

# 4 TUTKIMUSMENETELMÄT

## 4 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 4.1 MITTAUSMENETELMÄT JA VÄLINEET

Nykytilan valaistusmittauksilla tutkittiin valon määrää, luminanssia ja valaistuksen aiheuttamaa häikäisyä. Tutkimuksen aikana kartoitettiin, millaisia vaatimuksia suunnittelu- ja testauskäyttöön soveltuvalla näyttölaitteelle joudutaan asettamaan. Lisäksi selvitettiin nykyisin saatavilla olevien laitteiden ominaisuuksia ja soveltuvuutta valaistuksen arviointivälineiksi. Suunnitteluvaiheessa olevien kohteiden valaistussuunnitelmia tarkasteltiin mallintamalla kohteita. Kirjallisuusselvityksen perusteella kohteiden maastokatselmuksessa ja käyttäjätutkimuksessa keskityttiin seuraaviin ongelmakohtiin: erottuminen kaupunkitilassa, liittyminen muuhun kaupunkitilaan, alikulku, silta, aseman sisäänkäynnit, luiskat, portaat, hissit, tuulikaapit, sisäaula, laiturialue ja pysäkkikatos.

Mittausvälineinä käytettiin tässä työssä luminanssimittareita (Gossen Mavo-Monitor ( 20 astetta) ja Mavo-Spot (1 aste) ) ja luksimittareita (Delta OHM HD 9221 ja Meterman LM631). Lisäksi suoritettiin HDR-kuvaus kuvasarjoina digikameran ja peilipallon (Light Prope) avulla. Joissakin kohteissa tehtiin myös koeluonteisia äänenvoimakkuusmittauksia desibelimittarilla (TES 1352).

Valaistusmittaukset tehtiin pistemittauksina luksimittarilla lattiatasolla ja 85 cm:n korkeudella. Mittauspisteiksi pyrittiin hakemaan toiminnan kannalta keskeisiä, kriittisiä kohteita. Luminanssimittaukset tehtiin lattiatasolla samoista pisteistä, kuin luksimittaukset. Pintakirkkauksien vertailumittaukset tehtiin valkoisen paperin pinnalta.

CCD-kennomittauksessa tutkittava kohde kuvataan erikoiskameralla ja mittaustulos talletetaan HDR-kuvana. HDR-kuva (High Dynamic Range Image) on lineaarinen ja vastaa vähintään silmän kontrastinerottelukykyä. (luminanssiarvoina  $10^{-4} \dots 10^8$ ) Tämä edellyttää vähintään 16-bittistä määrittelyä kullekin kolmelle värikanavalle (RGB). (Normaalissa digikuvassa käytetään 8-bittiä).

HDR-kuvaus voidaan tehdä myös tavallisella digikameralla. Tavanomaisten digikameroiden CCD-kennon kontrastinerottelukyky on vain luokkaa 1000:1. Ottamalla useita kuvia eri valotusarvoilla ja yhdistämällä tavalliset, epälineaariset digikuvat ohjelmallisesti, esim. HDR Shop-ohjelmalla, saadaan aikaan aito, lineaarinen HDR-kuva kohteesta. Tavanomaista digikameraa käytettäessä menetelmä on nopea ja halpa.

HDR-kuva toimii luminanssimittarina, kun kuva on kalibroitu jonkin referenssipisteen avulla. Referenssinä voidaan käyttää esimerkiksi valopaneelia, jonka pintaluminanssi ja väriarvot tunnetaan. Valopaneeli asetetaan kuvaustilanteessa niin, että se näkyy kameraan, mutta ei ole mitattavien näkymien edessä. (Kokeiluissa oli referenssipintana skannerin diakansi.)



*Kuva 16. HDR-kuvaus Itäkeskuksessa.*

Kuvauksissa käytettiin lisäksi peilipalloa (Light Prop), jonka avulla saadaan aikaan pallopanoraamakuva, jossa on talletettu kaikki mittaushetkeen vaikuttavat valolähteet.

Näin suoritettuna mittauksen (kuvauksen) tuloksena saadaan luminanssitaset selville suurelta alueelta kerralla.

HDR-kuvien avulla on mahdollista analysoida myös väri- ja luminanssikontrastien yhdistelmää. Edelleen HDR-kuvan sisältämä informaatio voidaan käyttää valaistussuunnittelussa tilan referenssivalolähteenä, kun tutkitaan muutoksia valaistukseen tai pintamateriaaleihin ja väreihin 3D-mallin avulla.

Yhteisenä nimittäjänä tutkimuksessa käytetyille apuvälineille on HDR-kuvatekniikka. Aiheeseen liittyen kartoitettiin erilaisia tutkimushankkeita ja niiden sovelluksia esimerkkeinä: 1) HDR-kuvaus (Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs), 2) HDR-valaistus (Image-based Lighting) ja 3) HDR-näytöt (High Dynamic Range Display Systems). Yhdistämällä näitä tekniikoita valaistussuunnitteluohjelmiin, jotka käyttävät sisäisesti vastaavaa HDR-tekniikkaa, saadaan koko valaistussuunnitteluprosessin läpi menevä, lineaarinen ja visuaalinen suunnittelumalli.

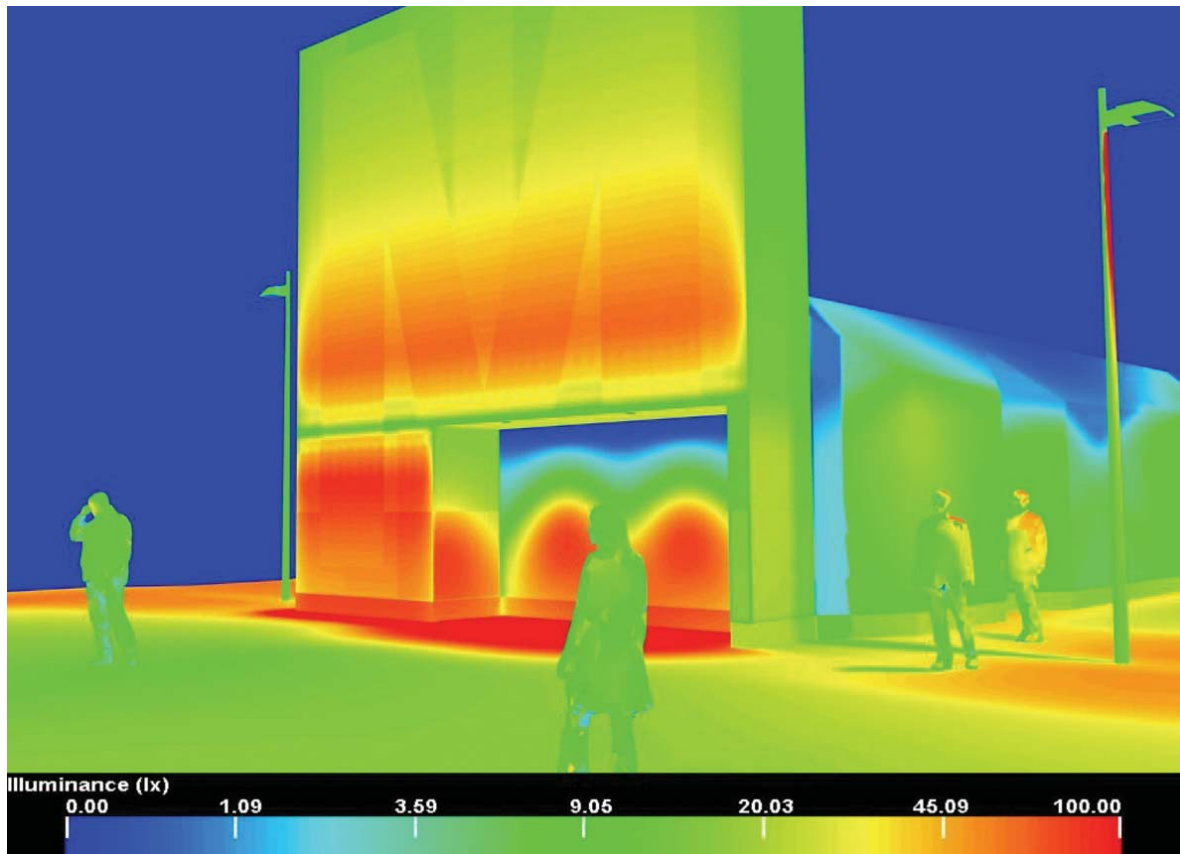
Saneeraus ja täydennysrakennuskohteiden suunnitteluvaiheessa voidaan hyödyntää HDR-kuvaustekniikkaa käyttämällä kohteesta otettua kuvausmateriaalia valolähdetietona (sovel-

taen Image-based Lighting –tekniikkaa). Suunnitteluvälineenä tarvitaan 3D-mallinnusohjelmaa, joka pystyy käyttämään HDR-kuvia sekä fotometrisia valolähdetietoja. Menetelmällä vähennetään työmäärää, joka muutoin tarvittaisiin olemassa olevan tilanteen rekonstruointiin. Tällä menetelmällä on mahdollista suunnitella visuaalisesti simulaation avulla kohteen valaistuksen, pintarakenteiden materiaaliominaisuuksien, värien ja kontrastien muutoksia oikeita valolähde- ja materiaalitietoja käyttäen.

Uudisrakennuskohteissa suurempien sisätilojen kokonaisvaltainen valaistussuunnittelu edellyttää käytännössä 3D-mallien käyttöä ja vähintään perusvalaistukseen liittyvien valolähteiden yhtäaikaista huomiointia laskennoissa.

Oleellinen tekijä suunnitelmien simuloinnissa on käytettävä näyttölaite. Tietokoneavusteisessa valaistussuunnittelussa on näyttölaite ollut perinteisesti laiteketjun heikoin lenkki.

Suunnittelun kaikissa vaiheissa käytetään oikeita valaistusteknisiä arvoja ja laskentatulokset ovat varsin luotettavia. Kun suunnitelmaa joudutaan arvioimaan visuaalisesti näyttölaitteen tai jonkin tulostusformaatin avulla, joudutaan laskentatuloksia ensimmäisen kerran tulkitsemaan. Valaistuksen ääritilanteissa, kuten ulkovalaistuksen kohdalla on usein kyse, ei tavanomaisten näyttölaitteiden kontrastinerottelukyky ja kirkkaus riitä kuvaamaan aidosti kaikkia valaistusolosuhteita, varsinkaan aitoa häikäisytilannetta. Esitystapana onkin usein käytetty väärävärικuvia numeeristen tulosteiden lisäksi.



Kuva 17. Väärävärικuva

Simulointitesteissä oli näkövammaisille tärkeää riittävän suuri katselukulma (kuvakoko), resoluutiolla ja kontrastitarkkuudella ei ollut niin suuria vaatimuksia.

Suunnittelukäytössä on riittävä kuvatarkkuus tärkeämpi kuin suuri katselukulma.

Näytöt:	resoluutio	kirkkaus	kontrasti	kuvakoko tuumaa
CRT	1600 x1200	200 cd/m <sup>2</sup>	300:1	19
TFT	1280 x1024	300 cd/m <sup>2</sup>	700:1	19
LCD-TV	1280 x1024	500 cd/m <sup>2</sup>	2000:1	32
Plasma-TV	1024 x 768	1300 cd/m <sup>2</sup>	10000:1	42

(keskimääräistä parempi tuote)

Projektorit:

LCD / DLP	1024 x 768	1600 Ansi-lumen	2000:1	80
-----------	------------	-----------------	--------	----

Erikoisnäytöt:

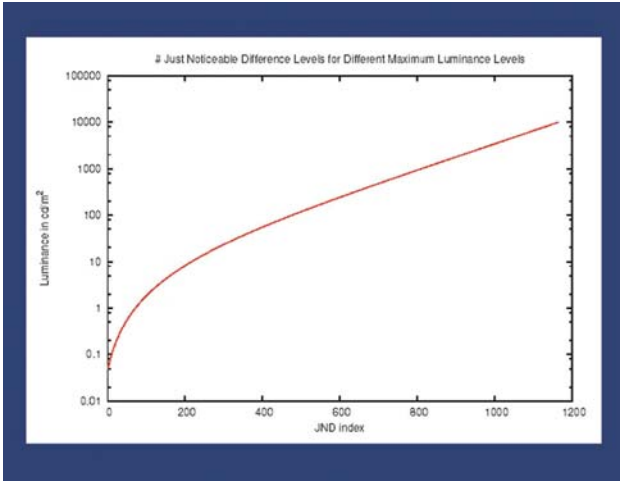
HDR-näyttö	1920 x 1080	3000 cd/m <sup>2</sup>	200 000:1	37
------------	-------------	------------------------	-----------	----

Tämän ryhmän näyttölaitteet soveltuvat suunnittelukäyttöön ja simulointiin tilanteissa, joissa ei tarvita suuria pintakirkkauksia. CRT-näytön (kuvaputkinäyttö) hyviä ominaisuuksia ovat hyvä kuvanlaatu ja resoluutio, huonoja ominaisuuksia ovat pieni pintakirkkaus ja kontrasti. TFT-näytöllä (aktiivimatriisi nestekidenäyttö, / taulu-TV) on hyvä kuvanlaatu ja resoluutio. Lisäksi TFT-näytön pintakirkkaus ja kontrasti ovat parempia kuin CRT-näytöllä. Plasma-näytöllä (taulu-TV) on hyvä kuvanlaatu ja pieni resoluutio sekä parempi pintakirkkaus ja kontrasti kuin CRT- ja TFT-näytöillä.

Projisointilaitteet soveltuvat huonosti suunnitteluapuvälineiksi, mutta suuren kuva-alan vuoksi ne käyvät hyvin simulointiin, jos ei tarvita suuria pintakirkkauksia. LCD / DLP-projektorien (nestekide / mikropeli) projisointitekniikan etuna on suuri kuvakoko. Projektori + fresnel-taustaprojisointi-tekniikassa hyvällä taustaprojisointipinnalla saadaan kuvaa tarkennettua ja näin lisättyä sen kirkkautta ja kontrastia.

HDR -erikoisnäyttö soveltuu suorituskykynsä puolesta hyvin valaistuksen suunnitteluun ja simulointiin, mutta on vielä kallis.

Suuri kontrastinerottelukyky yhdistettynä suhteellisen suureen pintaluminanssiin edellyttää toisentyypistä kuvaformaattia, kuin nykyisin käytössä olevissa laitteissa on mahdollista käyttää. Hyvälaatuisen kuvan tuottamiseen näillä lähtöarvoilla vaaditaan n. 900 JND-stepin (just noticeable difference) (Kuva 18) luminanssitason erottelukykyä ja se taas edellyttää 16 bittistä



Kuva 18, JND-steps



Kuva 19, DR37-P

tai parempaa kuvapisteen määrittelykykyä (HDR-kuvaformaatti). Tämän tyyppiset näyttölaitteet ovat vasta tulossa markkinoille. Tutkimuksen loppuvaiheessa näitä HDR-näyttöjä oli markkinoilla vasta yksi tyyppi (Brightside DR37-P). (Kuva 19.)

Tutkimuksen aikana tehtiin HDR-näytön prototyyppi, jonka avulla päästiin kokeilemaan suurten luminanssierojen simulointia. Laitteen kontrastinerottelukyky on luokkaa 200 000:1 ja luminanssin huippuarvo n. 10 000 cd/m<sup>2</sup>.

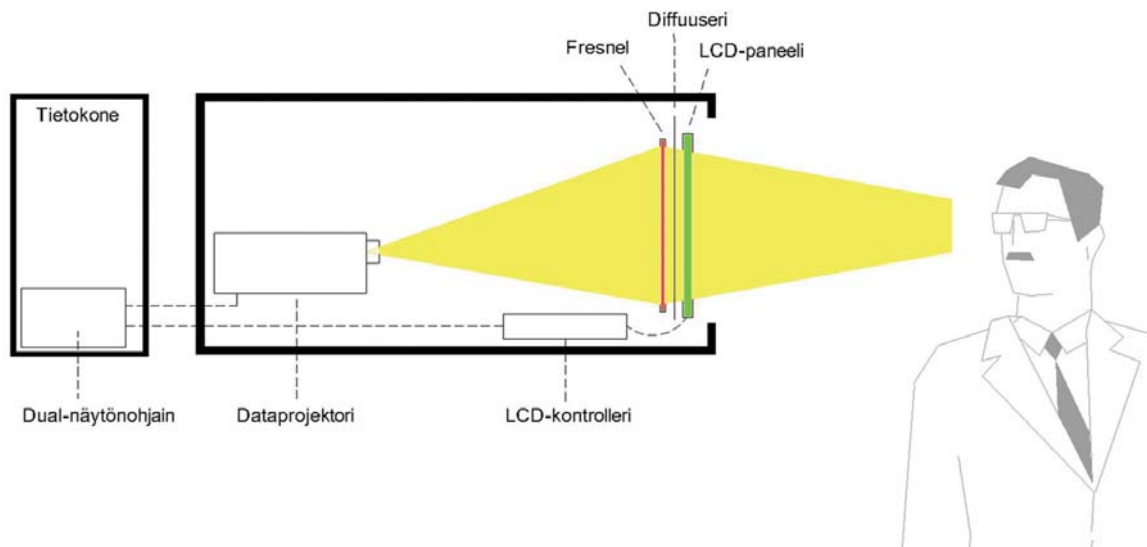
Laite perustuu TFT-näyttöön, jonka taustavalolähde on korvattu data-projektorilla, jolla moduloidaan TFT-paneelin läpi kulkevaa valoa. Lisäksi syntynyt kuva on fokusoitu fresnel-linssin avulla katsojan näkökenttään. Näyttö on kooltaan pieni, 15 tuumaa, ja katse-lukulma hyvin kapea, joten laite soveltuu tältä osin huonosti valaistuksen simulointiin näkövammaisille. (Kuvat 20 ja 21.)

Työssä käytettiin seuraavia ohjelmistoja mallinnusvälineinä: panoraamakuvaus (Realviz Stitcher), HDR-kuvaus (HDR Shop), 3D-mallit (AutoCad, 3D-Studio Max), valaistuslas-kenta (3D-Studio Max, LightScape) ja esitysvälineinä dataprojektori, Fresnel-taustaproji-sointitaulu, TFT-näyttö ja HDR-näyttöprototyyppi.



Kuva 20. Prototyyppi häikäisyn havainnointiin.





Kuva 21. Kaavio koetilanteesta, jossa koehenkilö havinnoi näyttöruudulla näkyviä häikäiseviä valopisteitä.

## 4.2 MAASTOKATSELMUS

Maastokatselmuksissa tavoitteena oli havainnoida esimerkkikohteiden avulla kirjallisuusselvityksessä havaittuja esteettömyyden ongelmakohteita ja etsiä mahdollisia muita ongelmakohtia. Maastokatselmuksen yhteydessä tehtiin valaistusmittauksia ja kuvattiin kohteet. Päivätarkastelussa selvitettiin luonnonvalon toimivuutta asemaympäristössä, yöllä tarkasteltiin valon määrää, ohjaavuutta ja laatua.

Maastokatselmuksia tehtiin suunnittelijoiden toimesta päivällä ja yöllä sekä kesä- että talvi-aikaan Espoon Leppävaaran asemalle, Itäkeskuksen metroasemalle ja reitille metroasemalta Näkövammaisten toimitalo-Iirikseen sekä Jyväskylän matkakeskukseen. Tavoitteena oli löytää kohteista erityyppisiä valaistuksella mahdollisesti korjattavissa olevia ongelmakohtia, joiden korjaamiseen tässä työssä etsitään ratkaisumalleja. Suunnittelijoiden tekemien maastokatselmusten perusteella valittiin kustakin tutkimuskohteesta käyttäjätutkimuksen tarkastelukohteet.

## 4.3 KÄYTTÄJÄTUTKIMUS

Käyttäjätutkimuksen tavoitteena oli selvittää pystyvätkö heikkonäköiset käyttäjät hahmotamaan asemaympäristön ongelmakohteita pimeällä ja liikkumaan ympäristössä omatoimisesti. Tässä tutkimuksessa käyttäjien edustajina toimivat henkilöt, joiden näkökyky on tavalla tai toisella alentunut. Tutkimushaastattelut suorittivat projektin tutkijat apunaan yritysten muut työntekijät. Käyttäjätutkimuksen apuna käytettiin kysymyslomaketta, jonka laativat Jukka Jokiniemi ja Lari Latvala.

Käyttäjätutkimuskohteet ovat Espoon Leppävaaran rautatieasema, Helsingin Itäkeskuksen metroasema ja Jyväskylän matkakeskus. Lisäksi vertailukohtana tutkittiin Itäkeskuksen Iiriksen portaat, joissa esteettömyys on ollut suunnittelun lähtökohtana.

Käyttäjätutkimuskierrokset tehtiin kolme kertaa Helsingin Itäkeskuksen metroaseman ja Espoon Leppävaaran aseman alueella. Kesätilanteen käyttäjätutkimuskierrokset tehtiin päivänvalossa ja hämärässä iltavalaistuksessa syksyllä 2004. Talvitilanteen käyttäjätutkimukset lumen ollessa maassa tehtiin tammikuussa 2005 vain iltavalaistuksessa.

Koehenkilöinä Helsingin ja Espoon kierroksilla oli neljä näkövammaista työikäistä itsenäisesti liikkuvaa henkilöä. Lisäksi saimme koehenkilöiksi kaksi ikääntynyttä, joilla oli myös näön ongelmia. Ikääntyneet eivät olleet turvallisuussyistä mukana talvikierroksella.

Jyväskylän koehenkilökierros tehtiin 8.12.2004. Tutkimuksen koehenkilöt saatiin vammaisneuvoston, paikallisen näkövammaisten alueyhdistyksen kautta sekä Jyväskylän näkövammaisten koululta. Kierros tehtiin iltahämärässä, joka on tutkimuksen kannalta mielenkiintoisin ajankohta. Kierrokselle osallistui näkövammaisten lisäksi muitakin vammaisryhmiä, joten tulokset ovat muihinkin esteettömyyskysymyksiin kantaa ottavia. Jyväskylästä ei tehty muita käyttäjäkierroksia.

Kenttätutkimuskierrosten lisäksi tehtiin mallinnusvälineen testaus. Siinä keskityttiin portaiden mallinnukseen ja koeobjektien analysointiin. Näitä seikkoja arvioitiin koehenkilöiden kanssa sisätiloissa.

Porraskontrasteja tutkittiin käyttäjätutkimuksella laboratorio-olosuhteissa. Tutkimusmenetelmästä on kerrottu luvussa 4.4 Portaiden kontrastitutkimus.



## ELSA Kysymyslomake

Arviointikohde: Itäkeskus / Leppävaara : \_\_\_\_\_

Kellonaika: \_\_\_\_\_

## Valaistus

Valaistuksen määrä: ei riittävä 1 2 3 4 5 6 riittävä

Valaistuksen häikäisevyys: häikäisevä 1 2 3 4 5 6 häikäisemätön

Valaistuksen tasaisuus: epätasainen 1 2 3 4 5 6 tasainen

Miten värit erottuvat tässä valaistuksessa? huonosti 1 2 3 4 5 6 hyvin

Luonnehdi valaistuksen hyviä puolia: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Luonnehdi valaistuksen huonoja puolia: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Värit

Onko kulkupintojen väritys mielestäsi selkeä? ei 1 2 3 4 5 6 kyllä

Onko muiden pintojen väritys mielestäsi selkeä? ei 1 2 3 4 5 6 kyllä  
(seinät, pylväät, penkit, jne.)

Ovatko kontrastit tilassa mielestäsi riittävät? ei 1 2 3 4 5 6 kyllä

Luonnehdi värienkäytön hyviä puolia: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Luonnehdi värienkäytön huonoja puolia: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Opasteet

Löytyvätkö opasteet mielestäsi hyvin? ei 1 2 3 4 5 6 kyllä

Ovatko opasteet mielestäsi helposti luettavissa? ei 1 2 3 4 5 6 kyllä

Onko kohteessa tuntoaistin kannalta merkittäviä ominaisuuksia?

\_\_\_\_\_

Onko kohteessa taustamelun tai kaikuisuuden kannalta merkittäviä ominaisuuksia?

\_\_\_\_\_



*Kuvat 22-24 Portaiden kontrastien havaittavuuden testausta mallintamalla 3D-kuvaan erilaisia valaistusasennuksia.*

#### 4.4 PORTAIDEN KONTRASTITUTKIMUS

Tutkimuksen yksi lähtökohdista oli selvittää miten yleisesti vaikeasti hahmotettavien portaiden valaistusta voitaisiin parantaa. Kaikissa esimerkkikohteissa oli portaita ja suunnittelijoiden ja käyttäjien suorittamissa tarkasteluissa havaittiin niiden olevan yleensä huonosti valaistuja. Portaissa oli käytetty erilaisia havaittavuutta parantavia kontrastimateriaaleja erilaisilla väriyhdistelmillä. Tässä työssä tarkastellaan pelkästään väri- ja valoisuuskontrastia. Työn aikana todettiin, ettei löydy selkeää tutkimusmateriaalia, jonka avulla voitaisiin valita erilaisia porraskorjauksia valaistuksen vertailukohteiksi. Siksi tässä työssä päädyttiin selvittämään käyttäjätutkimuksella kuvamateriaalin avulla testaamalla, millainen portaiden valaistustyyli auttaa parhaiten porraskorjauksien havaitsemisessa. Visualisointeja tehtiin eri kontrasteilla ja valoisuusasteilla. Kontrastitestausta on kontrastin erottelukyvyn testaamiseksi, jossa mallin avulla pyritään selvittämään millaisia kontrastiraitayhdistelmiä (väri- ja valoisuuskontrasti) heikkonäköinen voi hahmottaa, jotta saataisiin selville portaissa käytettävien kontrastiraitojen suositeltavia tummuuskontrastisuhteita.

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää miten heikkonäköiset hahmottavat kontrastit portaissa. Kontrastien suhteen ei ole löytynyt käyttökelpoisia ohjeita heikkonäköisten kannalta. Toimintakyvyn kannalta riittävä kontrasti on heikkonäköiselle eräs keskeisimmistä asioista esim. portaissa liikuttaessa. (Valaistustekniikan käsikirja, Suomen sähköurakoitsijaliitto ja Valotekninen seura s. 36). Kohteen ja taustan välillä on oltava joko väri tai luminanssiero. Luminanssikontrasti on näistä tärkeämpi näkyvyyttä arvioitaessa.

Testaus suoritettiin marraskuussa 2005 Näkövammaisten keskusliitto ry:n Iris-talossa. Testauksia tehtiin kahtena eri päivänä ja koehenkilöitä oli yhteensä 34. Koehenkilöt olivat kaikki eri tavoin heikkonäköisiä. Kokeilimme testiä myös silmälaseja käyttävillä muuten normaalisti näkeville henkilöillä, mutta heillä ei ollut ongelmia kontrastinäkemisessä. Koehenkilöt olivat eriasteisesti heikkonäköisiä, mutta näkökyvyn oli oltava riittävä testin suorittamiseen. Testin suorituksen aikana ei käytetty silmälaseja, ellei se ollut testin suorittamisen kannalta välttämätöntä.

Kontrastien erottelukykyä pyrittiin testaamaan porrasta kuvaavan 3D-mallin avulla, joka oli valotettu heikolla hajavalolla, jolloin portaan muodon aikaansaama varjokontrastisuus oli erittäin pieni (Kuvat 22-24). Tilanne vastaa myöhäistä iltapäivää pilvisen taivaan valossa. Laskennassa käytettiin päivänvalosimulointia. Näissä olosuhteissa laskettiin porrasta laskeutuva animaatio erilaisilla askelmien ja kontrastiraitojen kontrastisuhteilla. Todella koetut kontrastierot olivat kuvasarjoista mitattavissa.

Kuvasarjat pysyivät kokonaisuudessaan n. 0,5 - 30 cd/m<sup>2</sup> pintaluminanssin rajoissa ja testauksen ainoa vaatimus laitteistolle oli riittävän suuri, 90 asteen näkökartion peittävä kuvakoko.

Heikkonäköisen on vaikea havaita kontrastisuhteiden eroja, joten koe päätettiin muuttaa yksinkertaisemmaksi, mitaten vain luminanssikontrastien erottelukykyä tasomaisessa pinnassa.

Koesarja tehtiin neljällä pinnan taustaväriin (porras-askelman) eri pintakirkkaustasolla 5, 10, 20 ja 40 cd/m<sup>2</sup>. Kontrastiraitoina käytettiin portaattomasti tummenevia ja vaalenevia väripintoja. Apuvälineenä käytettiin TFT-laajakuvanäyttöä, jonka pinnalta voitiin mitata tarkat luminanssit, jotka koehenkilö oli hyviksi havainnut.

Kontrastien tutkiminen on hyvin monimutkainen asia, koska samanaikaisia muuttujia on paljon. Varjon muodostus auttaa kolmiulotteisuuden hahmottamista ja valon suunta vaikuttaa erityisesti varjoihin. Kontrastit vaikuttavat portaiden hahmottamiseen kaikissa valaistusolosuhteissa. Kysymys on taustan ja kontrastiraidan hahmottumisesta. Porrasaskelman ja raidan välillä on oltava merkittävä pinta-alaero, koska askelman reuna on saatava erottumaan taustasta. Esimerkiksi lauta-askelmaiset portaat muodostavat suuren määrän poikkiraitoja lautojen väleihin eikä askelmia pysty niistä erottamaan. Selkeää viestiä ei myöskään tuoteta, jos joka toinen askelma tehdään erivärisiksi. Kun visuaalisesti yksi askelma on jaettu kahteen osaan, on vaikeaa hahmottaa, kumpi väreistä on tausta ja kumpi kontrasti.

Suorittamassamme kokeessa teimme taustan ja raidan suhteeksi 1/10, jolloin porrasaskelman pituus oli katseluetäisyydellä 300 mm ja raidan leveys 30 mm. Kuvaruudulla taustaraidan leveys oli 200 mm ja raidan leveys 20 mm. Koetilanteessa katseluetäisyys oli 1,5 m kuvaruudusta. Portaatan taustatummusasteita valittiin neljä erilaista: 5, 10, 20 ja 40 cd/m<sup>2</sup>. Askelmien tummuusaste on tyypillinen sisätilojen valaistuksessa ja yleisimmissä lattiapinoissa. Kontrastiraitoja kuvaruudulla oli kaksi ja niiden sävyä säädettiin tummempaan ja vaaleampaan suuntaan. Koehenkilö ilmoitti ensimmäisen kerran kun havaitsi jotain kontrastia ja toisen kerran kun koki kontrastiraidan selkeänä. Testi suoritettiin yhdestä kolmeen hengen ryhmissä.

Koe suoritettiin Näkövammaisten keskusliiton palvelu- ja toimintakeskus- Iiriksessä 22–23.11.2005. Koehenkilöitä testattiin yhteensä 34 ja tulokset on yhteensä 32 henkilön osalta. Koehuone oli tummaseinäinen ja siellä oli normaali noin 100 luksin yleisvalaistus. Koe suoritettiin Hyundai 32” laajakuva LCD TV näytöllä. Tietokone oli IBM thinkpad T42. Mallinrus oli tehty Adoben Photo Shop -ohjelmalla. Mittaukset tehtiin Gossen mavo-monitorilla, joka on tarkkuusluminanssimittari.

Valitsimme kontrastin laskemiseksi Michelsonin kaavan, jossa  $\text{Kontrasti} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}$ . Ukkonen 1995, Contrast Sensitivity for Complex and Random Gratings - mukaan portaiden kaltaisten jaksollisten raitojen kuvailuun kaava sopii parhaiten. Michelsonin kaava antaa kontrastin prosenttilukuna, joka on ohjeiden antamisen kannalta helppo hahmottaa. Näkevien henkilöiden kohdalla 2 % muutos tummuusasteessa on havaittavissa. Meidän tekemissä kokeissa tulos oli sama, joten suoritimme kokeet ainoastaan heikkonäköisille.

Michelson kontrastin arvo ilmoitetaan lukuna, joka on kahden eri pinnan välinen tummuusaste-ero. Se lasketaan siten, että kahden pinnan pintakirkkauserotus jaetaan niiden summalla. Jos askelman pintakirkkaus on 30 cd/m<sup>2</sup> ja raita on 10 cd/m<sup>2</sup>, on niiden erotus 20 cd/m<sup>2</sup>. Sitä erotus 20 cd/m<sup>2</sup> jaetaan niiden summalla 30 cd/m<sup>2</sup>+10 cd/m<sup>2</sup> eli 40 cd/m<sup>2</sup>. Kontrastiksi tulee tällöin 0,5 eli kontrastiarvo on 50 %. Koemittauksissamme valkoisen paperin ja mustan

kankaan väliseksi kontrastiksi saimme noin 96 % joten 100 % kontrastia ei ole mahdollista saavuttaa.

Tutkimuksen tuloksina havaittiin, että tummimmalla taustalla olevat raidat erottuivat nopeammin siirryttäessä tummaan kontrastiraitaan päin. Taustan ollessa 5 cd/m<sup>2</sup> alkoi raita hahmottua 3 cd/m<sup>2</sup> kohdalla ja erottui selkeänä 1,5 cd/m<sup>2</sup> kohdalla. Vaikka kulkupinta onkin hämärä ollessaan 5 cd/m<sup>2</sup>, on siihen mahdollista saada kontrastia tummalla raidalla.

Siirryttäessä vaaleaan kontrastiraitaan on muutoksen oltava huomattavasti suurempi. Vaaleampi poikkiraita alkoi hahmottua 16,5 cd/m<sup>2</sup> kohdalla ja erottui selkeänä 72 cd/m<sup>2</sup> kohdalla. Selkeän raidan aikaansaaminen edellyttää hyvin vaalean raidan käyttöä normaaleissa valaistusolosuhteissa. Raidan likaantuminen huomioiden kävelypinnoilla kyseisen raidan käyttö tuntuu lähes mahdottomalta.

Kun taustaväriksi tulee 10 cd/m<sup>2</sup>, saadaan erottuva raita jo 8,5 cd/m<sup>2</sup> tummuisena. Selkeästi taustasta erottuva raita syntyy 3 cd/m<sup>2</sup> tummuisella raidalla. Tämän suuruiset tummat raidat ovat teknisesti helppoja toteuttaa. Jos kontrastiraita on vaalea, on jotenkin hahmottuva raita saatavissa 32 cd/m<sup>2</sup> raidalla. Selkeä kontrasti syntyy 109,5 cd/m<sup>2</sup> raidalla. Näin vaaleiden raitojen toteutus on hyvin vaikeata.

Kun portaiden taustaväriksi valittiin 20 cd/m<sup>2</sup>, alkoi kontrastia tulla 17 cd/m<sup>2</sup> tummalla raidalla. Selkeäksi raita muuttui 4,5 cd/m<sup>2</sup> kohdalla. Edelleen raitojen tekninen toteutus on varsin helppoa siirryttäessä tummaan raitaan keskivaalealla taustalla. Jos raita toteutetaan vaalealla raidalla, on hahmotuskynnys 47 cd/m<sup>2</sup> kohdalla. Selkeän hahmottamisen raja kulkee 117,5 cd/m<sup>2</sup> kohdalla.

Kaikkein vaalein porrastausta oli 40 cd/m<sup>2</sup> ja siinä tumman raidan erotuskynnys on 32,5 cd/m<sup>2</sup>. Selkeäksi raita muuttui 11 cd/m<sup>2</sup> kohdalla. Vaaleassa raidassa erotuskynnys oli 75 cd/m<sup>2</sup> kohdalla ja selkeän raidan raja oli 157 cd/m<sup>2</sup> kohdalla. Vaalean raidan toteutus onnistuu ainoastaan itsevalaisevalla materiaalilla kuten led nauhallalla. Tumma raita sen sijaan syntyy hyvin helposti esimerkiksi hieman tummemmalla karhennusteipillä.

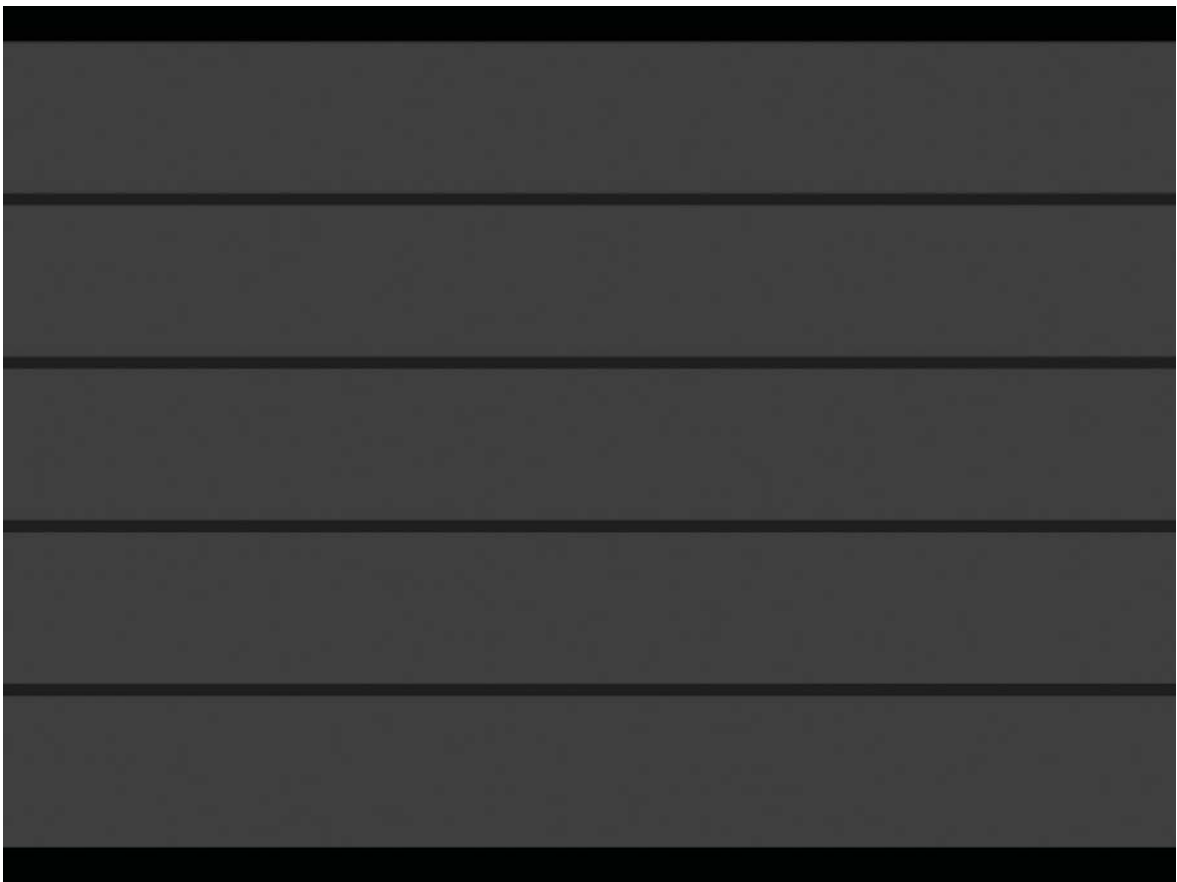
Kaikissa neljässä taustassa helpoimmin kontrastiraita saatiin aikaiseksi tummalla raidalla. Näin voidaan suositella, että portaissa kannattaa käyttää vaaleaa askelmaa, johon on helppo toteuttaa kontrasti tummemmalla raidalla.

Kokeissamme 100 luksin valaistuksessa mustan kankaan pintakirkkaus on 0,7 cd/m<sup>2</sup>. Valkoisen paperin pintakirkkaus oli 33 cd/m<sup>2</sup>. Kun annamme tälle arvon 0 % eli täysin valkoinen ja mustalle 0,7 cd/m<sup>2</sup> arvon 100 % eli täysin musta.

Kehitimme oman laskentamenetelmän kontrastien ilmaisemiseen. Mittasimme eri valaistusvoimakkuuksilla valkoisen ja mustan pintakirkkauden. Vertasimme näitä lukuja mittauksissamme saatuihin arvoihin. Näin pystyimme tekemään indeksin jossa valkoinen saa arvon 0 ja musta arvon 100. Jos kontrastiarvo menee yli 100 tai alle 0 ei kontrastia voida toteuttaa.

Jos halutaan etsiä valkoiselle ja mustalle tausta, jossa voidaan valita yhtä hyvin kumpi tahansa raita, on taustan oltava tummuudeltaan alueella 80–85. Kun taustan väri on keskiharmaa 50, saadaan riittävä kontrasti tummalla raidalla alueella 80–90. Jos kontrastiraita on vaaleampi kuin tausta ei selkeätä kontrastia saada aikaseksi. Hahmottumiskynnys 3 cd/m<sup>2</sup> saa indeksin 90 ja selkeän kontrastin raja indeksin 95. Kun raita on vaalea, erottumiskynnys on 16 cd/m<sup>2</sup>. Tällöin indeksiluvuksi tulee 51. Selkeän erottumisen raja 72 cd/m<sup>2</sup> ja valkoinen ei riitä kontrastiksi. Kun askelman tausta on 10 cd/m<sup>2</sup>, tulee sen indeksiksi 69. Havaintokynnys saa indeksin arvon 75 ja selkeäksi se tulee arvolla 90.

Askelman taustalle 20 cd/m<sup>2</sup> tulee indeksiluvuksi 39. Tumman raidan erottumiskynnys on 17 cd/m<sup>2</sup> joten indeksi 48. Selkeän erottumisen raja on 4,5 cd/m<sup>2</sup>, jolloin indeksi on 85. Valkoisilla raidoilla ei ylitetä havaintokynnystä lainkaan. Kun valaistus on 100 lx, ei edes täysin valkoinen pinta saavuta 40 cd/m<sup>2</sup> pintakirkkautta, joten tuloksia ei ole.



*Kuva 25 Testissä käytetty vaalean harmaalla pohjalla oleva tumma kontrastiraita.*