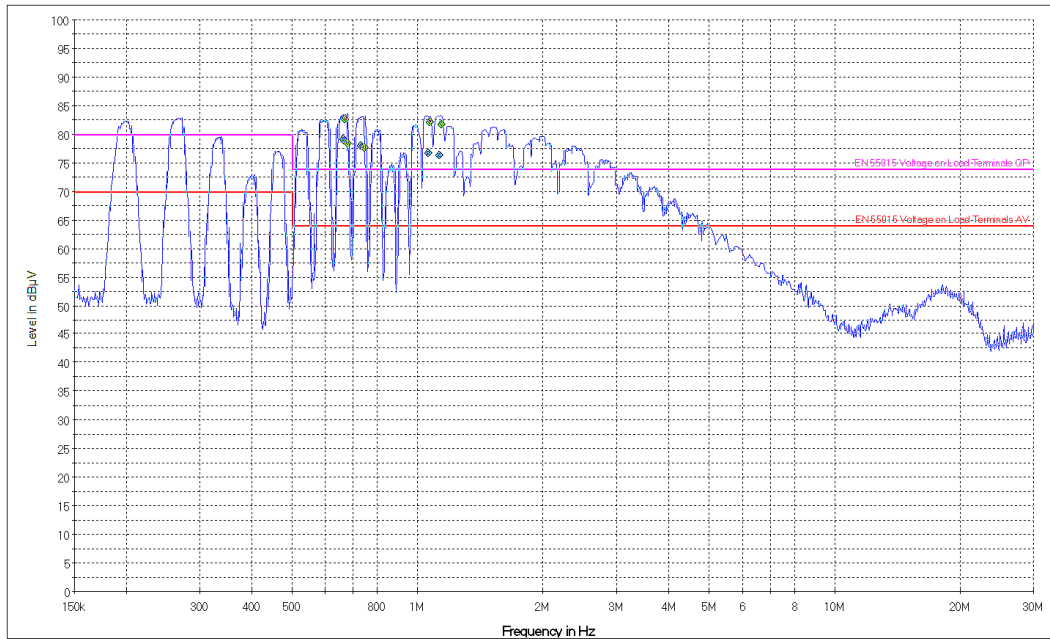


Kaavio 13. Sähköverkkoon johtuvien häiriöiden mittauskytkentä.

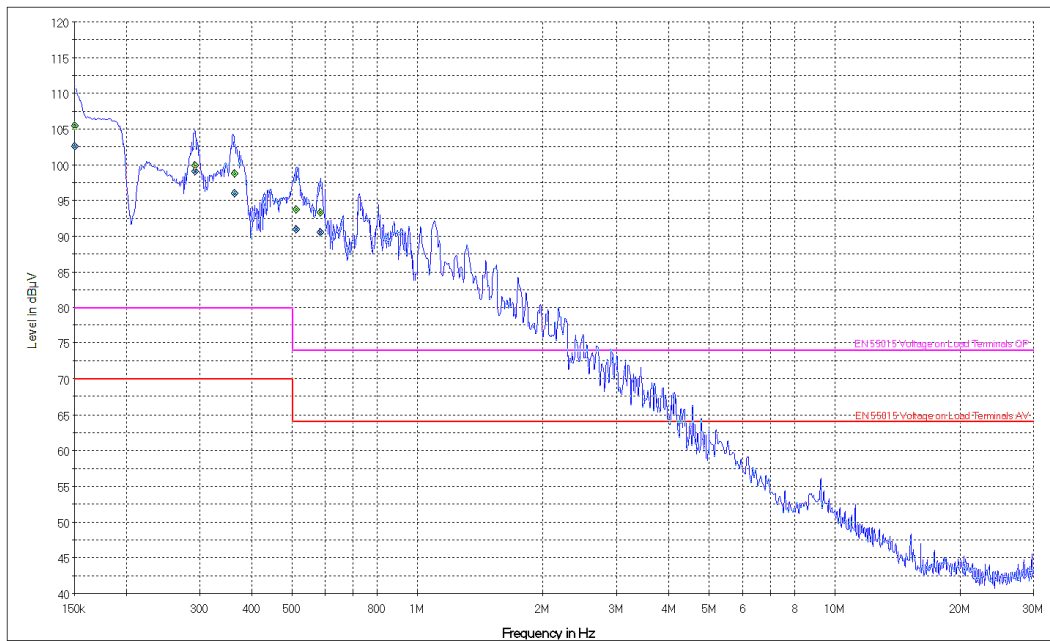


Kaavio 14. Kuorman johtuvien häiriöiden mittauskytkentä.

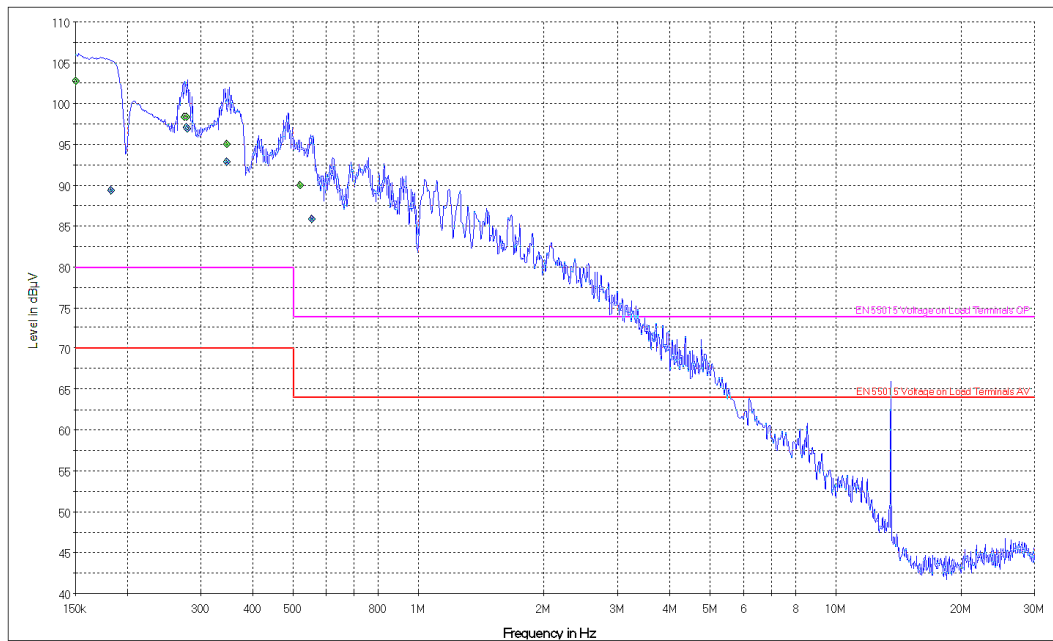
Sähköverkkoon johtuvat häiriöt olivat mittauksissa kaikilla LED-teholähteillä EN55015-standardin sallimissa rajoissa. Kuorman johtuvat häiriöt olivat teholähde C, D1 ja D2 mittaustuloksissa hyvin korkeat (kaaviot 15–17). Teholähde B:n kuorman johtuvat häiriöt (kaavio 18) ylittivät raja-arvon taajuudella 150–200 kHz. Muiden LED-teholähteiden kuorman johtuvat häiriöt olivat sallituissa rajoissa eikä suurta vaihtelua laitteiden väliltä löydy. Kaikki LED-teholähteiden kuorman johtuvien häiriöiden mittaustulokset löytyvät liitteestä B.



Kaavio 15. Teholähde C:n kuorman johtuvat mittaustulokset.



Kaavio 16. Teholähde D1:n kuorman johtuvat mittaustulokset.



Kaavio 17. Teholähde D2:n kuorman johtuvat mittaustulokset.



Kaavio 18. Teholähde B:n kuorman johtuvat mittaustulokset.

5.6 EFT ja Surge

EFT- ja Surge-mittauksissa ohjattiin LED-teholähteeseen EN61000-standardin mukaisia häiriöpiikkejä. Tavallisen 1 kV:n transientti- ja surgepiikin lisäksi testattiin, kestävätkö LED-teholähteet 1,5 kV:n surgepiikin. Mittaus suoritettiin EM Test UCS 500M Surge/Burst/ESD generaattorilla. Kaikki EFT- ja Surge-mittaukset läpi käyneet LED-teholähteet läpäisivät mittauksen teholähde A:ta lukuun ottamatta, joka ei kestänyt 1,5 kV:n surgepiikkiä. Mittaukset suoritettiin Turun ammattikorkeakoulun EMC-laboratoriossa. Teholähteitä kuormitettiin vastuskuormalla. Teholähde F ja teholähde H kuormitettiin näille teholähteille tarkoitetuilla LEDeillä.

5.7 Eristysvastusmittaus

Eristysvastusmittauksessa tutkittiin LED-teholähteiden turvallisuutta ja kestävyyttä selvittämällä, kestävätkö ne 5 kV:n jännitettä. Mittaus suoritettiin Kyoritsu High voltage insulation testerillä. LED-teholähteiden sisääntulon ja ulostulon väliin kytkettiin eristysvastusmittarilla 5 kV:n jännite. Tämän jälkeen mitattiin, lyökö jännite läpi. Kaikki eristysvastusmittauksen läpi käyneet LED-teholähteet, teholähde G:tä lukuun ottamatta, läpäisivät mittauksen. LED-teholähteet kestivät 5 kV:n jännitteen ja toimivat mittauksen jälkeen normaalisti.

5.8 Sähkökatkotesti

Mittauksessa tutkittiin LED-teholähteiden toimivuutta sähkön kytkeytyessä nopeasti päälle ja pois EN61000-standardin mukaisesti. Mittauksessa selvitettiin, toimiiko teholähde sähkökatkotestin jälkeen. Sähkökatkotesti toteutettiin Hewlett-Packard 33120A-signaaligeneraattorilla ja Voltage dips -moduulilla, joiden avulla ohjattiin sähköä kuormitetuille teholähteille. Sähkön päälle- ja poiskykytymistäajuus aloitettiin taajuudella 0,1 Hz. Tätä jatkettiin porrastetusti 50 Hz:n taajuuteen. Kaikki sähkökatkotestin läpi käyneet LED-teholähteet läpäisivät mittauksen ja toimivat mittauksen jälkeen normaalisti.

Teholähteitä kuormitettiin vastuskuormalla. Teholähteet F, H ja G kuormitettiin näille teholähteille tarkoitetuilla LEDeillä. Sietotestien tulokset on koottu taulukkoon 4.

Taulukko 4. Sietotestien tuloksia.

Teholähde	EFT	Surge	Eristysvastus	Sähkökatko	surge (1,5 kV)
A	ok	ok	ok	ok	fail
B	ok	ok	ok	ok	ok
C	ok	ok	ok	ok	ok
D1	ok	ok	ok	ok	ok
D2	ok	ok	ok	ok	ok
E	ok	ok	ok	ok	ok
F	ok	ok	ok	ok	ok
G	ok	ok	fail	ok	ok
H	ok	ok	ok	ok	ok

6 TULOSTEN ARVIOINTI

Hyötysuhdemittauksen vertailussa ilmenee, että valmistajat antavat tuotteistaan paremman kuvan kuin mittaukset osoittavat. Mitä suuremmat LED-teholähteet olivat, sitä paremmat olivat tehokerroin, hyötysuhde ja harmoniset yliaallot.

Mitatut laitteet suoriutuivat säteilevien häiriöiden mittauksista hyvin. Teholähteellä A mitattiin kyseenalainen tulos. Kyseistä teholähdettä ei ole suunniteltu toimimaan yksin ilman kotelointia, ja vastuu sen standardinmukaisuudesta siirtyy käyttäjälle. Sähköverkkoon johtuvien häiriöiden mittauksen tulokset olivat kaikilla laitteilla hyväksyttävät. Kuormaan johtuvien häiriöiden osalta tilanne osoittautui huonommaksi. Useista LED-teholähteistä mitattiin huomattavasti standardin ylittävä häiriö kuormaan. Kyseisten laitteiden häiriöt saattavat häiritä jopa käytössä olevia radiotaajuuksia.

Standardien mukaisten sietotestien tulokset olivat mitatuilla laitteilla hyväksyttäviä. Yksi teholähde ei läpäissyt eristysvastusmittausta. Kyseinen laite mitattiin ilman siihen kuuluvaa loisteputkea, mikä saattaa vääristää tulosta.

Kaikkia LED-teholähteitä ei ollut mahdollista mitata LED-kuormalla, vaan osa LED-teholähteistä mitattiin vastuskuormalla. Muutos ei vaikuta mittaustuloksiin, sillä LED-teholähde toimii samalla tavalla kuormasta riippumatta, kun vastuskuorma on mitoitettu oikein. On yhdentekevää, muuttuuko LED-teholähteen syöttämä teho kuormassa vastuksen tapauksena lämmöksi vai LED-moduulin tapauksessa valoksi. LED-moduuli sisältää yleensä LEDin kanssa sarjassa olevan vastuksen. [7]

Tulosten perusteella voidaan päätellä, että pienikokoisilla yli 85 % hyötysuhteella varustetuilla standardinmukaisilla LED-teholähteillä on varmasti kysyntää LED-teholähdemarkkinoilla.

Valmistajien halu osallistua työhön osoittautui puutteelliseksi, minkä vuoksi työssä olevien LED-teholähteiden määrä jäi odotettua pienemmäksi. Lisäksi mitattavat LED-teholähteet ovat eri teholuokassa, mikä saattaa myös osaltaan väärentää tuloksien heijastamaa kuvaa LED-teholähdemarkkinoista.

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli vertailla markkinoilla olevia LED-teholähteitä toisiinsa mittaamalla niiden keskeisimmät suoritusarvot. Lisäksi selvitettiin, miten hyvin ne täyttävät eri standardien niille asettamat määräykset. Opinnäytetyön mittaukset osoittavat, että harva työssä tutkittu LED-teholähde kykeni täyttämään kaikkia eri standardien asettamia määräyksiä täysin. Varsinkin kuormaan johtuvien häiriöiden raja-arvon alittaminen osoittautui erittäin vaikeaksi. Laitteet toimivat muuten kutakuinkin valmistajien antamien tietojen mukaisesti sekä kestivät sietotestit hyvin.

Työn tuloksia voi käyttää hyväksi LED-teholähteiden valmistuksessa ja LED-teholähteiden markkina-arvon arvioimisessa. Itse keskittyisin mittaustulosten perusteella uusien LED-teholähteiden kehityksessä entistä enemmän niiden standardinmukaisuuteen.

Jatkotutkimuksena voisi selvittää mitattujen LED-teholähteiden hakkuritopologioita ja rakenteita. LED-teholähteiden hakkuritopologioiden toimintoja voisi vertailla esimerkiksi simuloinnilla. Jatkotutkimusaiheena voisi myös vertailla LED-teholähteiden tehokerroinkorjausmenetelmiä.

LÄHTEET

[1] Elekno Oy Yritys [www -dokumentti] Saatavilla:

http://www.elekno.com/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=27
(luettu 10.4.2011)

[2] Tuominen A., "LED (Light Emitting Diode, valodiodi)", [www -dokumentti] Saatavilla:

http://www.led1.fi/led_teknologia.html (Luettu 19.4.2011)

[3] Power factor correction (PFC) basics [www -dokumentti] Saatavilla:

<http://www.fairchildsemi.com/an/AN/AN-42047.pdf> (Luettu 20.4.2011)

[4] Yliaalto-opus [www -dokumentti] Saatavilla:

<http://www.leenakorpinen.fi/archive/opukset/yliaalto-opus.pdf> (Luettu 9.5.2011)

[5] SMPS Switching power supply design basics [www -dokumentti] Saatavilla:

<http://www.smeps.us/> (Luettu 6.10.2011)

[6] Energy Efficient Lighting [www -dokumentti] Saatavilla:

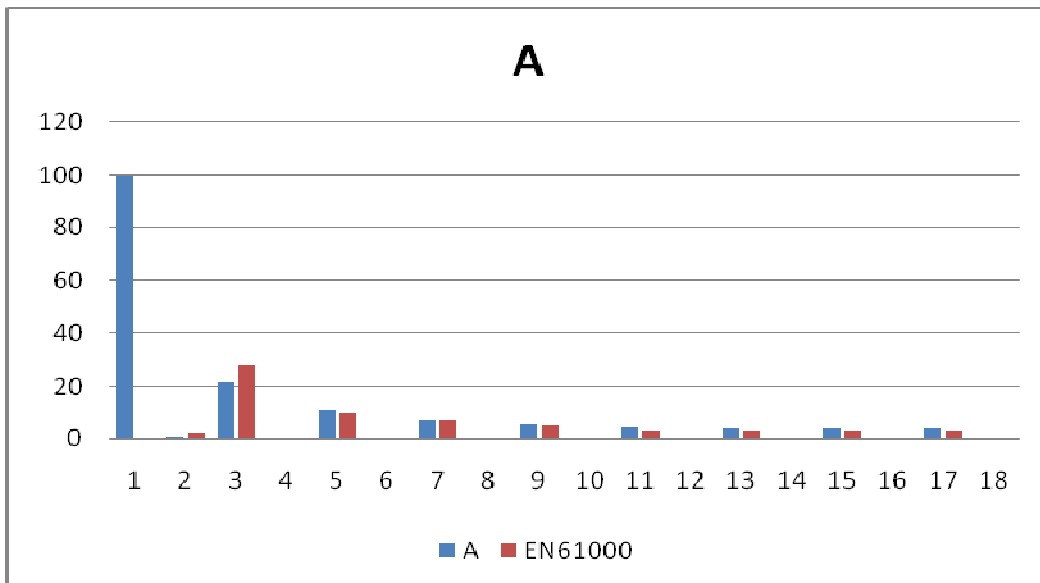
http://eartheasy.com/live_led_bulbs_comparison.html (Luettu 14.11.2011)

[7] Markkanen, Mika, LEDIEN TUTKIMINEN VALOMAINOSTEN VALOLÄHTEENÄ, Insinööriyö, Savonia-ammattikorkeakoulu, 2010.

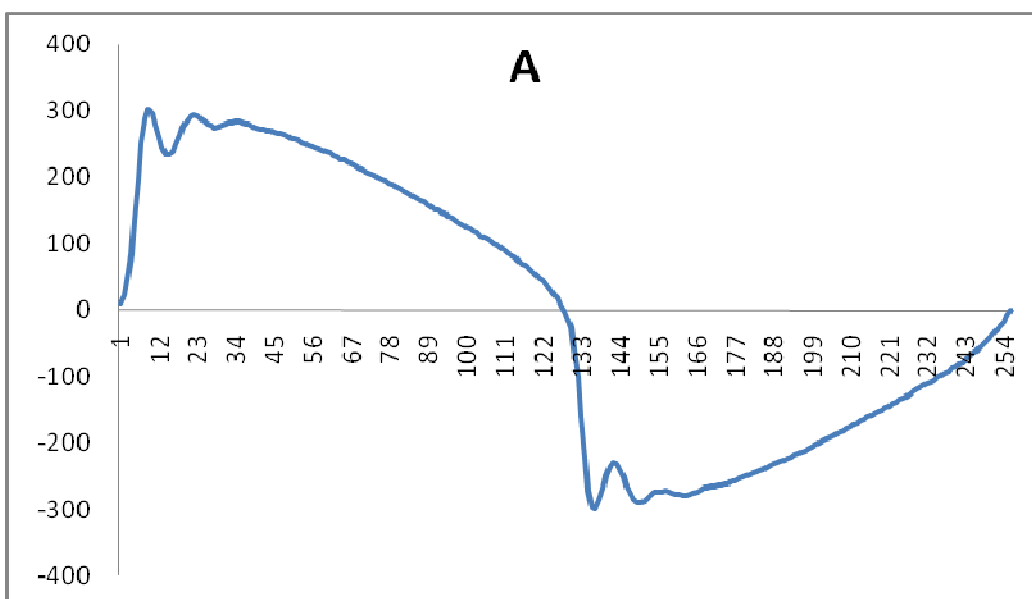
[8] Buck-hakkurin toiminta [www -dokumentti] Saatavilla:

<http://elektroniikkaabytane.blogspot.com/2008/08/laskevan-hakkurin-toiminta-2.html>
(luettu 14.11.2011)

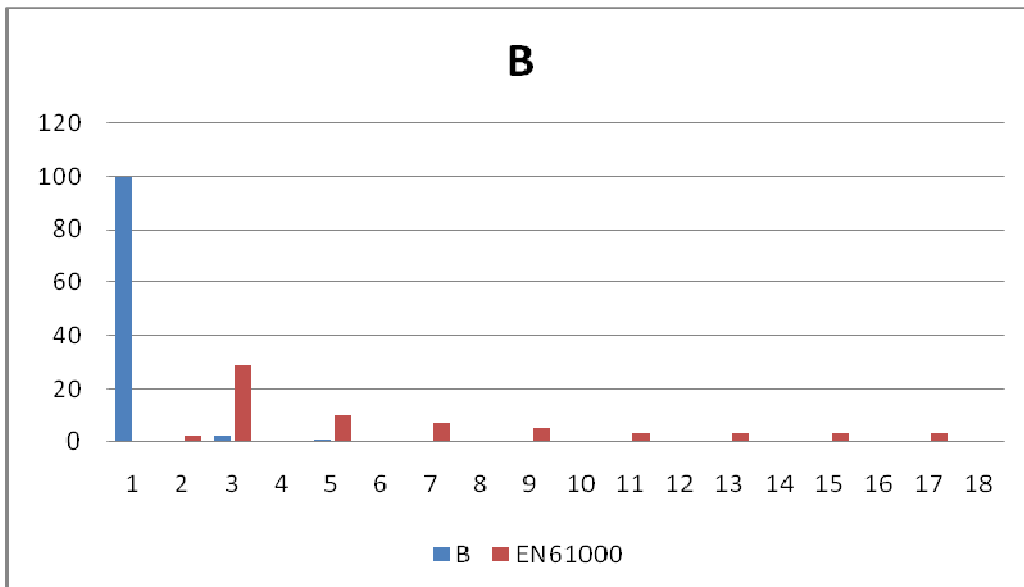
[9] Tolonen, Pasi, LEDIEN YMPÄRISTÖTESTAUS, Insinööriyö, Kajaanin ammattikorkeakoulu, 2006.



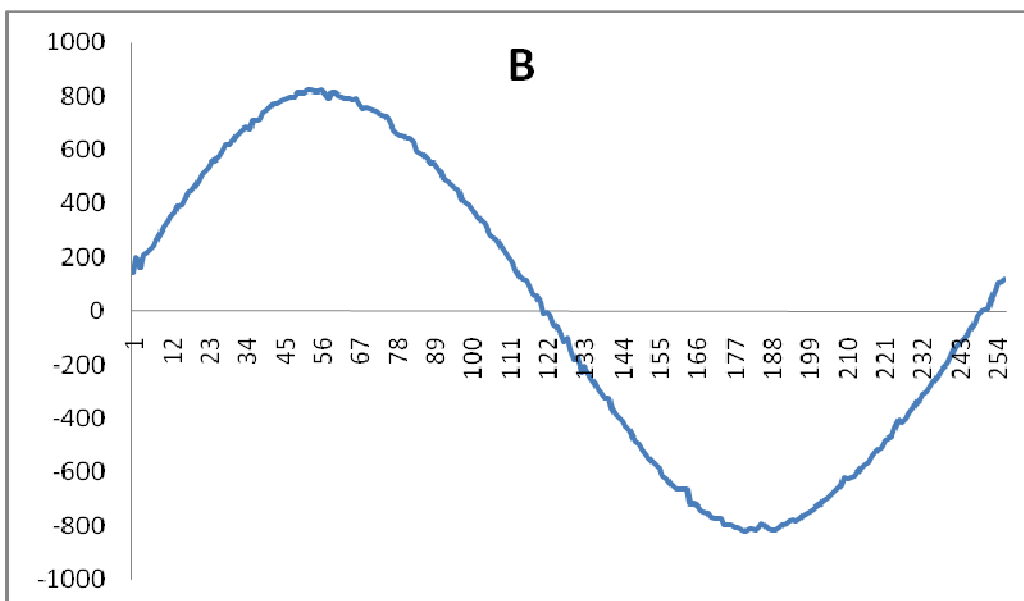
Kaavio 19. Teholähde A:n harmonisten yliaaltojen spektriesitys.



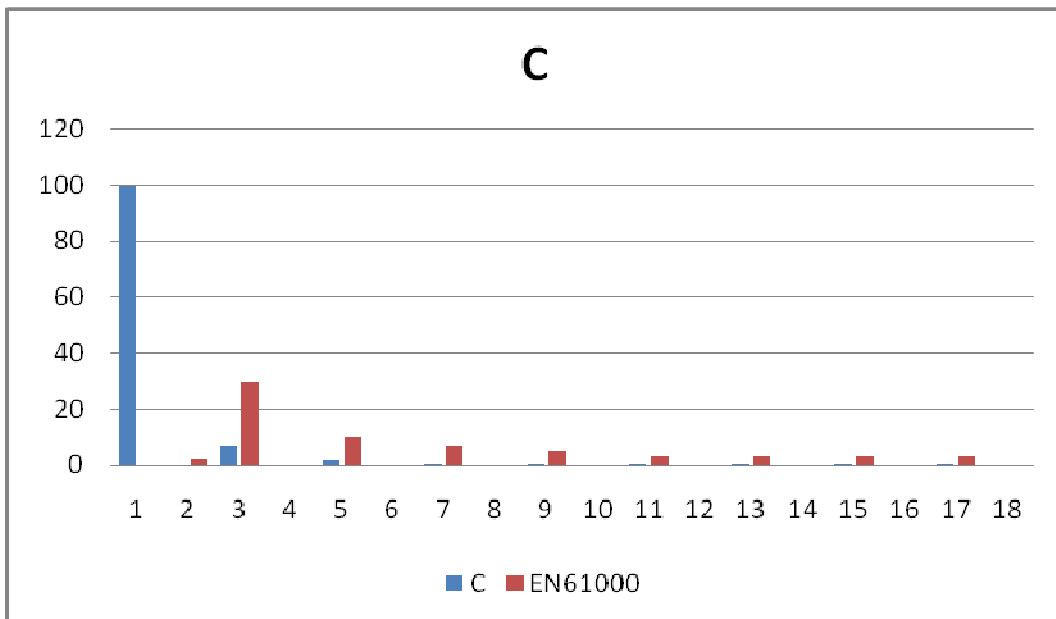
Kaavio 20. Teholähde A:n virran aaltomuoto.



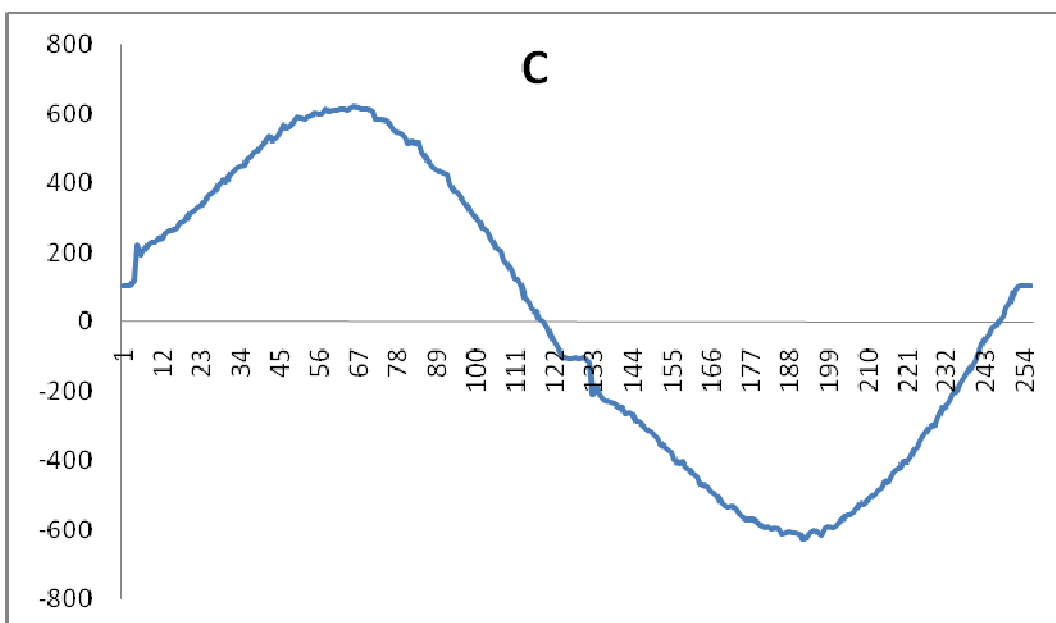
Kaavio 21. Teholähde B:n harmonisten yliaaltojen spektriesitys.



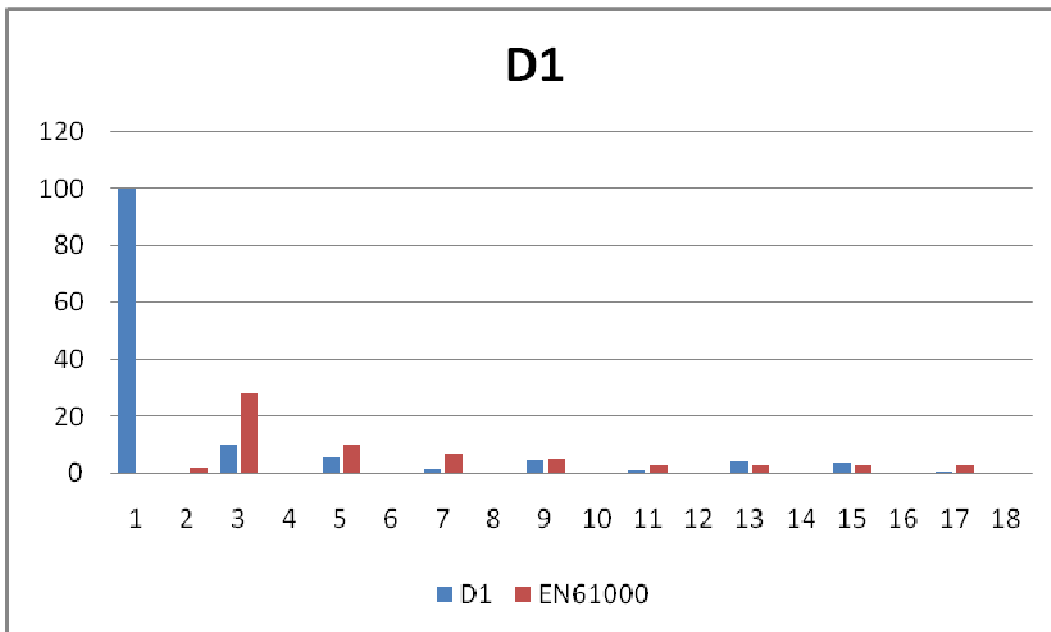
Kaavio 22. Teholähde B:n virran aaltomuoto.



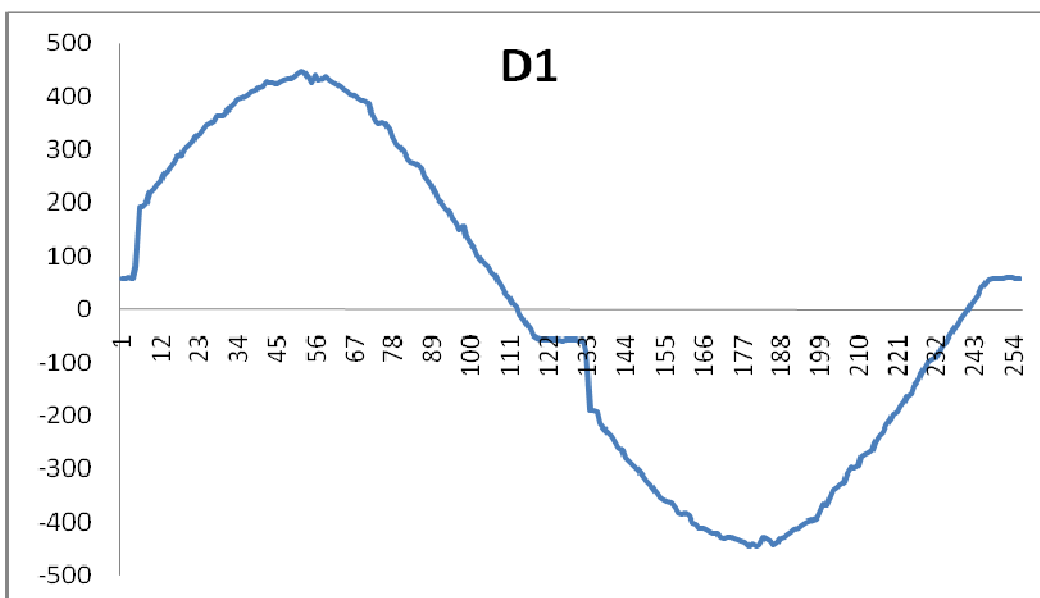
Kaavio 23. Teholähde C:n harmonisten yliaaltojen spektriesitys.



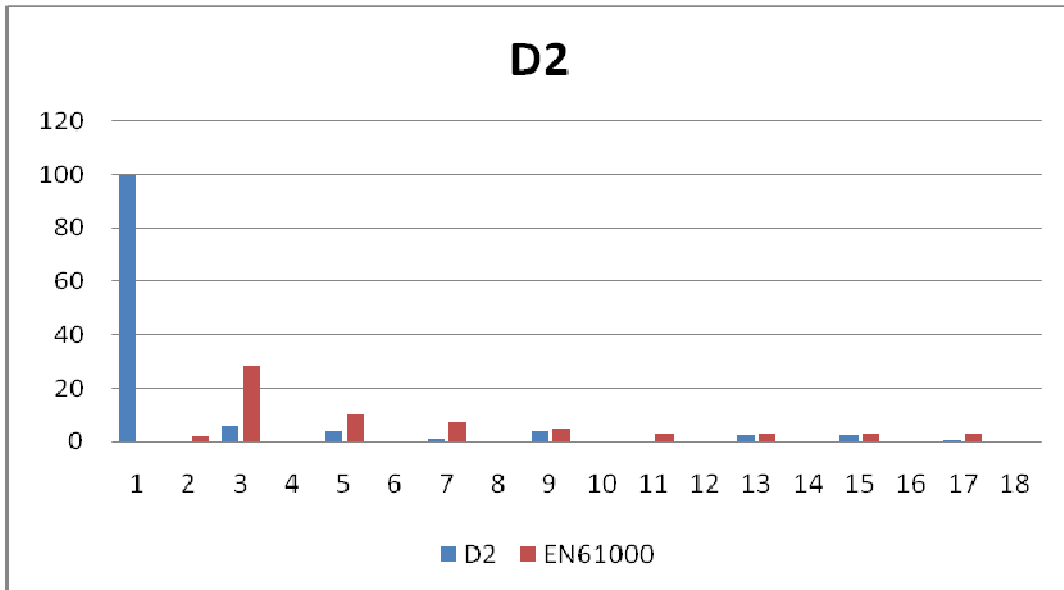
Kaavio 24. Teholähde C:n virran aaltomuoto.



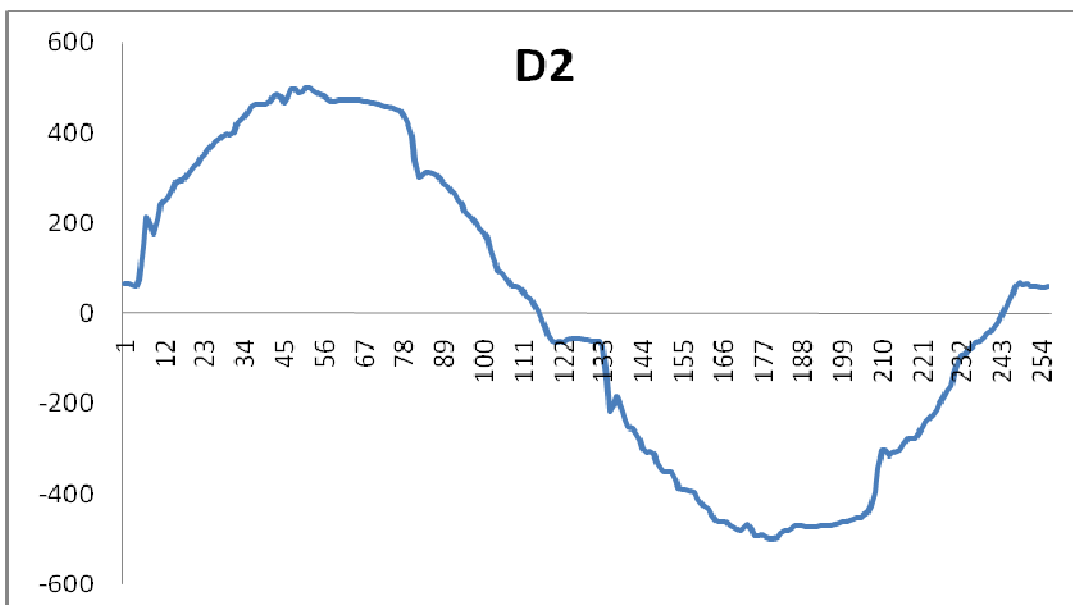
Kaavio 25. Teholähde D1:n harmonisten yliaaltojen spektriesitys.



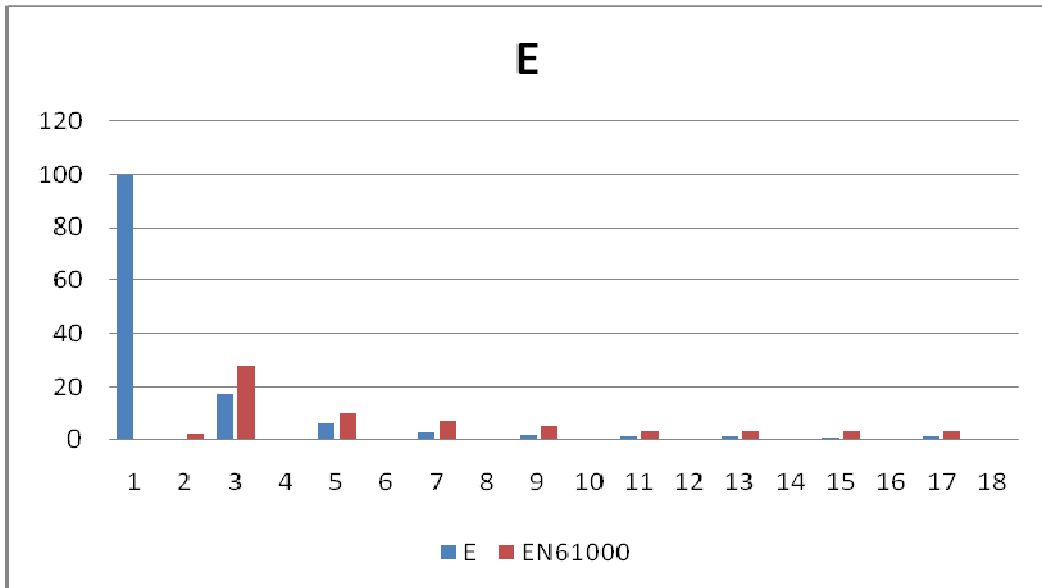
Kaavio 26. Teholähde D1:n virran aaltomuoto.



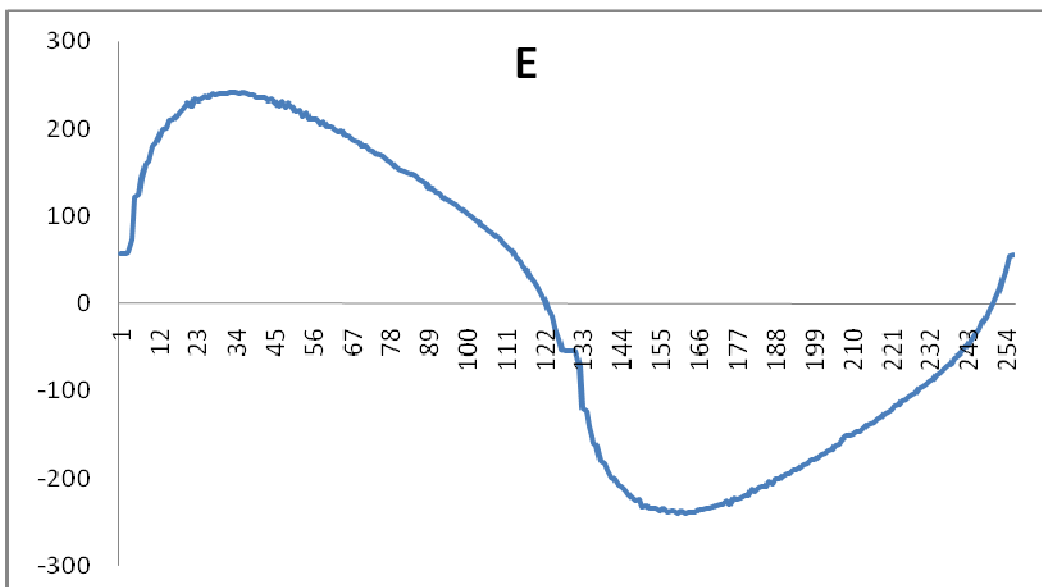
Kaavio 27. Teholähde D2:n harmonisten yliaaltojen spektriesitys.



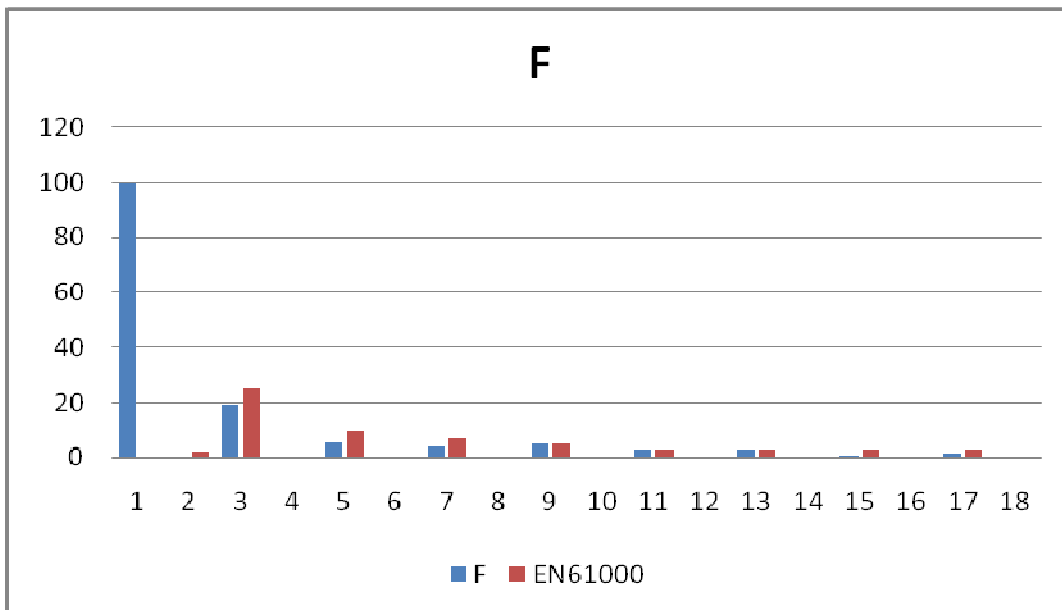
Kaavio 28. Teholähde D2:n virran aaltomuoto.



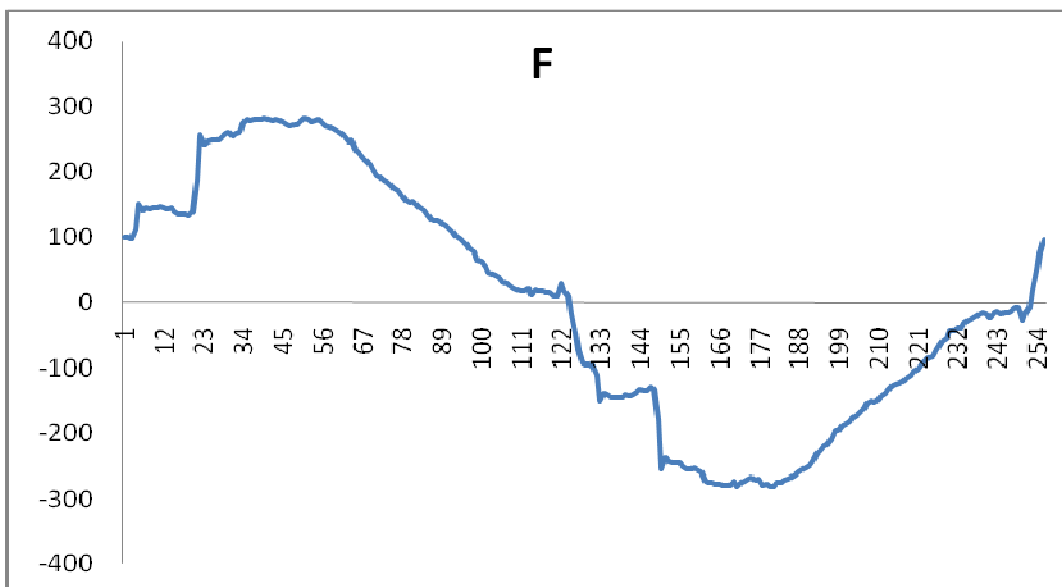
Kaavio 29. Teholähde E:n harmonisten yliaaltojen spektriesitys.



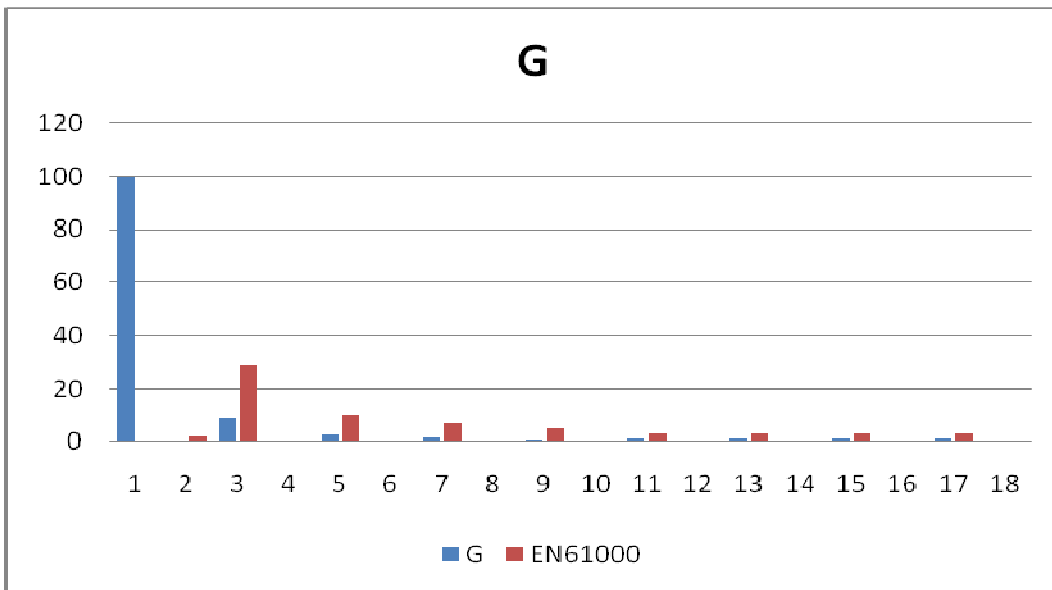
Kaavio 30. Teholähde E:n virran aaltomuoto.



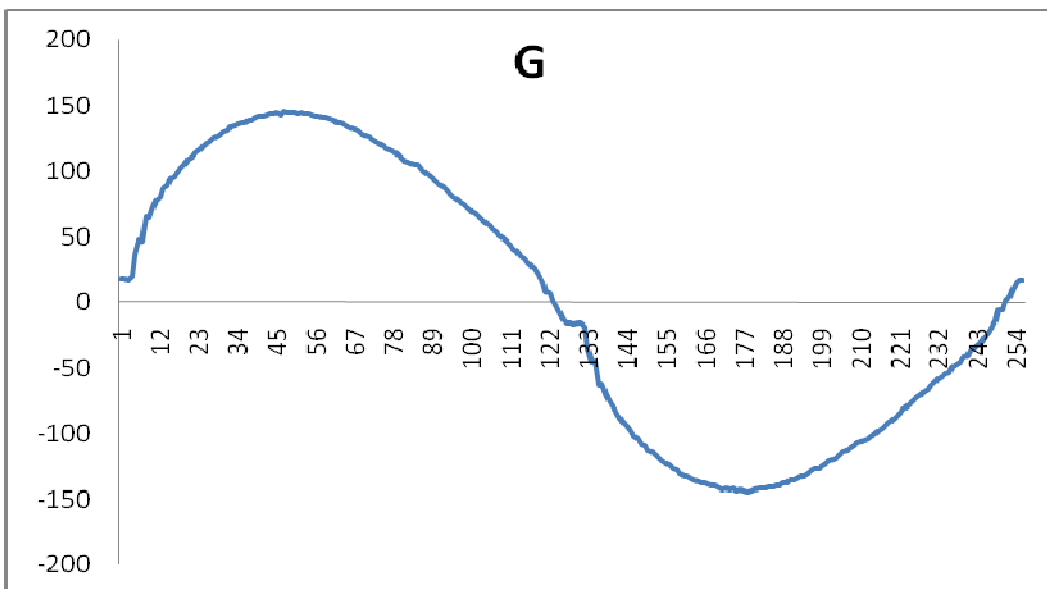
Kaavio 31. Teholähde F:n harmonisten yliaaltojen spektriesitys.



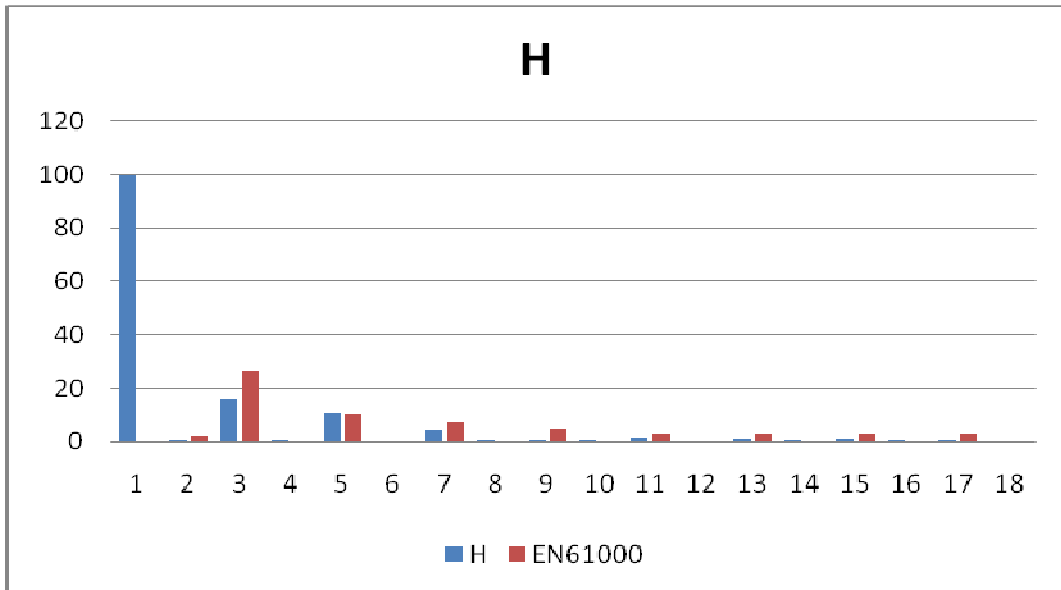
Kaavio 32. Teholähde F:n virran aaltomuoto.



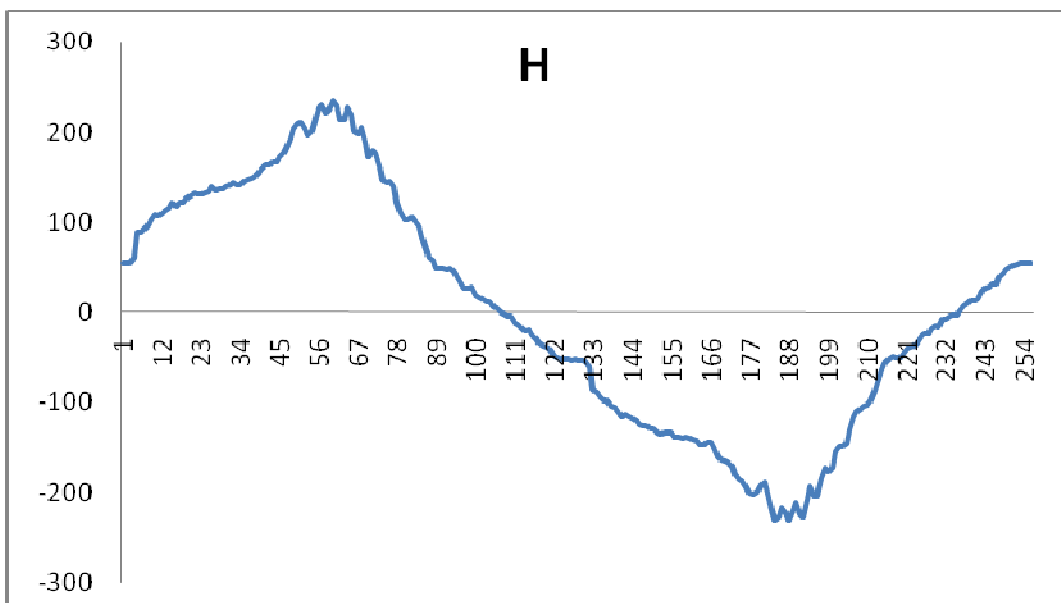
Kaavio 33. Teholähde G:n harmonisten yliaaltojen spektriesitys.



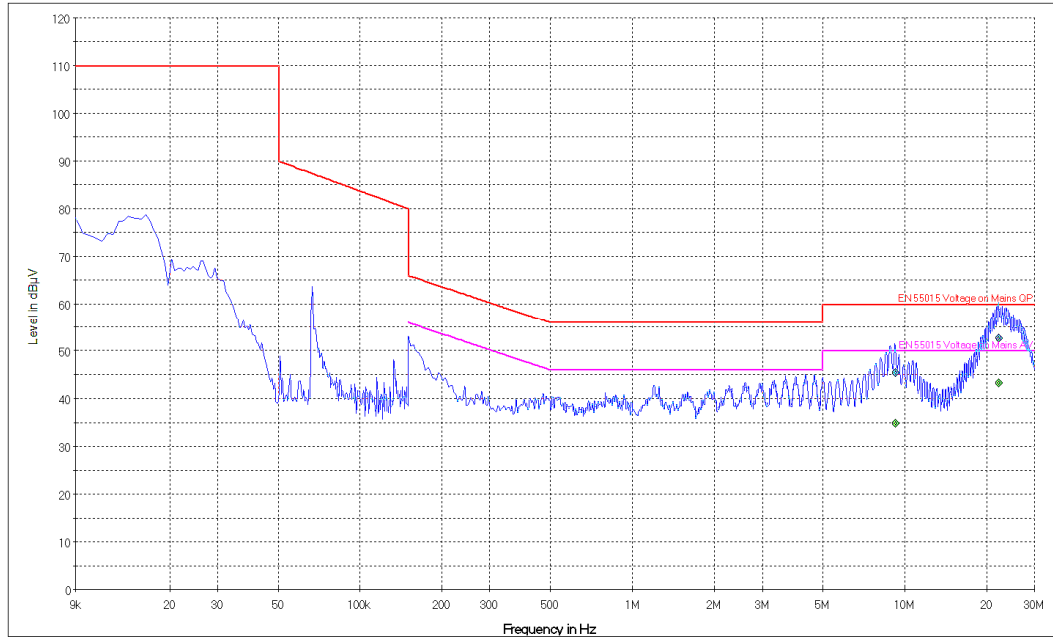
Kaavio 34. Teholähde G:n virran aaltomuoto.



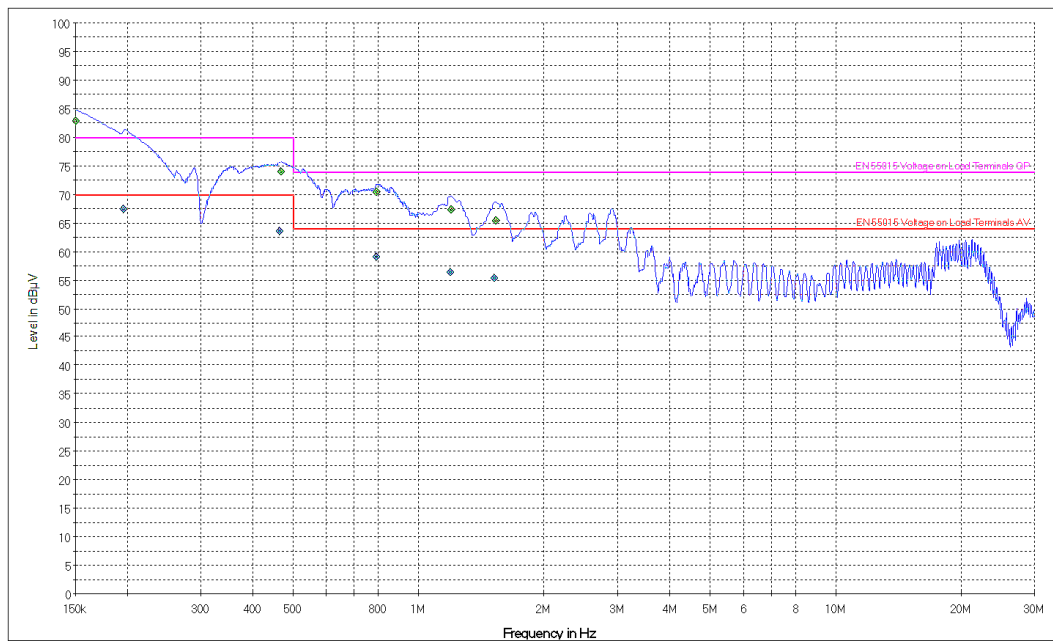
Kaavio 35. Teholähde H:n harmonisten yliaaltojen spektriesitys.



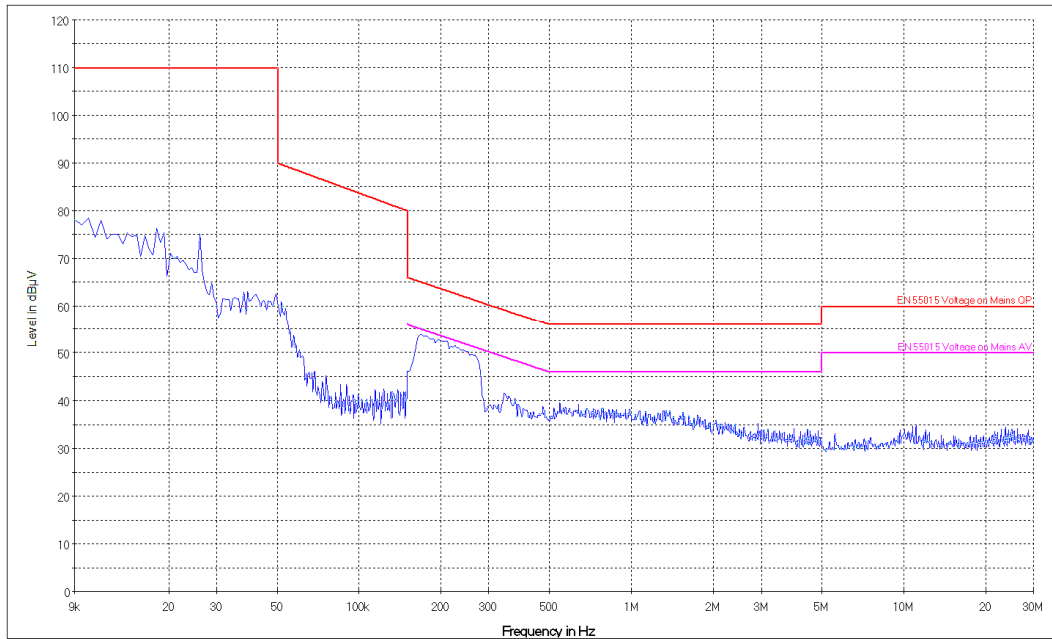
Kaavio 36. Teholähde H:n virran aaltomuoto.



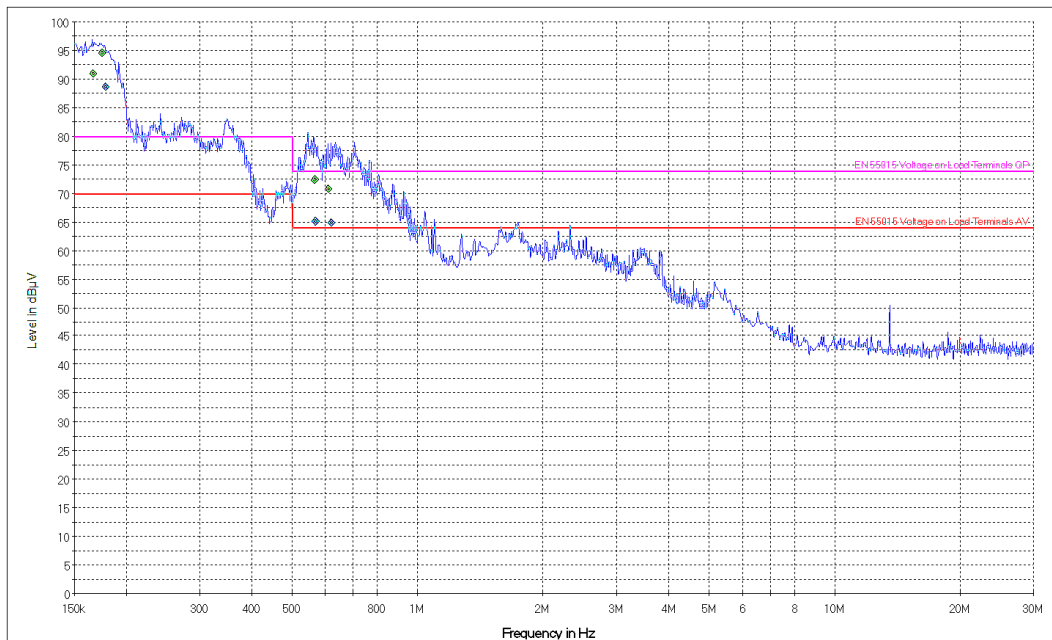
Kaavio 37. Teholähde A:n sähköverkkoon johtuvat mittaustulokset.



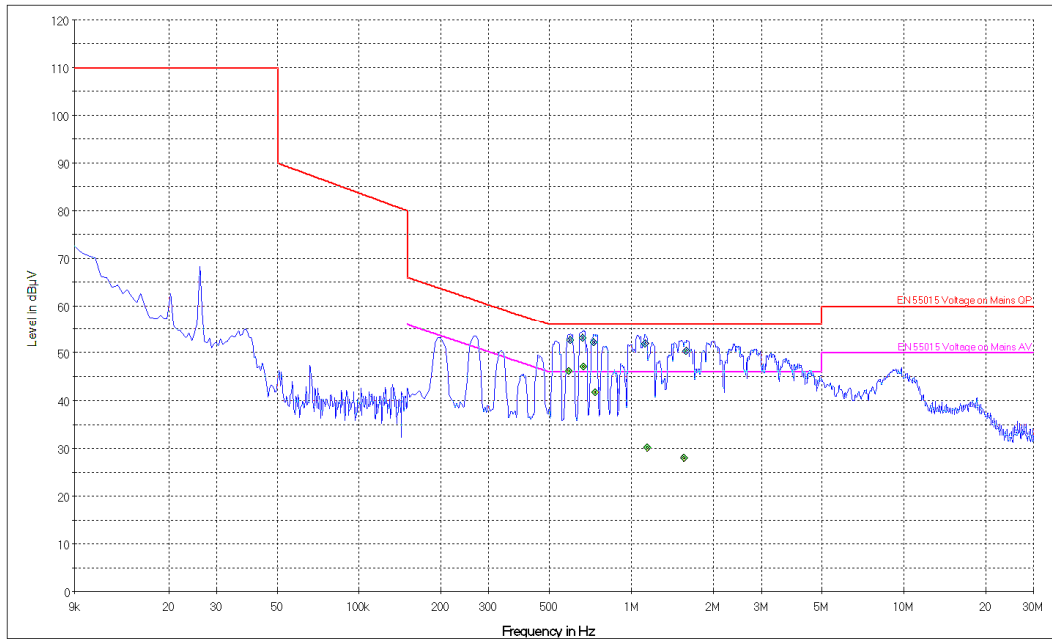
Kaavio 38. Teholähde A:n kuorman johtuvat mittaustulokset.



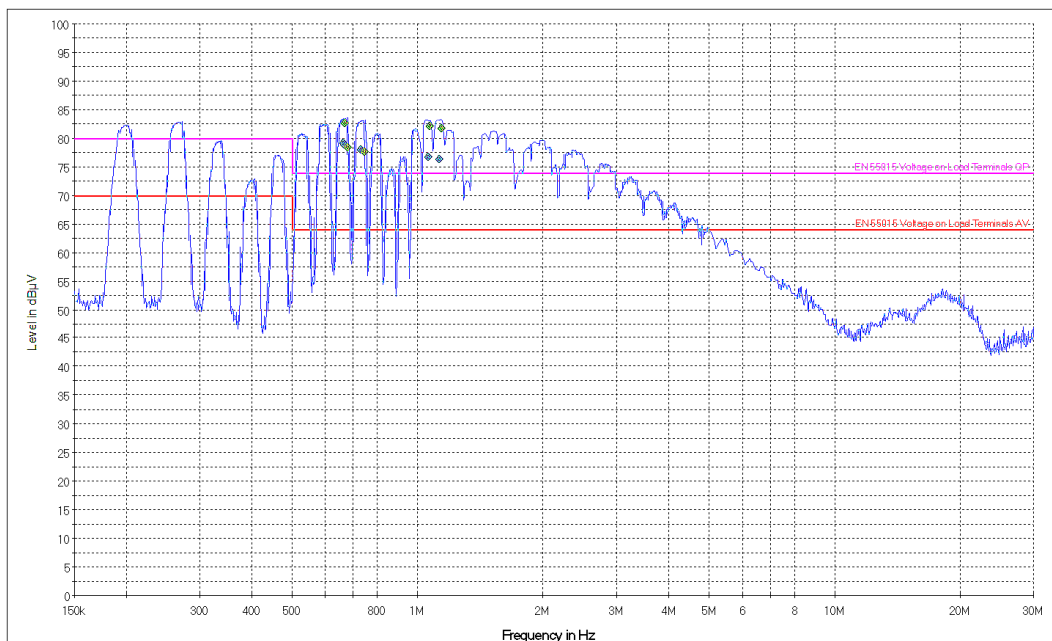
Kaavio 39. Teholähde B:n sähköverkkoon johtuvat mittaustulokset.



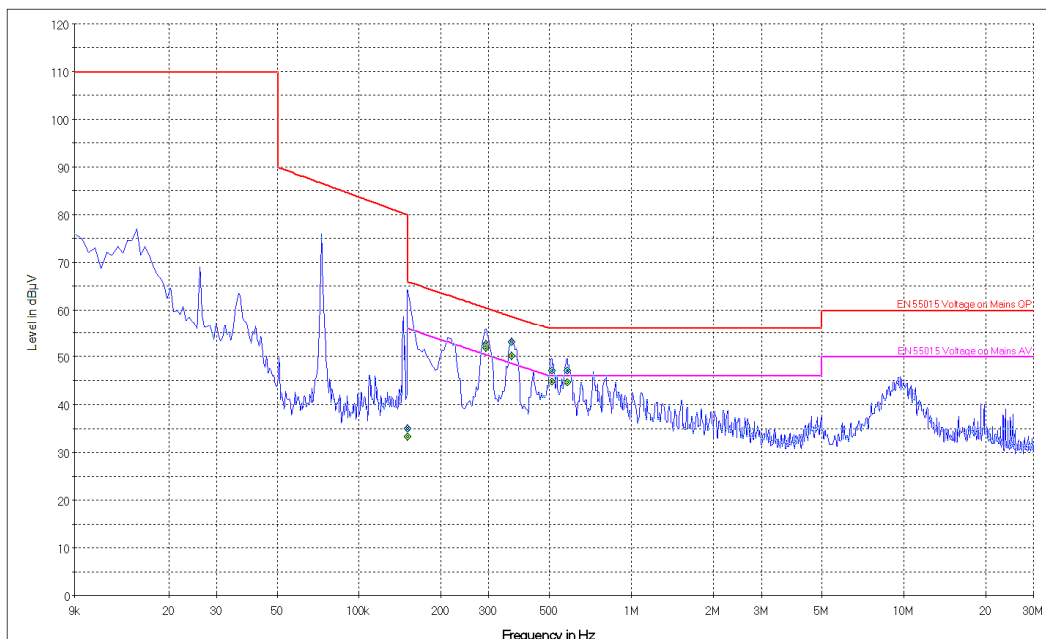
Kaavio 40. Teholähde B:n kuorman johtuvat mittaustulokset.



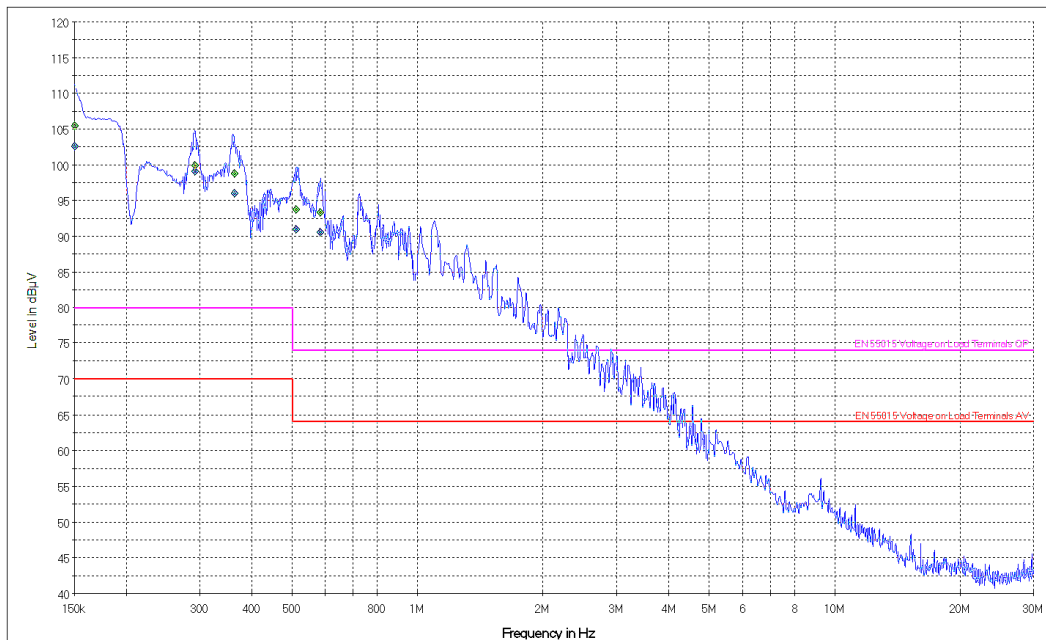
Kaavio 41. Teholähde C:n sähköverkkoon johtuvat mittaustulokset.



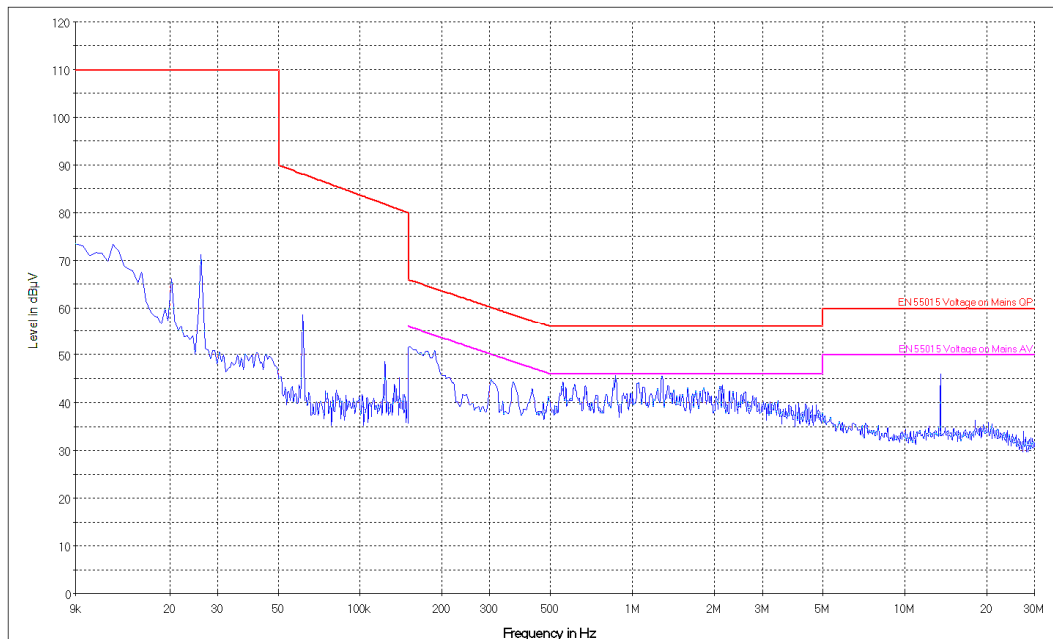
Kaavio 42. Teholähde C:n kuorman johtuvat mittaustulokset.



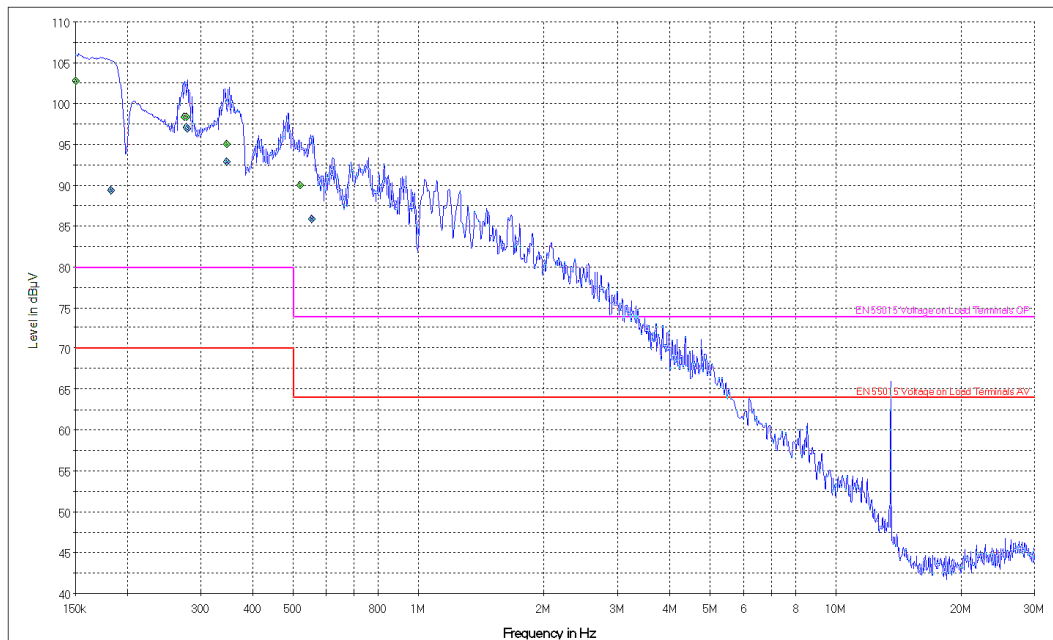
Kaavio 43. Teholähde D1:n sähköverkkoon johtuvat mittaustulokset.



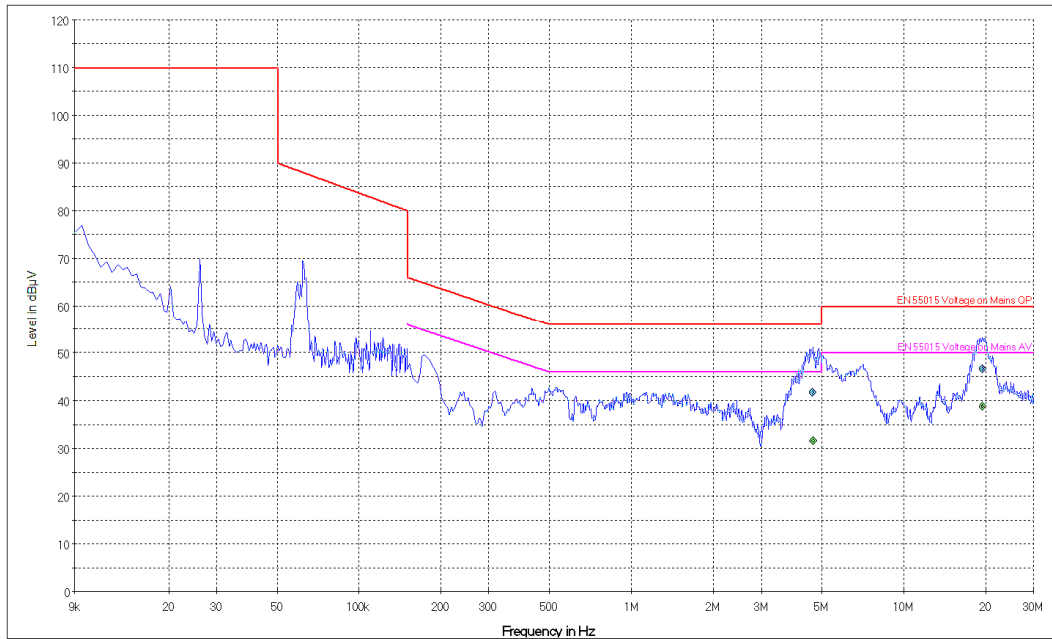
Kaavio 44. Teholähde D1:n kuorman johtuvat mittaustulokset.



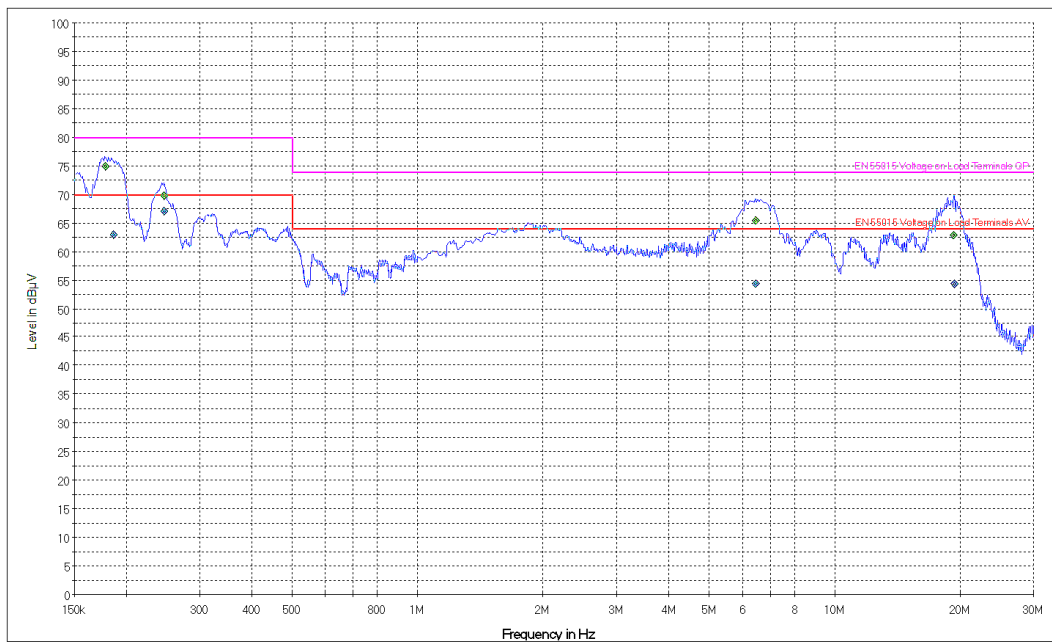
Kaavio 45. Teholähde D2:n sähköverkkoon johtuvat mittaustulokset.



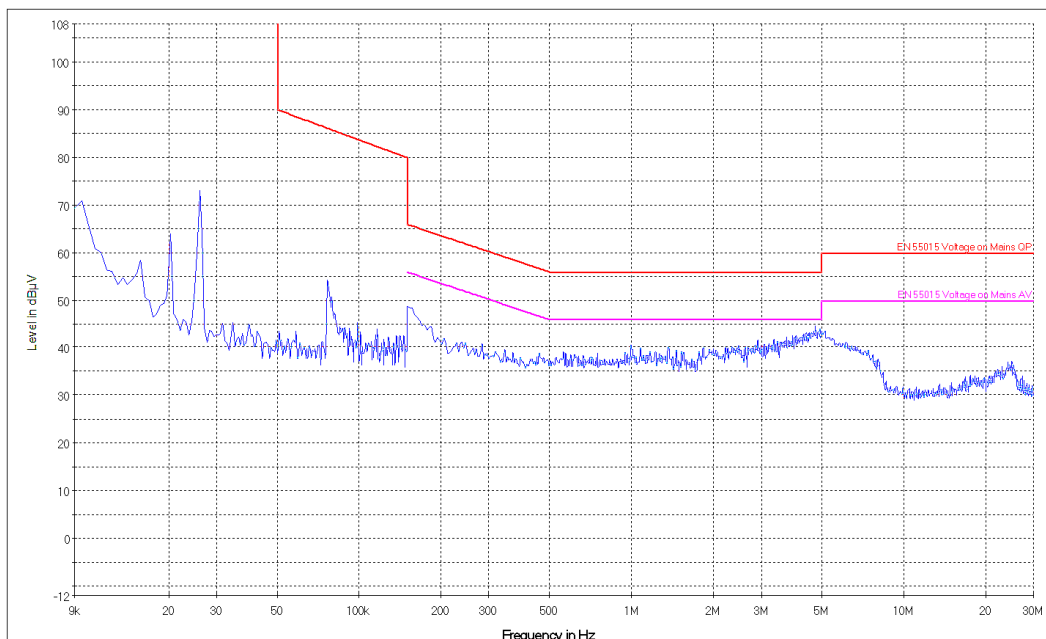
Kaavio 46. Teholähde D2:n kuorman johtuvat mittaustulokset.



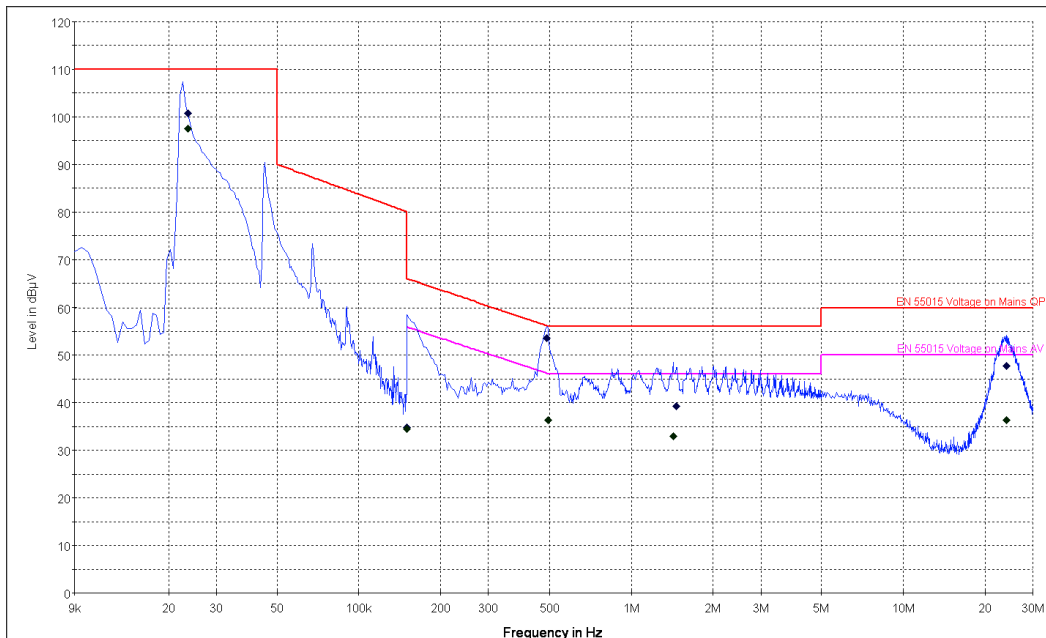
Kaavio 47. Teholähde F:n sähköverkkoon johtuvat mittaustulokset.



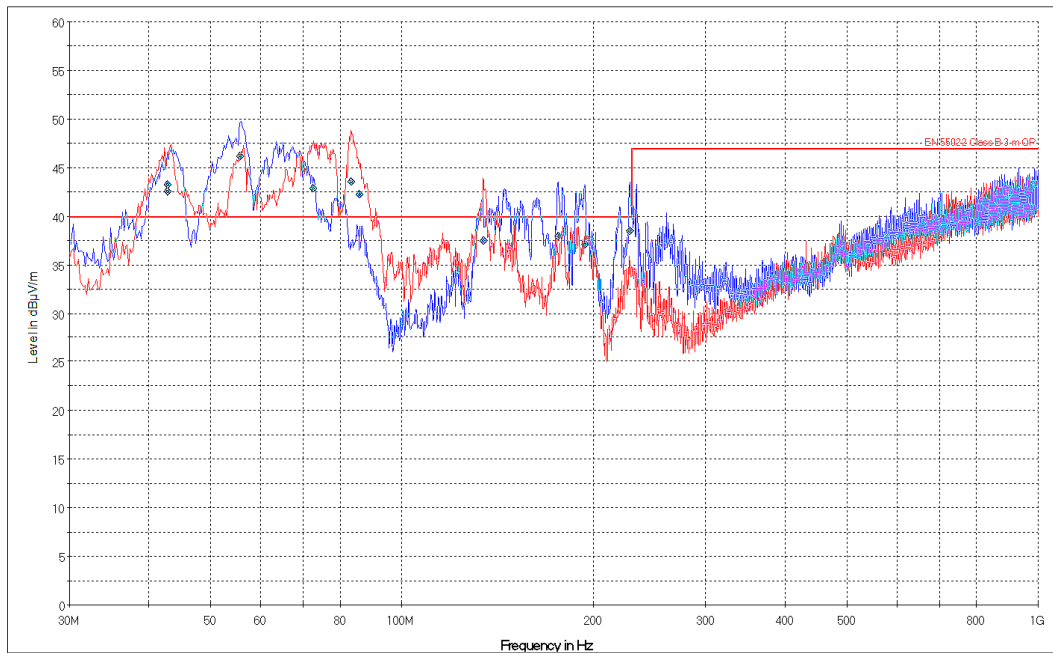
Kaavio 48 Teholähde F:n kuormaan johtuvat mittaustulokset.



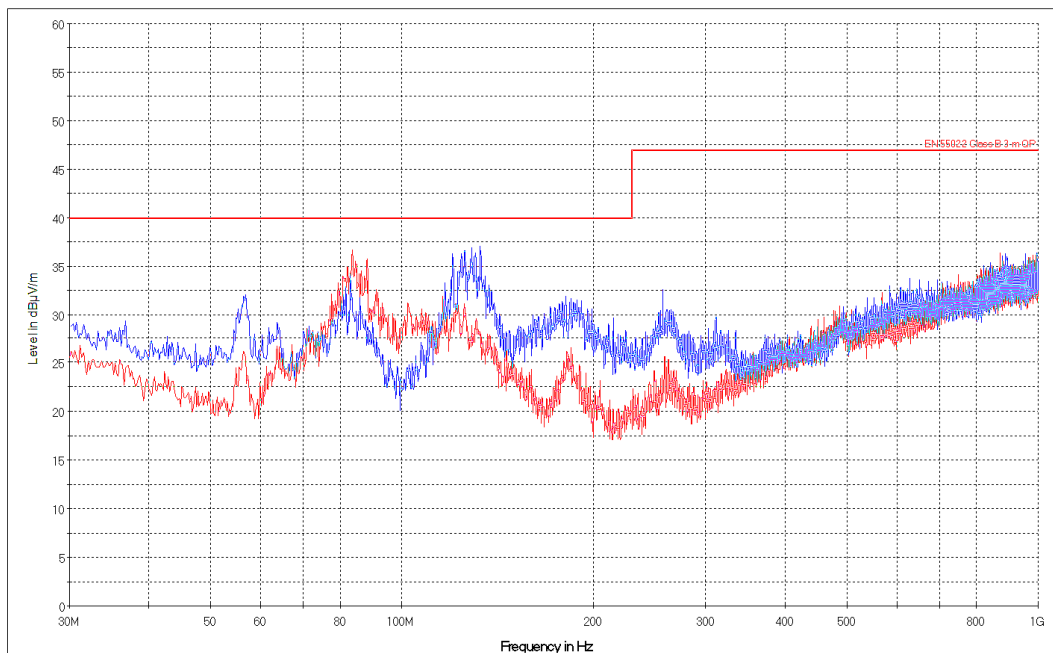
Kaavio 49. Teholähde E:n sähköverkkoon johtuvat mittaustulokset.



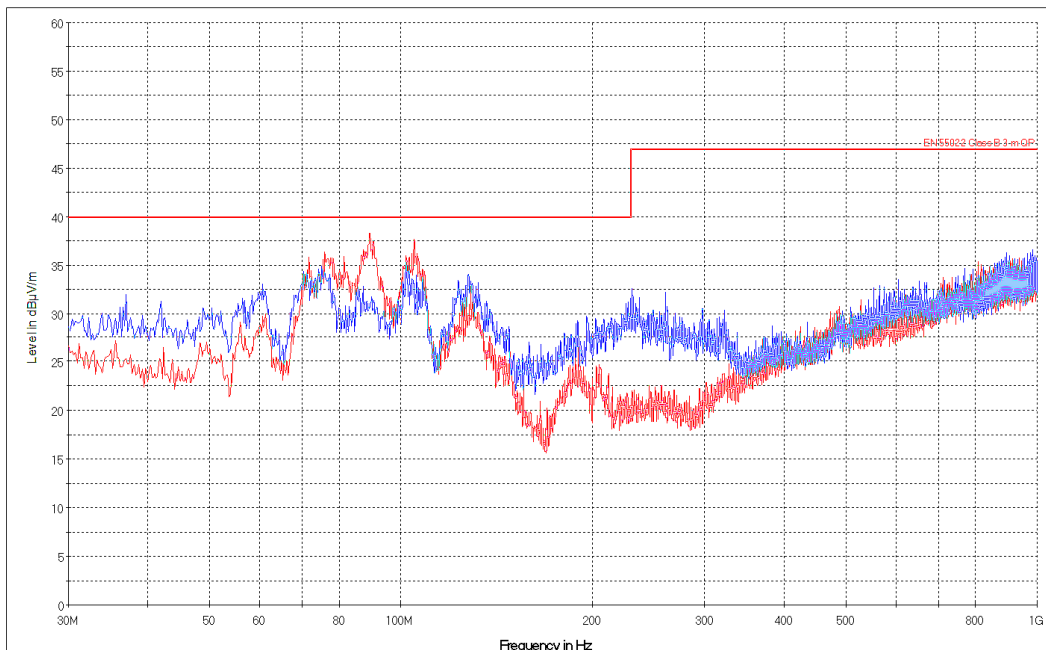
Kaavio 50. Teholähde H:n sähköverkkoon johtuvat mittaustulokset



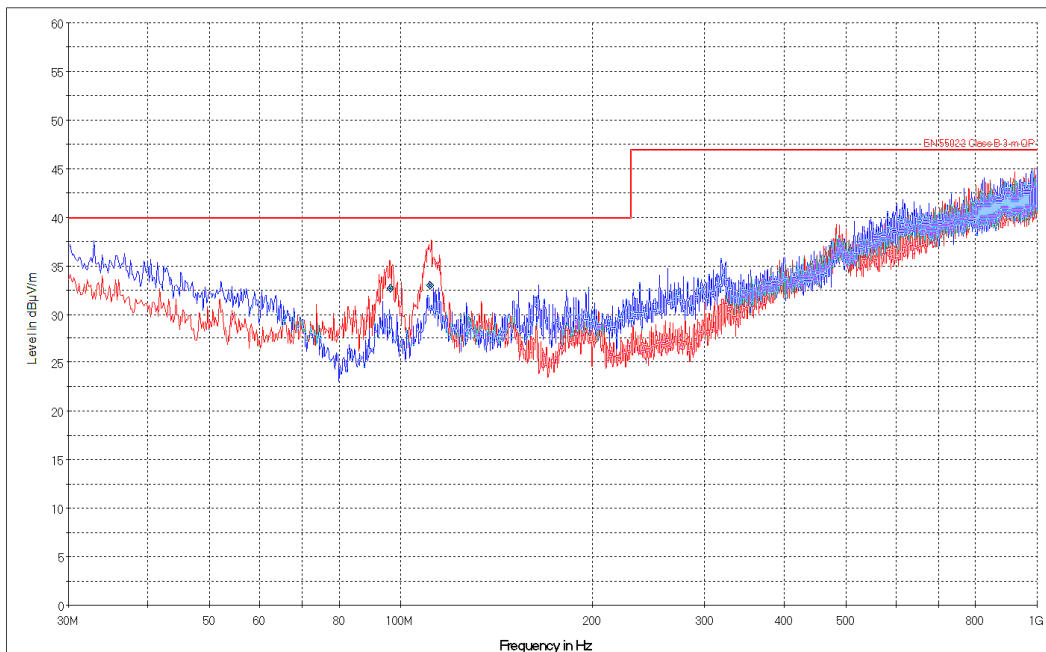
Kaavio 51. Teholähde A:n säteilykuvaaja.



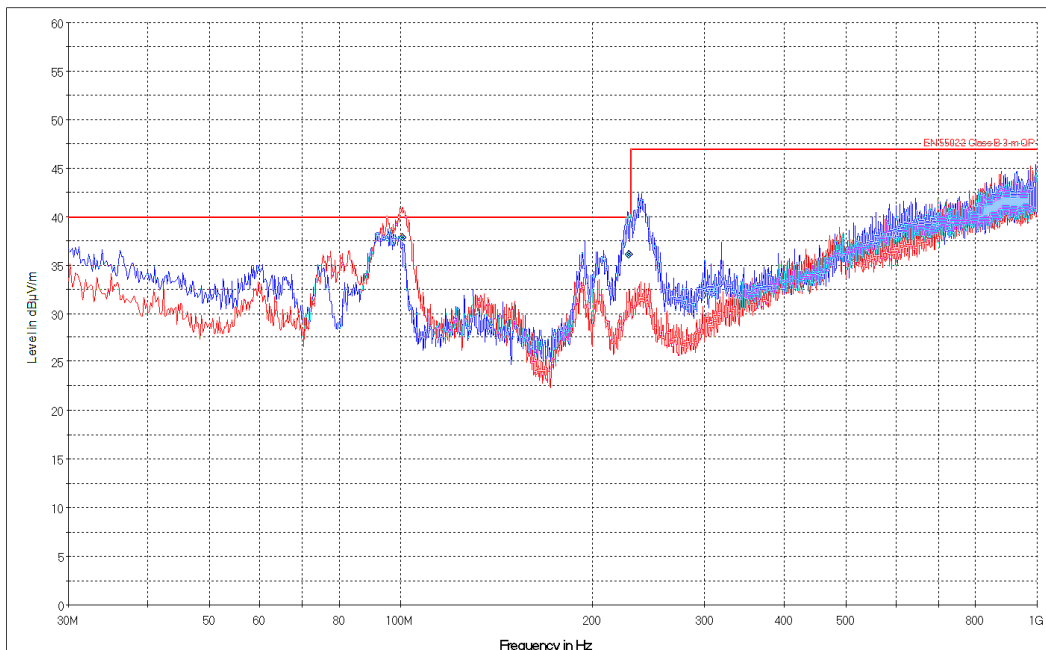
Kaavio 52. Teholähde B:n säteilykuvaaja



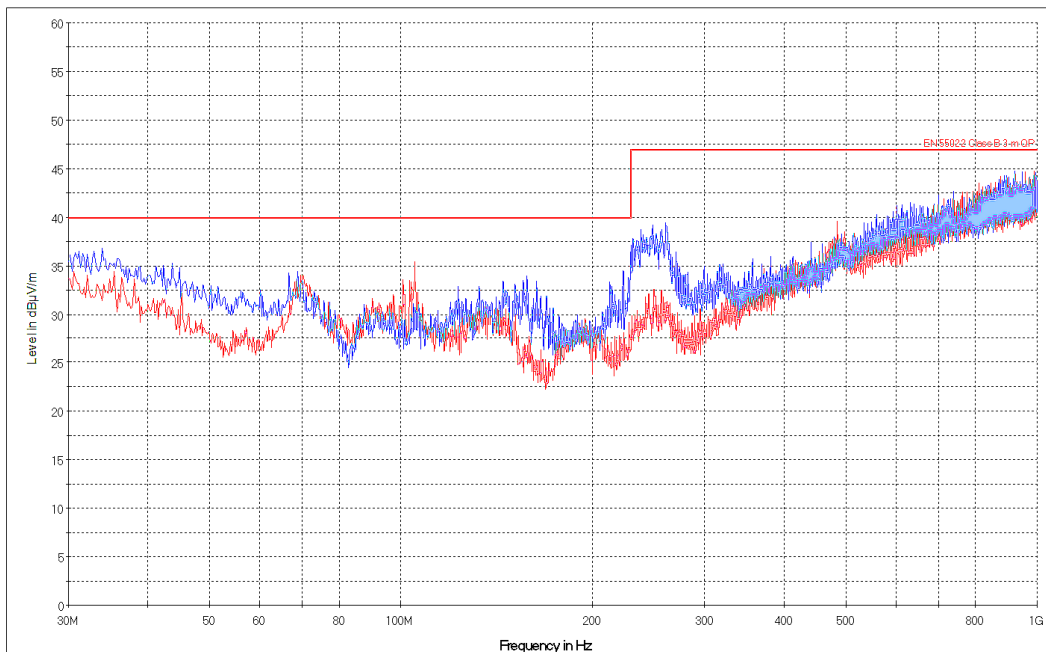
Kaavio 53. Teholähde C:n säteilykuvaaja.



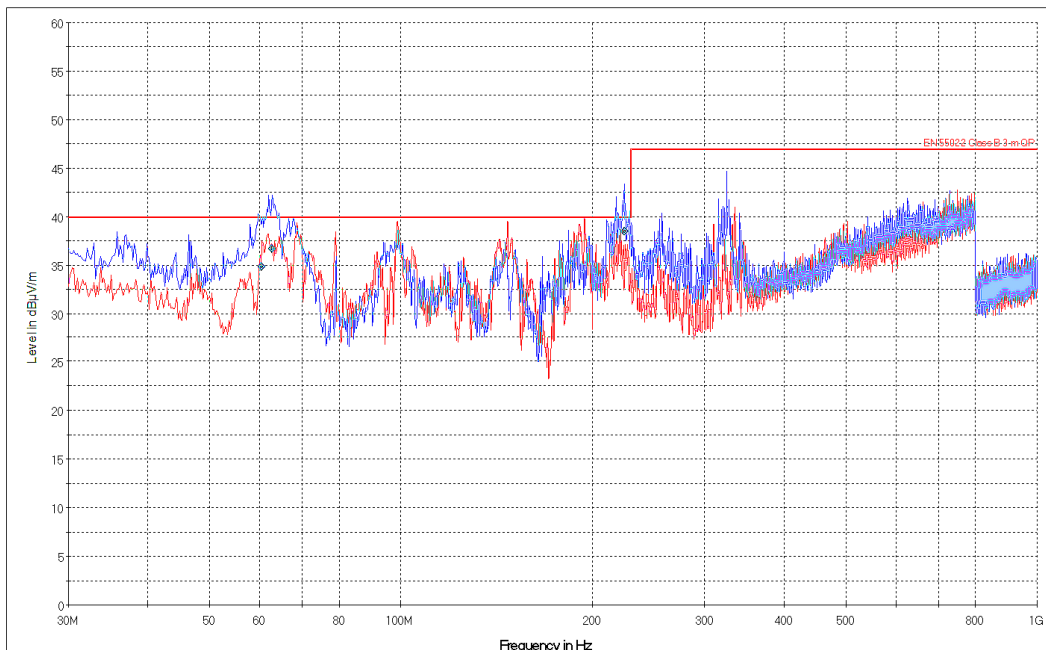
Kaavio 54. Teholähde D1:n säteilykuvaaja.



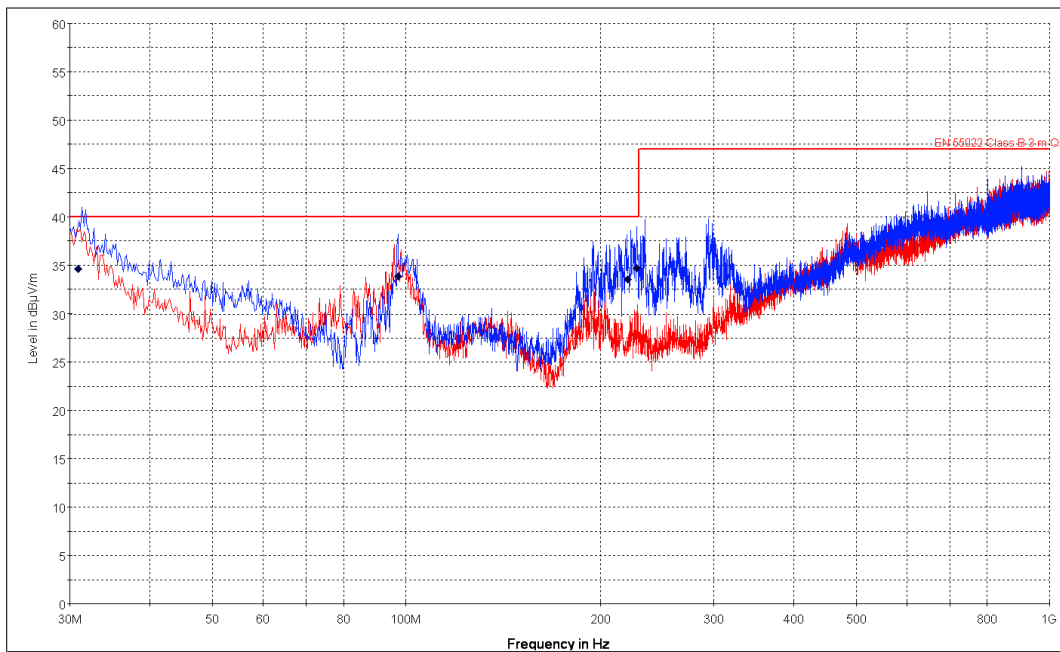
Kaavio 55. Teholähde D2:n säteilykuvaaja.



Kaavio 56. Teholähde E:n säteilykuvaaja



Kaavio 57. Teholähde F:n säteilykuvaaja.



Kaavio 58. Teholähde H:n säteilykuvaaja.