



MITTATEKNIIKAN KESKUS

Julkaisu J4/1998

**OPTISEN ALUEEN  
MITTAUS- JA KALIBROINTIKARTOITUS 1997**

**Kari Riski  
Seppo Nevalainen**

Helsinki 1998

MITTATEKNIIKAN KESKUS

Julkaisu J4/1998

Optisen alueen mittaus- ja kalibrointikartoitus 1997

Kari Riski  
Seppo Nevalainen

Helsinki 1998

## Johdanto

Metrologian neuvottelukunnan optisten suureiden asiantuntijatyöryhmä käynnisti 1997 kartoituksen, jonka tavoitteena oli kerätä ajankohtaista tietoa ja kehitystarvearvioita optisten suureiden mittauksista ja mittalaitteiden kalibroinneista teollisuudessa sekä testaus-, kalibrointi- ja tutkimuslaboratorioissa. Kartoitus tehtiin asiantuntijaryhmän laatimalla kyselytutkimuksella, jonka toimeenpani Mittatekniikan keskus. Tutkimuksen tulokset on koottu tähän julkaisuun.

Optiset mittausmenetelmät ovat jo nyt yleisessä käytössä tuotekehityksessä, tuotannossa ja tuotteiden tarkastuksessa. Esimerkkejä aloista, joissa näitä menetelmiä yleisesti hyödynnetään ovat tietoliikenne, kemia, terveydenhuolto, paperi- ja graafinen teollisuus, sekä puolijohteita, optisia ja optoelektronisia mittalaitteita valmistava teollisuus.

Kemian ja kliinisen mikrobiologian analyysilaitteiden toiminta perustuu usein optisiin mittausmenetelmiin. Monissa tapauksissa käyttäjän ei edes tarvitse tietää, että hänen automaattisen mittalaitteensa antama tulos perustuu valon ja tutkittavan kohteen vuorovaikutukseen. Toisena esimerkkinä optisten mittausmenetelmien sovellutuksesta ovat nopeasti yleistyneet valokuituja hyödyntävät tietoliikenneyhteydet.

Mittatekniikan keskuksen tehtävänä on toistuvien kartoitusten selvittää kulloinkin kohteeksi otetun metrologian alueen tilanne Suomessa. Kerättyjä tietoja käytetään hyväksi metrologian alan kehityssuunnitelmia laadittaessa ja metrologian kansallisia tutkimus- ja kehitysrahoja suunnattaessa.

## Sisällysluettelo

1. Kyselytutkimuksen kohderyhmä	1
2. Kyselytutkimuksen sisältö	1
2.1 Yleiset tiedot	1
2.2 Suurekohtaiset tiedot	1
3. Kyselytutkimuksen tulokset	2
3.1 Kerätty materiaali	2
3.2 Kysymysten 9 -14 vastausten tulkinnat	2
3.2.1 Mittaus- ja kalibrointipalvelujen käyttö	2
3.2.2 Palvelujen käytön motiivit	4
3.2.3 Mielipiteet palvelujen sijainnista	4
3.2.4 Testauksen tai kalibroinnin akkreditointi	4
3.2.5 Sertifioitu laatujärjestelmä	4
3.2.6 Suunnitelmia sertifiointiin suhteen	5
3.3 Yhteenveto kysymysten 9 - 14 vastauksista	5
3.4 Mittausalueita ja suureita koskevien vastausten käsittely	6
3.4.1 Suurekohtaisten vastausten tulkinnat	6
3.5 Kommentit kehittämistarpeista	7
4. Yhteenveto	8

## LIITTEET

- Liite 1 Kyselyssä käytetty tiedonkeräyslomake (2s)
- Liite 2 Kysymysten 9 - 14 vastauksista laaditut yhteenvetotaulukot 1a ja 1b
- Liite 3 Suurekohtaisten kysymysten (Osa II) vastausyhteenveto
- Liite 4 Kyselyllä saatujen kommenttien yhteenveto
- Liite 5 Sanasto, optiset suureet

# OPTISTEN MITTAUSTEN KALIBROINNIN TARVEKARTOITUS v. 1997

## 1. Kyselytutkimuksen kohderyhmä

Kyselyn ensisijaisena kohteena olivat yritykset ja laitokset, jotka ovat tekemisissä optisten suureiden mittaamisen kanssa (Yht. 236 kpl). Kyselyn jakelulista oli seuraava:

Akkreditoidut kalibrointi- ja testauslaboratoriot (n. 120 kpl)  
Optisten suureiden mittaustekniikkaa soveltavat yritykset sekä  
mittauslaitteita myyvät yritykset (n. 90 kpl)  
Optiikan tutkimuslaitokset (n. 15 kpl)  
Työsuojelupiirit (11 kpl).

Kysely tehtiin 15.10-15.11.1997 välisenä aikana. Vastauksia saatiin yhteensä 30. Vastanneista oli yrityksiä tai niiden laboratorioita 15 kpl. Saman verran oli valtion tai kuntien laboratorioita tai muita yksiköitä. Vastaajat jaettiin seuraaviin ryhmiin:

Teollisuusyritykset (T)	7
Palveluyritykset (P)	8
Testaus- ja kalibrointilaboratoriot (L)	10
Julkiset tutkimuslaitokset sekä yliopistot (V)	5

## 2. Kyselytutkimuksen sisältö

### 2.1 Yleiset tiedot

Kyselytutkimuksen ensimmäisessä osassa selvitettiin kohteina olevien yritysten tai itsenäisten valtion tai kuntien laboratorioiden käyttämiä kalibrointipalveluja, palvelun hankinnan motiiveja sekä tarjonnan sijainnin merkitystä. Lisäksi kysyttiin sitä, onko kohdeyritys tai laboratorio hankkinut testaus- tai kalibrointitoiminnalleen akkreditoinnin tai onko kohdeyrityksen laatujärjestelmä sertifioitu. Ensimmäisen osan vastaukset käsitellään kohdassa 3.2

### 2.2 Suurekohtaiset tiedot

Kyselyn toisessa osassa pyydettiin tietoja mittausalueittain, käyttäen jaotteluna fotometrisia, radiometrisia tai muita suureita. Jälkimmäiseen, muiden suureiden joukkoon luettiin mm. kuituoptiset ja värinmittaukseen liittyvät suureet. Toisen osan vastauksista on koottu yhteenveto kohtaan 3.4.

### 3. Kyselytutkimuksen tulokset

#### 3.1 Kerätty materiaali

Liitteen 1 mukaista kyselylomaketta käyttäen saatujen vastauksien yhteenvedot perustietojen osalta esitetään liitteen 2 taulukoissa 1a ja 1b. Tulokset on ryhmitelty edelläesitettyä toimialajakoa käyttäen. Ryhmittelyssä esitetyt lyhenteet T, P, L ja V on tilan säästämiseksi otettu käyttöön myös yhteenvedotaulukoissa. Suurekohtaisten kysymysten (Osa II Tiedustelu mittausalueittain) vastauksista laadittu yhteenvedo on esitetty liitteessä 3. Kyselyllä kerättyjen kommenttien yhteenvedo on koottu liitteeseen 4.

Kartoituksessa käytetyn lomakkeen (Liite 1) ensimmäisellä sivulla kysyttiin kohdissa 1 - 8 vastaajien yleistietoja, joiden nojalla em. vastaajien ryhmittely on tehty.

Kysymyksiä 9 -14 vastauksista on laadittu yhteenvedo (taulukossa 1a, liitteessä 2). Taulukon alla on toistettu lomakkeen kysymykset 9-14. Samat tiedot on vertailujen helpottamiseksi muunnettu prosentuaalisiksi taulukoon 1b.

#### 3.2 Kysymysten 9 -14 vastausten tulkinnat

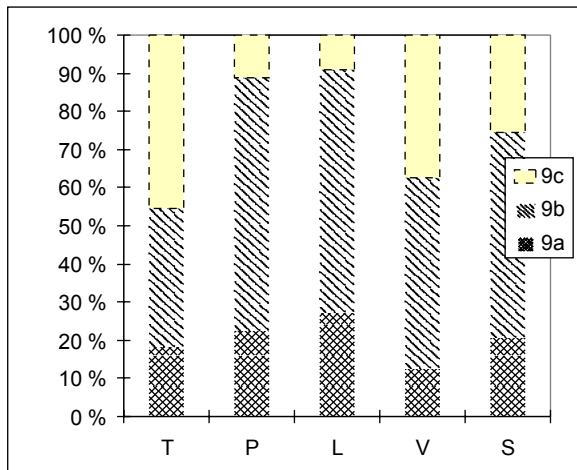
Vastauksista kootusta taulukosta 1b (liitteessä 2) on poimittu taustatiedot kuvan 1 mukaisesti pylväskuvioihin. Kukin kuvio on numeroitu kysymysten mukaan ja esittää vastauksia 9 - 14 kuvaavat vastaajien lukumäärätiedot graafisesti määriin verrannollisena suhteellisena pylväskorkeutena.

Esimerkiksi kysymykseen 9 saaduista vastauksista laadittu kuvio 'K9. Palvelut' esittää vastausten jakaumat vastaajaryhmittäin. Siinä esim. 'T'-pylväs osoittaa, että teollisuuden edustajista n. 18% ei ole käyttänyt kansallisen mittanormaallilaboratorion tai akkreditoitun laboratorion palveluksia lainkaan ja vastaavasti n. 36% on käyttänyt kotimaista palvelua ja n. 45% ulkomaista palvelua. Vastausten summista saatu pylväs (S) edustaa kaikissa kuvioissa keskimääräistä tasoa, johon ryhmiä voidaan myös erikseen verrata, sen lisäksi, että vertailu ryhmien välillä on S:n avulla helppoa. Vastaavat tiedot on nähtävissä lukumäärinä taulukossa 1a. Oheisessa yhteenvedossa esitetään lyhyet kysymyskohtaiset tulkinnat kaikista kysymyksiin 9-14 tulleista vastauksista.

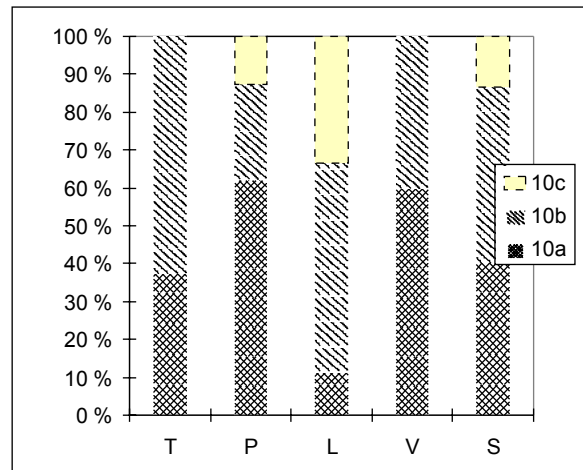
##### 3.2.1 Mittaus- ja kalibrintipalvelujen käyttö (K9)

Vastauksista nähdään, että teollisuus on käyttänyt ulkomaista kalibrintia eniten ja jopa kaksinkertaisen määrän keskiarvoon verrattuna. Palveluyritykset ja laboratoriot ovat taas merkittäviä kotimaisen palvelun käyttäjiä. Valtion yksiköt ovat lähinnä keskiarvoa, ja ryhmässä on vähiten sellaisia, jotka eivät ole käyttäneet ostettuja kalibrintipalveluja lainkaan. Laboratorioiden joukos-

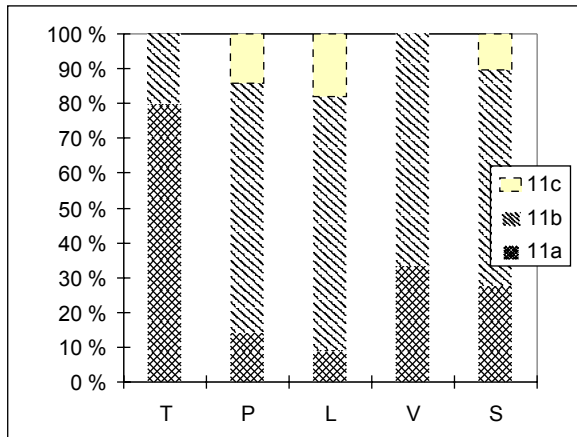
(/...s. 4)



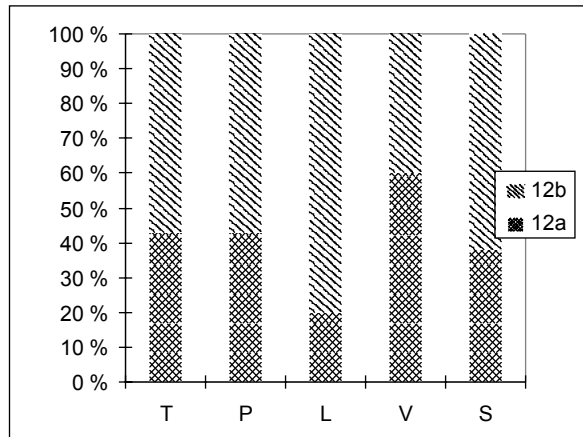
K9. Palvelut



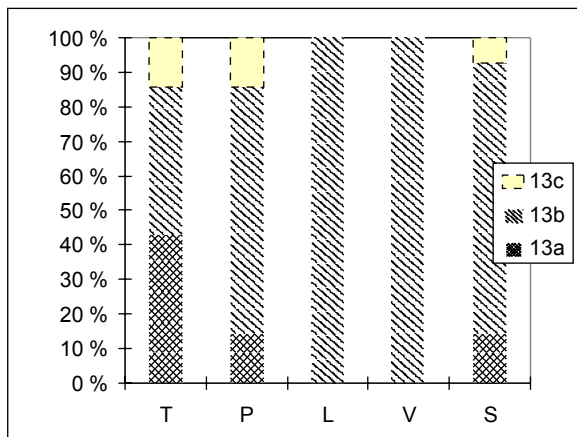
K10. Palvelun hankinnan motiivit



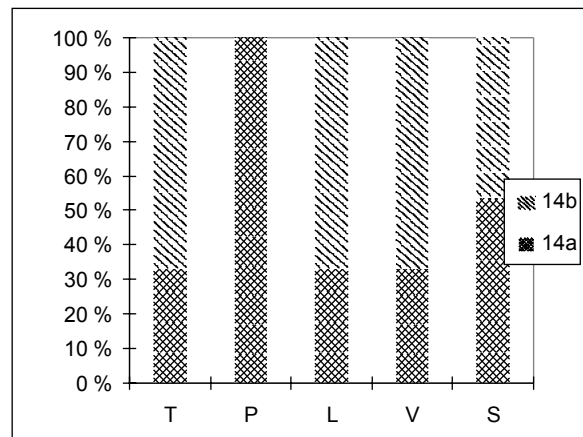
K11. Palvelun sijainnin merkitys



K12. Akkreditointi



K13. Sertifioitu laatu järjestelmä



K14. Sertifioinnin hankinta

Kuva 1 Kysymyksiin 9 - 14 tulleiden vastausten pylväskuviot

Kysymysten lyhennelmät:

9. Kalibrointipalvelujen käyttö: a) ei käytetty b) kyllä, kotimaisia c) Kyllä, ulkomaisia palv.
10. Ulkoisten palvelujen käytön motiivit: a) yl. mittaustarkk. parantaminen, b) stand. vaatimus c) muut syyt
11. Palvelujen sijainti: a) voivat olla missä tahansa b) saatava kotimaasta c) saatava omalta paikkakunnalta
12. Onko testauksen tai kalibroinnin akkreditointia: a) on b) ei
13. Onko yrit. käytössä sertifioitu laatu järjestelmä a) on b) ei c) muu laatu järj. tai hyväksyntä
14. Kuuluuko sertifiointi lähivuosisen suunnitelmiin a) kyllä b) ei

sa oli yllättäen yli neljäsosa sellaisia, jotka eivät olleet käyttäneet ulkoisia palveluja ollenkaan. Koska vastausten summa ylittää tässä kaikkien vastaajien määrän, useat olivat käyttäneet hyväkseen sekä kotimaista että ulkomaista kalibrointipalvelua.

### 3.2.2 Mittaus- ja kalibrointipalvelujen käytön motiivit (K10)

Kysymykseen 10 tulleiden vastausten perusteella teollisuuden kalibrointipalvelujen hankinnan motiivit ovat enimmäkseen laatujärjestelmän käyttöönoton mukana tulleita, samoin laboratorioilla, mutta palvelujen ja valtion sektorilla yleiset syyt, kuten mittausten luotettavuuden parantaminen ovat enemmistönä. Laboratoriot ovat esittäneet myös muutamia muita syitä, kuten 'huollon vaatimus', jotka kuitenkin liittyvät laatujärjestelmän vaatimusten kautta jonkin oman sektorin toimintaan. Keskimääräisesti yleinen mittaustarkkuuden parantaminen ja laatujärjestelmän asettamat vaatimukset ovat samalla tasolla.

### 3.2.3 Mielipiteet palvelun sijainnista (K11)

Kysymyksessä tiedusteltiin vastaajan käsitystä siitä, mikä merkitys on vastaajalle kalibrointipalvelun sijainnilla, vaihtoehtojen ollessa: a) ei ole väliä mistä palvelu saadaan, tai b) se on saatava kotimaasta, tai jopa c) omasta lähipiiristä. Odotetusti suurin osa kannattaa kotimaista palvelua, mutta teollisuuden edustajista vain 20% pitää kotimaista palvelua välttämättömänä. Toisaalta laboratorioista yli 90 % vaati palvelun saantia kotimaasta ja n. 20% vielä omalta paikkakunnalta. Vain yksi kymmenestä vastaajasta keskimäärin pitää palvelun saantia omalta kotipaikkakunnalta välttämättömänä.

### 3.2.4 Testauksen tai kalibroinnin akkreditointi (K12)

Akkreditointi oli keskimäärin 40%:lla vastaajista. Eniten oli akkreditointeja ryhmässä (V) ja vähiten ryhmässä (L), mutta vastaajien kokonaismäärä oli ryhmässä V kovin pieni (yhteensä 5 vastausta). Kartoituksen koko kohdejoukossa akkreditointi testauksen tai kalibroinnin akkreditointi oli n. 50 %:lla.

### 3.2.5 Sertifioitu laatujärjestelmä (K13)

Keskimäärin joka kuudennella vastaajista oli jo sertifiointi ja se oli harkinnan alla muutamalla vastaajalla. Laboratorioilla tai valtion isommilla yksiköillä ei sertifiointia ollut, mutta teollisuudesta yli puolet oli sertifioijan tai muun kolmannen osapuolen lausunnon pätevydestään ja laatujärjestelmän toimivuudesta jo hankkinut. Myös palvelusektorin puolella, samoin kuin teollisuudessa, oli sertifiointiin kaltaisia kolmannen osapuolen antamia hyväksyntöjä hankittu tai standardin mukaisen laatujärjestelmän kehitystä vaativia toimenpiteitä tehty.

### 3.2.6 Suunnitelmia sertifiointin suhteen (K14)

Kaikki palvelusektorin vastaajat lupasivat tavoitella sertifiointia, mutta tähän kysymykseen antoi vastauksensa vain puolet kaikista. Kaikkiaan 'en osaa sanoa' oli yleisin vastaus kysymykseen. Keskimäärin puolet vastauksista osoitti kuitenkin sertifiointin olevan lähiajan tavoitteena.

### 3.3 Yhteenveto kysymysten 9 - 14 vastauksista ja arvio tulosten luotettavuudesta

Muutamissa edellisissä kohdissa viitattiin jo siihen, että vastaajien kokonaislukumäärän ollessa pieni, kovin pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei voida tehdä. Useat vastaajat jättivät kannanottonsa täysin avoimeksi joihinkin kysymyksiin, mutta vastasivat toisaalta joihinkin tarkemmin ja myös selventäviä kommentteja antaen. Pienestä joukosta johtuen myös mainittujen 'en osaa sanoa'-vastauksien määrä heikentää tuloksia. Toisaalta vastaajilla on arvion mukaan kuitenkin käytössään likimain puolet koko alan laitekannasta, joten mielipiteillä on painoarvoa, jos ajatellaan kalibroinnin kehityksen suuntaamista suurelueittain (kts. luku 3.4.1 s. 6). Tulostilastoista laskettuja keskimääräisiä arvoja käyttäen voidaan esittää seuraava yhteenveto:

#### K9 Mittaus- ja kalibrointipalvelujen käyttö:

Ei ole käyttänyt lainkaan	20 %
On käyttänyt kotimaisia	54 %*
On käyttänyt ulkomaisia	26 %*

\* n 15% oli käyttänyt molempia mahdollisuuksia

#### K10 Palvelun motiivit

Yleiset syyt, mittauksien luotettavuuden parantaminen jne.	40 %
Standardin mukaisen laatujärjestelmän käyttöönotto	47 %
Muita syitä, ulkoisia tai sisäisiä	13 %

#### K11 Palvelun sijainti

Palvelun sijainnilla ei merkitystä	28 %
Saatava kotimaasta	62 %
Saatava omalta paikkakunnalta	10 %

#### K12 Akkreditointi joko testeille tai kalibroinnille

On käytössä vastaajalla	38 %
Ei ole	62 %

#### K13 Sertifioitu laatujärjestelmä

On käytössä vastaajalla	14 %
Ei ole käytössä	79 %
Muu järjestelmä tai hyväksyntä	7 %

## K14 Suunnitelmia sertifiointin suhteen

Harkitaan toteutusta lähitulevaisuudessa	54 %
Ei suunnitelmia	46 %

## 3.4 Mittausalueita ja suureita koskevien vastausten käsittely

Liitteen 1 lomakkeen jälkimmäisen osan kysymykset on jaettu kolmeen lohkoon 1) fotometrian, 2) radiometrian ja 3) muiden mittausmenetelmien käyttöä koskevat kysymysalueet. Vastaajilta pyydettiin tietoja kullekin alueelle tyypillisten optisten suureiden mittauksista. Ensimmäiseksi pyydettiin antamaan yleisimpien mitattavien suureiden aallonpituusalueet ultraviolettia (sarake b), näkyvä valo (c), infrapunasäteily (d), sekä vastaajaa pyydettiin esittämään tietoja yhteisönsä käyttämien optisen alueen mittalaitteiden lukumäärästä (e). Seuraavaksi tiedusteltiin vastaavien kohteiden kalibrointipalvelun tekijää (tehdään itse / ostetaan ulkoa / ei tehdä kalibrointia lainkaan), sekä pyydettiin esittämään arvio ko. mittaustoiminnan volyymin muutoksista tulevaisuudessa (laskeva / ennallaan / nouseva). Lopuksi pyydettiin vastaajaa arvioimaan omalta kannaltaan tärkeimpiä optisen alueen kansallisten mittauspalvelujen (mittanormaali- ja kalibrointitoiminta) teknillisiä tai muita kehittämistarpeita.

Vastauksista laadittu yhteenveto esitetään liitteessä 3.

## 3.4.1 Suurekohtaisten vastausten tulkinnot

Liitteen 3 mukaan erilaisia kysymyskohtia on yhteensä 18, joista kohtiin 3 (valovirta), 9 (säteily-emissiivisyys) ja 10 (värilämpötila) ei annettu lainkaan numeerisia tietoja tai kommentteja.

Aallonpituusalueet, laitelukumäärätiedot, kokonaislukumäärien arvioita

Vastausten mukaan sekä ultraviolettia että näkyvää valoa käyttävien vastaajien määrä oli sama (27). Infrapuna-alueella oli laitteita yhteensä 13:lla vastaajalla. Kyselyn nojalla saatu kokonaisarvio mittalaitteiden lukumäärästä oli n. 900 kpl (sarake: e). Luku sisältää myös laitemaahantuojan varaston (yht. n. 350 kpl), eli edelliset pois laskien aktiivikäytössä olevia laitteita on kohteilla tämän mukaan n. 550 kpl. Jos keskimääräinen laitemäärä on käyttäjää kohti n. 3 kpl ja käyttäjien kokonaismäärä on n. 300 kpl, saadaan Suomessa käytössä olevien optisen alueen mittalaitteiden lukumääräksi n. 1000 kpl. Kun kyselyyn vastanneiden (30 kpl) osuus koko arvioidusta käyttäjäjoukosta on n. 10 %, vastaajien ilmoittama käytössä olevien laitteiden lukumäärä n. 550 kpl kuitenkin edustanee likimain puolta koko käytössä olevasta laitemäärästä.

Eri suureiden mittauslaitteiden lukumäärästä voidaan tietojen valossa todeta, että optisen aallonpituuden mittalaitteita on eniten, seuraavat ovat optisen tehon mittarit ja erityisesti valokuidun signaalin siirto-ominaisuuksien analysointiin tarkoitetut mittavälineet. Tämä arvio koskee siis vain nimettyjen suureiden mittareita.

Kalibrointitietoja

Kalibroinnista (sarakkeet f - h) kysyttiin tietoja kalibrointipalvelun tarjoajasta. Vastaajan tuli antaa jakaumatietoja ko. suureryhmän osalta siitä, onko kalibroijana oma organisaatio, ulkopuolinen palvelun tarjoaja tai pidetäänkö kalibrointia tarpeettomana. Yhteenvetoa koottaessa on tiedot yhdistetty siten, että eri suureiden kohdalle saadut merkinnät on laskettu yhteen. Täten esimerkiksi rivillä 5, (optisen tehon mittausta) esitetty tieto on tulkittava: ostetaan kalibrointi ulkoa 6:ssa tapauksessa ja tehdään itse 3:ssa tapauksessa.

Nähdään, että ulkopuolinen kalibrointi on ollut tarjolla yhdelletoista suureelle, vaikka kaikkia mahdollisuuksia ei oltukaan käytetty. Vastaavasti kuudelle suureelle löytyy omia menetelmiä ja sopivia mittanormaaleja, jotta kalibrointi onnistuisi omana toimenpiteenä. Summaluvut osoittavat, että likimain kolme viidestä hankkii palvelun ulkoa. Luvuissa on myös päällekkäisyyksiä, koska kalibrointi tehdään monissa tapauksissa itse, mutta hankitaan vertailujen vuoksi samalle kohteelle joskus myös ulkoa. Todettakoon, että kukaan vastaajista ei pitänyt kalibrointia tarpeettomana.

#### Kehityksen suunnan arvioita

Sarakkeeseen (i) on koottu tietoja vastaajien mielipiteistä, kun kysyttiin arvioita kyseisen suureen mittaustarpeen tulevasta kehittymisestä käyttäen mittauksia, kalibrointien lukumääriä tai muuta kriteeriä pohjana. Mielipiteet menivät esim. valaistusvoimakkuuden osalta siten, että kaksi vastaajaa toteaa tilanteen säilyvän ennallaan, yksi arvelee kehityksen menevän ylöspäin ja yksi laskevan. Kasvualueita näyttäisivät olevan optinen teho, spektrinen irradianssi, detektorin lineaarisuus, optinen aallonpituus (3+), kuituoptiset mittaukset yleensä ja värinmittaukset. Ennallaan säilynee valaistusvoimakkuus, valovoima ja spektrinen herkkyys. Luminanssille on epäilty taantumista.

Sarakkeeseen (j) on koottu viitteet taulukon alla esitettyihin huomautuksiin.

### 3.5 Kommentit kehittämistarpeista

Lomakkeeseen oli vastaajalle varattu tila esittää sanallinen arvio ja oma käsitys tärkeimmistä kehittämistarpeista optisen alueen mittanormaalityöinnässä. Tämän kohdan vastauksista on koottu yhteenveto liitteeseen 4.

Moni vastaaja on maininnut optisen kuidun, mikä esiintyy joka toisessa yhteensä 12:sta saadusta kommentista. Liittyen valokuidun mittalaitteiden kalibrointeihin esitettiin useita toivomuksia mm. tietoverkkojen valokuiduille kehitettyjen mittalaitteiden kalibroinnin kehittämisestä.

Muita toivomuksia esitettiin mm. uv-mittanormaalien vertailumittauksen järjestämisestä, kliinisen kemian automaattisten (optisten) analysaattorien liuossarjojen kehittämisestä sekä fotometrien ja isotooppilaskurien kalibrointien kehittämisestä.

#### 4. Kyselytutkimuksen yhteenveto

Kyselyyn vastasi 30 yritystä, joten vastaajia oli n. 13 % kyselyyn osallistuneista. Alhainen vastausprosentti aiheutunee seuraavista tekijöistä. Kysely lähetettiin kaikille kalibrointi- ja testauslaboratorioille. Vain harvat näistä laboratorioista mittaavat optisia suureita. Lisäksi kysely lähetettiin kaikille yrityksille, joiden oletettiin olevan tekemisissä optisen mittaustekniikan kanssa. Alhaiseen vastausprosenttiin saattaa vaikuttaa myös se, että optisten suureiden kalibrointipalveluja ei Suomessa ole ollut saatavilla. Tästä poikkeuksena ovat kansallisen mittanormaalilaboratorion (TKK Mittaustekniikan laboratorio) kalibrointipalvelut tärkeimmille optisille suureille ja VTT Automaation tarjoamat valaistustekniset testauspalvelut.

Kyselyn ensimmäinen osa koski kalibrointipalvelujen käyttöä ja laatu järjestelmiä. Tulokset osoittavat, että suurin osa vastaajista käytti akkreditoituja kalibrointipalveluita (tältä osin kysely koski kaikkia suureita). Lisäksi suurin osa (21 kpl) halusi palvelut Suomesta. Yli kolmasosa vastaajista (11 kpl) oli akkreditoitu. Laatu järjestelmän sertifiointi oli neljällä vastaajilla ja sertifiointi lähitulevaisuudessa kuului seitsemän vastaajaan suunnitelmiin.

Kyselyn toisessa osassa kysyttiin tietoja optisten suureiden mittaamisesta. Tulosten jakautuminen eri aallonpituusalueille oli seuraava: uv - alue 27 käyttäjää, näkyvä alue 27 käyttäjää ja ir - alue 13 käyttäjää. Yllättävintä tuloksissa on uv - alueen tarvitsijoiden suuri määrä.

Vastauksia saatiin kaikkiaan 15 suureelle. Ainoastaan valovirta, säteilyemissiivisyys ja värilämpötila jäivät ilman vastauksia. Tärkeimpiä suureita olivat valaistusvoimakkuus, valovoima, optinen aallonpituus, optinen teho, transmittanssi ja detektorien lineaarisuus. Käytössä olevia mittalaitteita oli eniten seuraaville suureille: optinen aallonpituus (260 kpl), optinen teho (137 kpl), reflektanssi (25 kpl), transmittanssi (23 kpl), valaistusvoimakkuus (21 kpl) ja kuituoptiset mittaukset (43 kpl). Muille suureille mittalaitteiden lukumäärä oli alle kymmenen suuretta kohti.

Lisäksi kysyttiin kehitysennusteita eri suureille. Suurimmalla osalle ennustettiin kasvua. Erot eri suureiden välillä jäivät kuitenkin vähäisiksi. Kyselyssä ei kartoitettu kalibroinneilta tarvittavaa mittaustarkkuutta, eikä tarkkoja aallonpituusalueita.

On otaksuttavissa, että optisten suureiden kalibrointitarve on kasvamassa mm. optisen tiedonsiirtotekniikan alueella. Optisia mittausten menetelmiä käytetään myös monissa muissa sovellutuksissa. Niiden kalibrointitarve on vielä melko vähäistä, mutta se saattaa kasvaa lähitulevaisuudessa. Tähän kehitykseen tulee varautua.

Kyselyn tulokset osoittavat, että kalibrointipalveluja tarvitaan lähes kaikille kysytyille suureille. Lisäksi palvelujen tulisi kattaa näkyvä alue, uv - alue ja ir - alue. Riittävien kalibrointipalvelujen saamiseksi Suomessa tulisi olla optisten suureiden kalibrointivalmiuksia.

## OPTISEN ALUEEN MITTAUS- JA KALIBROINTIKARTOITUS 1997

## I PERUSTIEDOT

1. Yrityksen tai laitoksen nimi: \_\_\_\_\_
2. Osoite: \_\_\_\_\_
3. Puhelinnumero: \_\_\_\_\_ Telefax: \_\_\_\_\_
4. Vastaajan asema ja nimi: \_\_\_\_\_
5. Toimiala: \_\_\_\_\_
6. Päätuotteet: \_\_\_\_\_
7. Liikevaihto 1996: \_\_\_\_\_
8. Viennin osuus liikevaihdosta: \_\_\_\_\_

9. Onko yrityksenne käyttänyt kansallisten mittanormaallaboratorioitten tai akkreditoitujen kalibrointilaboratorioiden mittaus- tai kalibrointipalveluja?

- a. Ei
- b. Kyllä, kotimaista Arvio palvelutasosta: \_\_\_\_\_
- c. Kyllä, ulkomaista Arvio palvelutasosta: \_\_\_\_\_

10. Jos yrityksenne on käyttänyt kansallisten mittanormaallaboratorioitten tai akkreditoitujen kalibrointilaboratorioiden mittaus- tai kalibrointipalvelua, onko syynä ollut:

- a. Yleinen mittauksen luotettavuuden parantaminen
- b. Standardinmukaisen laatujärjestelmän käyttöönotto
- c. Muu syy, mikä? \_\_\_\_\_

11. Mikä merkitys on kalibrointi- tai mittauspalveluiden sijainnilla?

- a. Palvelut voivat olla missä tahansa, myös ulkomailla
- b. Palvelut saatava kotimaasta
- c. Palvelut saatava omalta paikkakunnalta tai talousalueelta

12. Onko yrityksellä testaus/kalibrointi akkreditointi?

13. Onko yrityksessänne käytössä sertifioitu laatujärjestelmä?

- a. On; sertifioija: \_\_\_\_\_
- b. Ei; koska \_\_\_\_\_
- c. Muu laatujärjestelmä/hyväksyntä \_\_\_\_\_

14. Mikäli yrityksessänne ei ole sertifioitua laatujärjestelmää, kuuluuko se lähivuosien suunnitelmiin?

- a. Kyllä; noin \_\_\_\_\_ vuoden kuluessa
- b. Ei, koska \_\_\_\_\_

15. Muita mielipiteitä:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Haluan tietoja optiikan kalibrointipalveluista

## II TIEDUSTELU MITTAUSALUEITTAIN

Tiedustelussa kartoitetaan sellaista mittaus- ja kalibrointitoimintaa, jolle on olemassa nyt tai tulevaisuudessa jonkinlaisia tarkkuus- tai luotettavuusvaatimuksia. Pyydämme merkitsemään oheisiin taulukoihin seuraavat tiedot teidän nykyisistä ja lähivuosien mittaustarpeistanne ja mittausvälineistänne:

MITTAUSSUURE	SUUREEN MITTAUS- ALUE JA/TAI AALLONPITUUSALUE (UV-VIS-IR)	MITTA- LAITTEI- DEN MÄÄRÄ SUURE	KALIBROINTITAPA (%-osuus) itse / ulkoa / ei tarpeen	KEHITYS- ENNUSTE MITTAUS- TARPEESTA - = +
<b>1) Fotometria</b>				
Valovoima				
Valaistusvoimakkuus				
Valovirta				
Luminanssi				
<b>2) Radiometria</b>				
Optinen teho				
Spektrinen radianssi				
Spektrinen irradianssi				
Säteilyenergia				
Säteilyemissiivisyys				
Väriämpötila				
Transmittanssi				
Reflektanssi				
Spektrinen herkkyys				
Detektorin lineaarisuus				
Optinen aallonpituus				
<b>3) Muut</b>				
Kuituoptiset mittaukset				
Värimittaukset				
<b>4) Muu suure, mikä?</b>				

Mitkä olisivat kannaltanne tärkeimmät teknilliset ja muut kehittämistarpeet optisen alueen kansallisessa mittanormaalityössä?

---



---



---



---

**Palautusosoite: Mittatekniikan keskus, PL 239, 00181 Helsinki tai Fax 09-6167 467**

**Taulukko 1a.** Kysymysten 9 - 14 vastausyhteenvedo

Kysymys	T	P	L	V	Σ	Huomautukset (H1), lisätiedot (lukumäärä)
9a	2	2	3 <sup>1</sup>	1	8	<sup>1</sup> ) Ei optisella alueella (1)
9b	4	6	7	4	21	Arviot palveluista: hyvä (12 kpl), tyydyttävä (3 kpl)
9c	5 <sup>1</sup>	1	1	3 <sup>2</sup>	10	Arvioita yleensä kalibr. palveluista: <sup>1</sup> ) hyvä (5 kpl), <sup>2</sup> ) kallis (1 kpl), hidas, mutta luotettava (1 kpl)
10a	3	5	1	3	12	
10b	5	2	5	2	14	
10c	-	1 <sup>2</sup>	3 <sup>1</sup>	-	4	<sup>1</sup> ) Syynä laadunvarmistus (2 kpl), huolto (1 kpl), <sup>2</sup> ) kalibroinnit asiakkaalle (1 kpl)
11a	4 <sup>1</sup>	1	1	2	8	<sup>1</sup> )Palvelun sijainnilla ei ole merkitystä, mutta tärkeintä on kalibroinnin kesto, eli kauanko laite on poissa käytöstä
11b	1	5	8	4	18	
11c	-	1	2	-	3	
12a	3	3	2	3 <sup>1</sup>	11	<sup>1</sup> ) joukossa myös yksi kansallinen mittanormaallaboratorio
12b	4 <sup>1</sup>	4 <sup>1</sup>	8	2	18	<sup>1</sup> ) sekä testauksen että kalibroinnin akkreditoiteja
13a	3 <sup>1</sup>	1	-	-	4	<sup>1</sup> ) sertifiointeja dNV (1 kpl), Lloyd's (2 kpl)
13b	3 <sup>2</sup>	5	9	5 <sup>4</sup>	22	<sup>2</sup> ) akkreditointi katsotaan riittäväksi, <sup>4</sup> ) on akkred. + KML (1 kpl)
13c	1 <sup>3</sup>	1 <sup>5</sup>	-	-	2	<sup>3</sup> ) JAR 145, FAR 145 (1 kpl), <sup>5</sup> ) MB-palkintokriteerit (1)
14a	1	4	1	1	7	Kts. (H2)
14b	2	-	2	2	6	

**Selitykset, huomautukset**

(H1): Sarakkeissa T, P, L, V ja Σ (= rivisumma) ovat kysymysosioihin tulleiden vastausten lukumäärät  
T = valm. teollisuus, P = palvelut, L = laboratoriot, V = valtion laitoksia, kts. tekstiä, kappale 1.

(H2): Koska vaihtoehdot eivät yleensä olleet poissulkevia (erit. kys. 9), vastausten summat kohdittain eivät ole samat kuin vastaajien lukumäärä. "En osaa sanoa" -vastauksia oli eniten kysymykseen 14

**Kysymykset vaihtoehtoineen**

**9.** Onko yrityksenne käyttänyt kansallisten mittanormaallaboratorioitten tai akkreditoitujen kalibrointilaboratorioiden mittaus- tai kalibrointipalveluja?

a. Ei b. Kyllä, kotimaista c. Kyllä, ulkomaista

**10.** Jos yrityksenne on käyttänyt kansallisten mittanormaallaboratorioitten tai akkreditoitujen kalibrointilaboratorioiden mittaus- tai kalibrointipalvelua, onko syynä ollut:

a. Yleinen mittaustarkkuuden luotettavuuden parantaminen  
b. Standardinmukaisen laatujärjestelmän käyttöönotto  
c. Muu syy (mikä)

**11.** Mikä merkitys on kalibrointi- tai mittauspalveluiden sijainnilla?

a. Palvelut voivat olla missä tahansa, myös ulkomailla  
b. Palvelut saatava kotimaasta  
c. Palvelut saatava omalta paikkakunnalta tai talousalueelta

**12.** Onko yrityksellä testaus/kalibrointi akkreditointi?

a. On b. Ei

**13.** Onko yrityksessänne käytössä sertifioitu laatujärjestelmä?

a. On; sertifioija  
b. Ei  
c. Muu laatujärjestelmä / hyväksyntä

**14.** Mikäli yrityksessänne ei ole sertifioitua laatujärjestelmää, kuuluuko se lähivuosien suunnitelmiin?

a. Kyllä; noin vuoden kuluessa  
b. Ei (+ kommentteja)

**Taulukko 1b** Kysymysten 9 - 14 vastausyhteenvedo suhteellisina arvoina

Kysymys	T	P	L	V	S
9a	18 %	22 %	27 %	13 %	20 %
9b	36 %	67 %	64 %	50 %	54 %
9c	45 %	11 %	9 %	38 %	26 %
10a	38 %	63 %	11 %	60 %	40 %
10b	63 %	25 %	56 %	40 %	47 %
10c	0 %	13 %	33 %	0 %	13 %
11a	80 %	14 %	9 %	33 %	28 %
11b	20 %	71 %	73 %	67 %	62 %
11c	0 %	14 %	18 %	0 %	10 %
12a	43 %	43 %	20 %	60 %	38 %
12b	57 %	57 %	80 %	40 %	62 %
13a	43 %	14 %	0 %	0 %	14 %
13b	43 %	71 %	100 %	100 %	79 %
13c	14 %	14 %	0 %	0 %	7 %
14a	33 %	100 %	33 %	33 %	54 %
14b	67 %	0 %	67 %	67 %	46 %

Huom.:

Sarake S ilmaisee vaakarivin tulosten keskiarvoja

**Taulukko: Suurekohtaisten vastausten yhteenveto**

	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>	<b>f</b>	<b>g</b>	<b>h</b>	<b>i</b>	<b>j</b>
<b>Suure</b>	<b>#</b>	<b>UV</b>	<b>VIS.</b>	<b>IR.</b>	<b>Mittalaitt. Lukum.</b>	<b>Kal. Itse</b>	<b>Kalibr. Ostetaan Ulkoa</b>	<b>Ei kalib- rointia</b>	<b>Keh.ennuste (-) laskeva (+) nouseva (=) ei muut.</b>	<b>Huom.</b>
Valovoima	1	4	3	0	7(+50)	1	2		1=	1)
Valaistusvoimakkuus	2	5	5	1	21	3	5		2=, 1+, 1-	
Valovirta	3	0	0	0	0	0	0			
Luminanssi	4	1	2	0	7	0	0		1=, 1-	
Optinen teho	5	2	2	2	137	3	6		1=, 2+	2)
Spektrinen radianssi	6	0	1	1	2	0	0			
Spektrinen irradianssi	7	2	1	0	6	0	0		1=, 2+	
Säteilyenergia	8	1	1	1	2	0	0			
Säteily-emissiivisyys.	9	0	0	0	0	0	0			
Värlämpötila	10	0	0	0	0	0	0			
Transmittanssi	11	2	3	0	23	2	2		1=, 1+	
Reflektanssi	12	2	1	1	25(+150)	2	3		1=, 1+	3)
Spektrinen herkkyys	13	2	1	1	9	0	2		2=	
Detektorin lineaarisuus	14	2	3	3	7	3	2		2=, 2+	
Optinen aallonpituus	15	2	2	1	260	4	3		3+	4)
Kuituoptiset mittaukset	16	1	1	2	16	2	2		1=, 2+	
Värimittaukset	17	0	1	0	2(+150)	0	1		1=, 2+	5)
Muut: 6)-	18	1	0	0	27	0	2		1=	6)
<b>Summat</b>		<b>27</b>	<b>27</b>	<b>13</b>	<b>551(+350)</b>	<b>20</b>	<b>30</b>			

**Selitykset:**

- 1) Laitemaahantuojaan ilmoituksen mukaan fotometrisiä mittalaitteita (valovoima, valaistusvoimakkuus, luminanssi) on varastossa yhteensä n. 50 kpl (lisätty tämä loppusummaan)
- 2) Yksi käyttäjä oli ilmoittanut yhteensä 120 laitetta (alueella 800 - 1600 nm).
- 3) Maahantuojaan varasto on n. 150 kpl (kts. 1)
- 4) Kuituoptiikan tarpeisiin on yhdellä käyttäjällä n. 250 mittalaitetta
- 5) Maahantuojaan varasto on n. 150 kp (kts. 1)
- 6) Kuituoptinen TDR (OTDR -mittaukset), pulssimittaukset, kuidun pituus ja vaimennus

Vastaajien esittämiä toivomuksia ja mielipiteitä optisen alueen mittanormaali-toiminnan kehittämistä

Olemme tällä hetkellä tyytyväisiä kalibrointiin lukuunottamatta pitkiä toimitusaikoja. Kokemuksemme mukaan säätö/viritys on oltava mahdollista saada kalibroinnin yhteydessä. Kalibr. hinnat tällä hetkellä n. \$100 - 200.
Tarvitsemme kuitututkan (OTDR) kalibrointia
Olemassa olevien UV-mittanormaalien vertailu ja kansallisen normaalin valitseminen esim. usean normaalin keskiarvona tai mediaanina.. Huom.: Eri kalibrointitilanteet voivat vaatia oman normaalinsa.
Ei luokiteltuja menetelmiä käytössä: valokuitu anturina, mittaukset lämpötilalle (-40...+600°C), venymälle ja värähtelylle. Mittalaitteita vastaavasti 2, 1 ja 1 kpl. Kalibroinnit pääasiassa itse. Kehityssennuste: +.
Kliinisen kemian automaattianalysointilaitteissa käyttökelpoiset ja kohtuuhintaiset esim. liuosarjat olisivat tärkeitä kehittämiskohteita
Aallonpituuden, kaistaleveyden ja absorbanssin (lineaarisuus !) mittanormaalit
1. Pienet valaistusvoimakkuudet $\geq 0,01$ mW 2. Lyhyiden pulssien säteilyenergiamittareiden kalibrointi, toistotaajuus 0,1 - 10 Hz, $t = n. 1$ ns, $E = n. 1$ mW
Kliinisen kemian fotometri- ja isotooppilaskurien kalibroinnit on tehty toistaiseksi laitevalmistajien toimesta.
Optisen kuidun vaimennus- ja OTDR-mittausten jäljitettävä kalibrointi tai artefakti
Tarvitaan optisen kuidun vaimennuksen mittanormaali.
Palvelun sijainnilla (myös ulkomailla) ei varsinaisesti ole väliä, tärkeintä on kalibroinnin kesto, eli kuinka kauan on mittalaite pois käytöstä. Ulkomailla kalibroitaessa kuljetuksiin kuluu aikaa.
Kuituoptiset kalibrointitarpeet: - aallonpituusalue 800...1600 nm, erityisesti: 800...n. 860 nm n. 920 nm 1280...1340 nm 1500... 1600 nm (tärkein alue) - aallonpituuden epävarmuusvaatimus n. 0,01 nm (alueella 1500...1600) - teho, referenssi n. 1%, käyttölaitteet 2%...5% - lineaarisuus n. 0,01 dB/10 dB (ei mitata systemaattisesti, menetelmä työn alla) - vaimennus mitataan käytännössä tehomittareilla, siis detektorien lineaarisuus olisi tarkistettava =TDR (optinen johtotutka) kalibrointiin tarvittavat referenssikuidut (golden fibre) voisi kalibroida ulkona, hyvä kuitu pitäisi ostaa.
Idea: Stabiloitu laser optisessa kuidussa Otaniemen alueelle (!?)

Termi	Määritelmä	Yksikkö, lyhenne
Säteilyteho, optinen teho (radiant flux)	Säteilyteho on lähtelyn, läpimenneen tai vastaanotetun säteilyn teho.	Watti W
Valovirta (luminous flux)*	Valovirta on säteilytehoa vastaava fotometrinen suure, joka ilmoittaa kuinka suuren valoistimuksen tietty säteilyteho synnyttää.	Lumen lm
Säteilyenergia (radiant energy)	Säteilyenergia on säteilytehon integraali tietyn aikavälin yli.	Joule J
Valomäärä (quantity of light)*	Valovirran integraali tietyn aikavälin yli.	lm·s
Säteilyintensiiteetti (radiant intensity)	Säteilyintensiiteetti on säteilylähteen tietyssä suunnassa olevaan avaruuskulmaan lähettämän säteilyn tehon ja avaruuskulman suhde.	W/sr
Valovoima (luminous intensity)*	Valovoima on säteilylähteen tietyssä suunnassa olevaan avaruuskulmaan lähettämän säteilyn valovirran ja avaruuskulman suhde. Valovoiman yksikkö on kandela (cd). Kandela on SI-järjestelmän perusyksikkö.	Kandela cd
Irradianssi (irradiance)	Tietylle pintaelementille tuleva säteilyteho jaettuna elementin pinta-alalla	W/m <sup>2</sup>
Valaistusvoimakkuus (illuminance)*	Tietylle pintaelementille tuleva valovirta jaettuna elementin pinta-alalla.	Luksi lx
Radianssi (radiance)	Määritellään kaavan $L_e = \frac{d\Phi_e}{dA \cdot \cos \theta \cdot d\Omega}$ avulla, missä $d\Phi_e$ on sellaisen säteilyn kuljettama säteilyteho, joka kulkee tietyn alueen $dA$ läpi ja etenee tietyssä suunnassa olevaan avaruuskulmaan $d\Omega$ , kulma $\theta$ on alueen pintanormalin ja säteilyn etenemissuunnan välinen kulma.	W/m <sup>2</sup> /sr
Luminanssi (luminance)*	Radianssia vastaava fotometrinen suure	cd/m <sup>2</sup>
Läpäisyysuhde, transmittanssi (transmittance)	Läpimenneen säteilytehon tai valovirran ja vastaavan tulevan säteilytehon tai valovirran suhde tietyissä olosuhteissa.	
Heijastussuhde, reflektanssi (reflectance)	Heijastuneen säteilytehon tai valovirran ja vastaavan tulevan säteilytehon tai valovirran suhde tietyissä olosuhteissa. Esimerkkejä termin käytöstä ovat suuntaheijastussuhde ja hajaheijastussuhde.	
Väriämpötila (colour temperature)	Sellaisen Planckin säteilylain mukaisesti säteilevän säteilijän lämpötila, josta tulevan säteilyn värilaatu on sama kuin tutkittavan säteilyn aiheuttajalla.	
Spektrinen herkkyys (spectral responsivity)	Detektorin antama signaali jaettuna detektoriin tulevan säteilyn optisella teholla tietyllä kapealla aallonpituuskaistalla.	

Huom.: Taulukossa on ryhmitelty radiometriset ja vastaavat fotometriset (merkitä \*) suureet allekkain. Fotometrian ja radiometrian suureet kytkeytyvät toisiinsa ihmissilmän päivänäkemisen spektrisen herkkyyskäyrän  $V(\lambda)$  ja kertoimen  $K_m = 683 \text{ cd sr W}^{-1}$  välityksellä. Esim. valovirta  $\Phi_v$  voidaan ilmaista spektrisen säteilytehon

$$\frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} \quad \text{avulla seuraavasti:} \quad \Phi_v = K_m \int_0^\infty \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda$$

$V(\lambda)$ :n maksimiarvo = 1 aallonpituuden ollessa  $\lambda_m = 555 \text{ nm}$ . Alueen 360 nm... 830 nm ulkopuolella  $V(\lambda) = 0$ .

Lähteet:

- 1) Foto- ja radiometrian mittauksia, TTK:n mittauspalvelutoimiston julkaisu CAL 2-6, 1989
- 2) Kansalliset mittanormaallaboratoriot, Julkaisu J2/1997, Mittatekniikan keskus, 1997
- 3) SFS-IEC 50(845) : Sähköteknillinen sanasto, Valaistus, Suomen standardisoimisliitto, 1992

**MITTATEKNIKAN KESKUS**  
**PL 239**  
**00181 HELSINKI**  
**Puh. (09) 616 761 (vaihde)**  
**Telekopio (09) 616 7467**

ISBN 952-5209-25-3  
ISSN 1235-5704