

Kyösti Marjoniemi & Tomi Niemelä

AMPUJANLASIT JA VÄRISUODATTIMET

Kokeellinen tutkimus linssivärien objektiivisesta valinnasta

AMPUJANLASIT JA VÄRISUODATTIMET

Kokeellinen tutkimus linssivärien objektiivisesta valinnasta

Kyösti Marjoniemi & Tomi Niemelä
Opinnäytetyö
Syksy 2014
Optometrian koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Optometrian koulutusohjelma

Tekijät: Kyösti Marjoniemi & Tomi Niemelä

Opinnäytetyön nimi: Ampujanlasit ja värisuodattimet: kokeellinen tutkimus linssivärin objektiivisestä valinnasta

Työn ohjaajat: Juustila, Tuomas & Jussila, Aino-Liisa

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2014

Sivumäärä: 48 + 6 liitesivua

Harrastenäkeminen ja harrastelasit ovat heikommin tunnettu ja hyödynnetty erityisala optikkoliikkeiden toiminnassa. Urheiluammunta on eräs monipuolisimpia ja vaativimpia näköaistin toimintoja edellyttävä harrastus. Suodatinlinssillä voidaan estää häikäisyä ja parantaa kontrastia harrastustilanteissa. Ampujanlasien suodatinlinssien valintaperiaatteita voidaan hyödyntää muidenkin harrastelasien linssien valinnassa.

Tutkimuksen tarkoituksena oli mitata, miten värisuodattimien käyttö vaikuttaa värillisen kohteen yksityiskohtien erottumiseen. Värillisinä kohteina käytettiin taustavärjättyjä Lea Numbers Test -tauluja. Suodattimen ja taustan väriä vaihdeltiin, jotta saataisiin selville suodattimen värin vaikutus värillisen kohteen yksityiskohtien erottamiseen. Mittaustulosten perusteella piti valita kullekin taustalle paras suodatinväri. Lisäksi tarkoitus oli esittää menetelmä, jolla optikko voi havainnollistaa myymiensä värisuodattimien vaikutusta värien näkemiseen valokuvien avulla.

Tutkimuksemme oli luonteeltaan määrällinen ja kokeellinen tutkimus. Aineiston keruu suoritettiin mittaamalla kuuden koehenkilön matala- ja korkeakontrastiset näöntarkkuudet. Näöntarkkuudet mitattiin Lea Numbers -testitauluilla kontrasteilla 100 %, 25 % ja 5 %. Taulujen väreinä käytettiin valkoista, sinistä ja vihreää. Tutkimustulokset analysoitiin SigmaStat -tilasto-ohjelmalla. Värisuodattimien vaikutuksen havainnollistamiseksi värikarttaa valokuvattiin jalustalla olevalla digijärjestelmäkameralla. Kuvista tehtiin kooste Adobe PhotoShop CS6 -ohjelmalla. Koosteessa esitettiin värikartan värit vierekkäin ilman värisuodatinta ja suodattimen kanssa.

Mikään värillinen suodatinlinssi ei parantanut näöntarkkuutta verrattuna kirkkaaseen suodattimeen. Suodatinlinssien objektiiviselle valinnalle löydettiin kuitenkin tukea siitä, että eräissä mittauksissa linssivaihtoehto voitiin sulkea pois huonoimpana vaihtoehtona. Suodatinlinssien vaikutusta esittävästä kuvista huomattiin, mitä värejä suodatin muutti eniten ja toisaalta mitkä muuttuivat vähiten. Värikartta oli suodatinvärien vertailussa yksinkertainen ja tarkka.

Kokeellisen tutkimuksen menetelmää edelleen kehittämällä on mahdollista löytää objektiivisesti paras suodatinväri värilliselle kohteelle värillisellä taustalla.

Asiasanat:

Värisuodattimet, urheiluammunta, näöntarkkuus, kontrasti

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Optometry

Authors: Marjoniemi, Kyösti & Niemelä, Tomi

Title of Thesis: Color Filters in Shooting Glasses: Experimental Approach for Choosing Lens Color Objectively

Supervisors: Juustila, Tuomas & Jussila, Aino-Liisa

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2014

Number of Pages: 48 + 6 appendix pages

Sport vision and sport glasses are commonly neglected in trade of optical stores. Shooting sports and hunting are among the most diverse and demanding hobbies concerning visual skills. Glare could be minimized and low contrast could be improved by using color filters. Principles of how to choose shooting glass color could be utilized also among other sports and hobby glasses.

Aim of the study was to measure how color filters impact the seeing of details of a colored object. Colored Lea Numbers Test tables were used as objects. Several color filters and Lea Numbers Test background colors were tested to get best possible vision acuities. Our goal was to choose the best color for each background. Furthermore, we wanted to present one suitable photography method that an optician could use to demonstrate the effect of color filters.

Our study was experimental and quantitative. We measured low and high contrast vision acuities of six test persons using Lea Numbers Test contrasts of 100 %, 25 % and 5 %. Test table background colors were white, blue and green. The statistical analysis of data was done by SigmaStat Software. Color charts were photographed with a digital single-lens reflex camera with and without color filters to show the effect of filters. Adobe PhotoShop CS6 Software was used to make the graphic summary of photographs.

None of the color filters used improved vision acuity compared to clear lens. However, there was some evidence that the worst color filter could be recognized and ruled out objectively. Color filter photographs clearly showed which colors were mostly changed and which remained the same. Our color chart was simple and precise to compare different color filters.

It is suggested that with improved experimental setup it is possible to choose best filter color objectively even for a color object in a colored background.

Keywords:

Color filters, shooting sports, vision acuity, contrast

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO	7
2 AMPUMAHARRASTUS JA NÄKEMINEN.....	8
2.1 Näkyvän valon spektri	8
2.2 Polarisoitunut valo.....	10
2.3 Kontrasti.....	11
2.4 Lea Numbers -taulujen käyttö	11
2.5 Suodatinlasien toiminta	13
2.5.1 Läpäisevyys ja heijastuskerroin.....	13
2.5.2 Suodattimen väri ja tummuusaste	15
2.6 Urheilunäkemisen ja harrastuksen vaatimukset	16
2.7 Harrastelajit.....	18
2.8 Näkeminen ampuessa ja dominoiva silmä	19
2.8.1 Kivääri- ja pistooliammunta	19
2.8.2 Haulikkoammunta	20
2.9 Ampujanlasit ja niiden käyttötarkoitukset	21
2.10 Ampujan refraktion korjaus	24
3 TUTKIMUKSEN TAVOITE	27
4 TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN.....	29
4.1 Kokeellinen tutkimus värisuodattimien vaikutuksesta värillisen kohteen yksityiskohtien havaitsemiseen	30
4.2 Suodatinlinssien vaikutus väriympyrän väreihin valokuvissa	31
5 TUTKIMUKSEN TULOKSET	34
5.1 Kokeellinen tutkimus värisuodattimien vaikutuksesta värillisen kohteen yksityiskohtien havaitsemiseen	34
5.2 Suodatinlinssien vaikutus väriympyrän väreihin valokuvissa	36
6 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	39
6.1 Värisuodattimien vaikutus värillisen kohteen yksityiskohtien havaitse- miseen	39

6.2 Suodatinlinssien vaikutus väriympyrän väreihin valokuvissa	40
7 POHDINTA	42
7.1 Kokeellinen tutkimus värisuodattimien vaikutuksesta värillisen kohteen yksityiskohtien havaitsemiseen	42
7.2 Suodatinlinssien vaikutus väriympyrän väreihin valokuvissa	44
LÄHTEET	46
LIITTEET	49

1 JOHDANTO

Optikon työssä on jatkuvasti tarvetta paitsi kouluttautumiseen, myös erikoistumiseen ja erityisammattiosaamisen hankkimiseen. Tätä tarvitaan oman kilpailukyvyyn parantamiseksi nykyisillä työmarkkinoilla, asiakkaiden tarpeisiin vastaamiseksi sekä liiketoiminnassa menestymiseksi. Harrastenäkeminen ja harrastelasis ovat heikommin tunnettu ja hyödynnetty erityisala optikkoliikkeiden toiminnassa. Urheiluammunta on eräs monipuolisimpia ja vaativimpia näköaistin toimintoja edellyttävä harrastus (Gardner & Sherman 1995, 22–23). Se, mikä harrastuslaseissa pätee urheiluammuntaan, erityisesti linssien suodatinominaisuuksiin, on hyödynnettävissä myös muiden harrastuslasien käytössä ja valinnassa.

Suodatinlasien värin valintaperuste on usein puutteellinen tai ristiriitainen sekä käytännössä että eri kirjallisissa lähteissä. Erilaisten suodatinlasien näkemistä parantava vaikutus kuvataan yleensä vain sanallisesti subjektiivisten havaintojen perusteella, varsinaisia objektiivisia mittaustuloksia ei ole (Eperjesi, Fowler & Evans 2002, 68). Tämän opinnäytetyön lähtökohtana oli selvittää, voiko suodatinlasin väriä valita objektiivisin perustein vai onko edelleenkin tyydyttävä subjektiivisesti saatuihin vaikutelmiin. Tarkoituksemme on muutamalla pelkistetyllä kokeella tutkia, miten suodatinlasin näkemistä parantavaa vaikutusta voi mitata. Mittaustulosten perusteella tietyn väriselle taustalle voisi objektiivisesti valita parhaiten sopivan suodatinvärin. Tällaisella suodatinlasilla kohteesta voisi erottaa mahdollisimman paljon yksityiskohtia. Lisäksi tarkoitus on esittää menetelmä, jolla optikko voisi havainnollistaa myymiensä värisuodattimien vaikutusta värien näkemiseen valokuvien avulla. Tällainen värisuodattimen vaikutuksen demonstroiminen saattaisi helpottaa ampumaharrastajien linssivalintaa suuresta tarjolla olevasta linssivärivalikoimasta.

Työn tavoitteina ovat oman ammattiosaamisen laajentaminen ja syventäminen sekä erikoistuminen harrastelaseihin. Näiden lisäksi tavoitteemme on tietysti myös harrastenäkemiseen liittyvän tiedon tuottaminen ja kerääminen näkemisen ammattilaisten ja ampumaharrastajien käyttöön.

2 AMPUMAHARRASTUS JA NÄKEMINEN

2.1 Näkyvän valon spektri

Näkyvä valo on osa sähkömagneettisen säteilyn spektriä. Sähkömagneettinen spektri käsittää säteilyn gamma- ja kosmisista aalloista aina radioaaltoihin asti. Näkyvän valon osa tästä spektristä on erittäin pieni: vain 380–760 nanometrin aallonpituudet on mahdollista erottaa silmin (Meister & Sheedy 2010, 4). Taulukkoon 1 on koottu näkyvän valon spektrin aallonpituudet ja niitä edustavat värit (Meister & Sheedy 2010, 5).

TAULUKKO 1. UV- ja infrapunasäteilyn sekä näkyvän valon aallonpituudet Meisterin & Sheedyn (2010, 5) mukaan

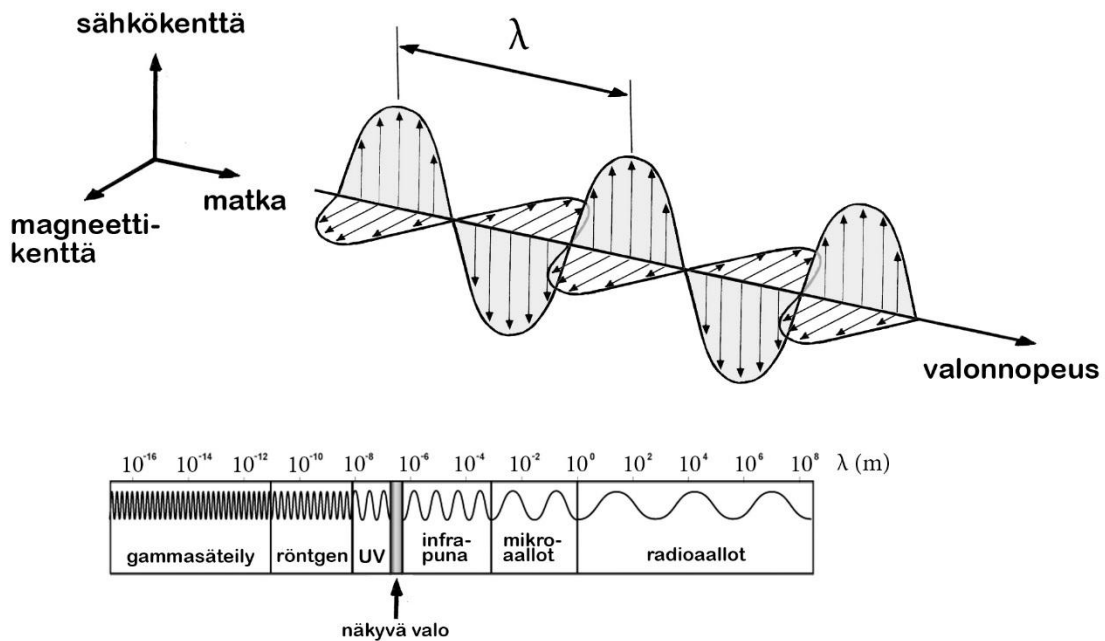
Väri	Aallonpituus (nm)
Ultravioletti	200–380
Violetti	380–450
Sininen	450–490
Vihreä	490–560
Keltainen	560–590
Oranssi	590–620
Punainen	620–760
Infrapuna	760–1,000,000

Sähkömagneettisella säteilyllä on sekä sähkökenttä että magneettikenttä, jotka värähtelevät toisiaan vastaan kohtisuorissa tasoissa. Sähkömagneettinen säteily on poikittaista aaltoliikettä, ja se pystyy etenemään ilman väliainetta sekä kuljettamaan energiaa. (Lehto & Luoma 2000, 148.)

Valo etenee noin 300 000 kilometriä sekunnissa jatkuvasti värähdellen, kuten kuvioon 1 on havainnollistettu. Valon värähtelykuvio muistuttaa sinikäyrää. Vä-

rähtelytaajuus f ilmaisee yhtä sekuntia kohden tapahtuvien värähtelyjen määrän. Taajuus saadaan valon nopeuden V ja valon aallonpituuden λ suhteena (Meister & Sheedy 2010, 4). Aallonpituus tarkoittaa kahden peräkkäisen värähtelijän välimatkaa toisistaan (kuvio 1). Taajuus f lasketaan kaavalla (1),

$$f = \frac{V}{\lambda} \quad (1).$$



KUVIO 1. Valon eteneminen tapahtuu aaltoliikkeenä sähkökentän ja magneettikentän värähtelyinä. Sähkömagneettisen säteilyn eri lajit ja aallonpituudet on esitetty kuvan alaosassa. Kuvio on uudelleenpiirretty Lillesandin & Kieferin (1994) sekä Härmän (2014, viitattu 22.10.2014) mukaan

Valon ensisijaisia lähteitä tai säteilijöitä ovat esimerkiksi aurinko, tähdet ja tuli. Nämä lähteet muodostavat valosäteilyn itse. Toissijaisiksi säteilijöiksi kutsutaan esineitä, jotka absorboivat valkoisen valon ja toisaalta heijastavat oman värinsä aallonpituudet. Esimerkiksi sininen auto näyttää siniseltä, koska se heijastaa sinisen valon ja absorboi muita värejä. (Meister & Sheedy 2010, 5.)

Eri väliaineet vastustavat valon kulkua. Tyhjiössä ja ilmassa valonnopeus on noin 300 000 kilometriä sekunnissa, mutta kaikissa muissa tunnetuissa aineissa ja materiaaleissa nopeus on pienempi. Ilman valonnopeuden V_{ilma} ja väliaineen

valon nopeuden V_{aine} suhdetta kutsutaan valon taitekertoimeksi n kyseisessä väliaineessa (Meister & Sheedy 2010, 5). Taitekerroin n lasketaan kaavalla (2),

$$n = \frac{V_{ilma}}{V_{aine}} \quad (2).$$

Taulukon 1 mukaan valkoisella valolla on monta eri aallonpituutta. Kaavan (1) mukaan saman taajuisella valolla, jolla on eri aallonpituudet, täytyy taten olla eri nopeudet. Eri väreillä onkin eri nopeudet linssissä, mutta tässä tutkielmassa pelkkä aallonpituuksien tarkastelu on riittävää. Taulukkoon 1 on myös lisätty ultraviolettin- ja infrapunasäteilyn aallonpituudet. Vaikka niistä ei näköaistimusta tulekaan, ovat ne näkyvän valon spektrin välittömässä läheisyydessä ja myös haitallisia ihmisen silmälle (Meister & Sheedy 2010, 5).

2.2 Polarisoitunut valo

Sähkömagneettinen säteily on poikittaista aaltoliikettä, jossa sähkö- ja magneettikenttä värähtelevät kohtisuorasti toisiaan sekä etenemissuuntaansa vastaan. Valon lähde synnyttää valoa, jonka sähkö- ja magneettikentät värähtelevät kaikkiin suuntiin. Tällöin valo on polarisoitumatonta. Sähkökentän värähdellessä vain yhteen suuntaan puhutaan täysin **polarisoituneesta** valosta (Lehto & Luoma 2000, 176). Valo polarisoituu osittain tullessaan vinosti rajapintaan. Tällöin valo heijastuu ja osittain taipuu, jolloin sekä taittuneet että heijastuneet säteet ovat osittain polarisoituneita. Metallipinnasta valo polarisoituu huonosti. Säteet eivät kuitenkaan polarisoidu, jos tulokulma on kohtisuorassa rajapintaa vastaan (Lehto & Luoma 2000, 177). Polaroidien aurinkolasien eli **polarisaatio suodattimien** häikäistymistä vähentävä vaikutus perustuu juuri polarisoituneen heijastuneen valon eliminaatioon. Polaroidissa aurinkolaseissa läpäisyakseli on pystysuunnassa, jolloin maasta, jäältä tai lumesta heijastuneet poikittaiset polaroituneet aallot suodattuvat pois. (Benson 1991, 781.)

2.3 Kontrasti

Kontrasti tarkoittaa yksinkertaisimmillaan kohteen pinnan tummuus- ja valoisuseroja. Tarkasteltaessa kohteen kirkkauseroja, kontrasti on maksimi- ja minimiluminanssien erotus jaettuna niiden summalla (Patorgis 1991, 498). Kontrasti K lasketaan kaavalla (3),

$$K = \frac{(L_{max} - L_{min})}{(L_{max} + L_{min})} \quad (3).$$

Kohteen prosentuaalinen kontrasti saadaan kertomalla tämä suhdeluku sadalla. Kontrasti voidaan määrittää myös vaihtoehtoisesti Weberin kaavalla, jota käytetään tarkkarajaisissa kohteissa, tai Michaelsonin kaavan mukaan. Kaavassa L_t on taustan ja L_k kohteen kontrasti. Weberin kontrasti K lasketaan kaavalla (4) (Elliott 1998, 203),

$$K = \frac{(L_t - L_k)}{L_t} \quad (4).$$

Kontrastiherkkyys kuvaa tutkittavan kykyä erottaa matalakontrastisia yksityiskohtia. Mitä korkeampi kontrastiherkkyys, sitä paremmin henkilö erottaa matalakontrastisia yksityiskohtia. Kontrastiherkkyys on kontrastikynnyksen käänteisarvo. Kontrastikynnys on pienin kontrasti, jolla ärsyke havaitaan taustasta.

2.4 Lea Numbers -taulujen käyttö

Lea-taulut ovat suomalaisen silmälääkäriin Lea Hyvärisen kehittämiä. Lea Numbers testissä taulut kiinnitetään valaistuun laatikkoon (kuvio 2). Numeromerkit eli optotyypit sisältävät taulut ovat läpikuultavia ja siten taustavalaistuja. Useimmin käytetyssä taulussa merkit ovat mustia valkealla taustalla. Kontrasti on silloin 100 prosenttia, mutta myös matalakontrastisia testitauluja on olemassa. Matalakontrastisilla tauluilla mittaus tehdään samalla tavalla kuin 100 prosentin tauluilla. Optotyyppijä kullakin taulun rivillä on ylimmässä neljä, muissa viisi kappaletta ja rivejä taulussa on 15 kappaletta. Jokaisen rivin kohdalla on desimaaliluku, joka kertoo näöntarkkuuden. Ylintä suurimpia merkkejä vastaava

tarkkuus on 0.2 ja alimpia pienimpiä merkkejä vastaava tarkkuus on 2.50, kun etäisyys on 4 metriä. Alemmat rivit on vielä jaettu kahteen ryhmään, joten molempien silmien tutkiminen onnistuu taulua vaihtamatta. (Lea-Test Ltd 2014, viitattu 27.8.2014.)



KUVIO 2. Korkeakontrastinen (100 %) Lea Numbers -taulu taustavalaistuna valolaatikossa. Valokuva: Marjoniemi & Niemelä

Tutkimusetäisyys taulun ja tutkittavan välillä on neljä metriä 100 %:n korkeakontrastisella taululla ja 3 m matalakontrastisilla tauluilla. Tutkittava asettuu seisomaan tutkimusetäisyydelle taulusta ja luettelee merkkejä. Kun riviltä ei luettele enää kolmea merkkiä viidestä oikein, mittaus lopetetaan. Näöntarkkuus on sitten edellisen rivin osoittama desimaaliluku. Jos tutkittava ei luettele kaikkia merkkejä oikein, voidaan väärin luetut merkit merkitä seuraavasti: 0.8^{-2} eli tutkittava näkee 0.8-visusriviltä kolme merkkiä viidestä oikein. Tutkittava voi myös nähdä muutaman merkin seuraavalta riviltä. Tällöin näöntarkkuus voidaan merkitä muotoon 0.8^{+1} , joka tarkoittaa yhden merkin erottamista seuraavalta riviltä. (Lea-Test Ltd 2014, viitattu 27.8.2014.) Kaikki mitatut näöntarkkuudet voidaan muuttaa desimaalimuotoon, kuten liitteessä 1 on tehty.

2.5 Suodatinlasien toiminta

2.5.1 Lämpäisevyys ja heijastuskerroin

Linssin **lämpäisevyys** tarkoittaa valon osaa, joka lämpäisee linssin imeytymättä. Lämpäisevyys saadaan valon alkuperäisen määrän, intensiteetin I_0 , ja tietyn paksuisen kerroksen lämpäisevyysvakion q tulona, jossa n on kerroksien lukumäärä. (Meister & Sheedy 2010, 103–104). Lämpäisevyys τ prosentteina saadaan kaavasta (5),

$$\tau = 100 \cdot I_0 \cdot q^n \quad (5).$$

Valo siis heijastuu aina, ainakin osittain, tullessaan vinosti linssin pinnalle. Jokaiselle linssimateriaalille pystytään määrittämään oma heijastuskertoimensa R , josta selviää linssin pinnalta alkuperäisestä valosta heijastunut määrä. Heijastuskerroin saadaan linssin taitekertoimen n' ja ilman taitekertoimen n avulla. (Meister & Sheedy 2010, 11). Heijastusvakio R lasketaan kaavalla (6),

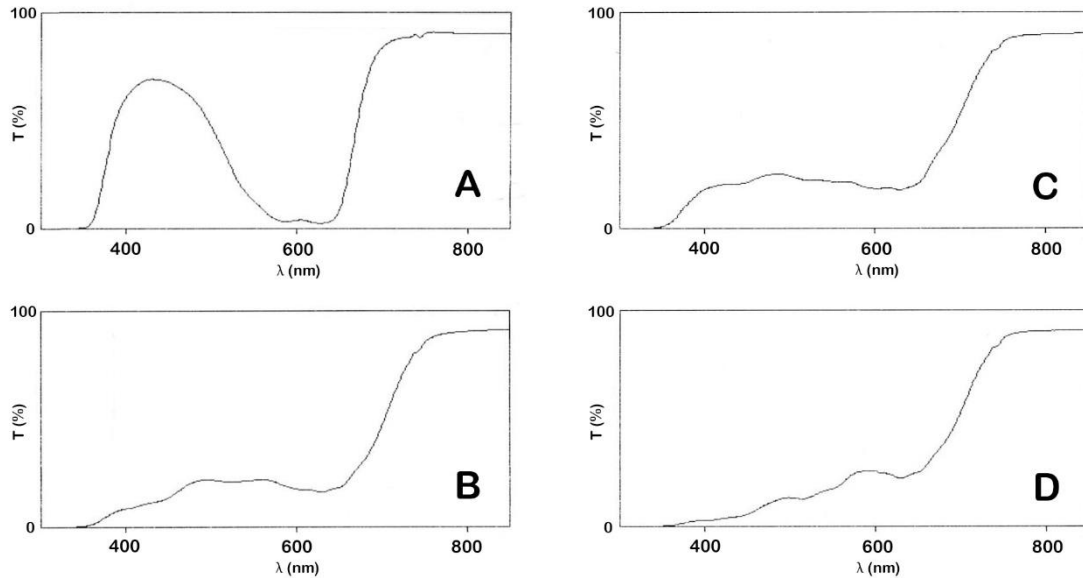
$$R = \left(\frac{n' - n}{n' + n} \right)^2 \quad (6).$$

Nyt linssin lämpäisevyys T on tulevan valon määrä vähennettynä heijastuneen valon määrällä. Lämpäisevydessä ei kuitenkaan oteta huomioon linssissä tapahtuvaa absorptiota. Lämpäisevyys T saadaan kaavalla (7),

$$T = 1 - R \quad (7).$$

Valon kohdatessa läpinäkyvän rajapinnan ilmassa se osittain heijastuu, jonka jälkeen se lämpäisee rajapinnan taittuen. Rajapinnan, kuten linssin, ollessa kirkas valo kulkee linssin läpi imeytymättä eli absorboitumatta. Valo kuitenkin absorboituu osittain, jos linssi on värjätty tai polarisoitu. Linssi lämpäisee parhaiten itsensä värisiä aallonpituuksia, ja absorboi muita aallonpituuksia. Värjättyjä ja polarisoituja linsskejä kutsutaankin suodatinlaseiksi. Linssin suodatinominaisuudet määräytyvät sen värin mukaan. Jos linssi on harmaa, linssi suodattaa näkyvää

valoa tasaisesti spektrin ääripäitä lukuun ottamatta, kuten kuviossa 3c. Tietyn värinen linssi, kuten esimerkiksi keltainen tai punainen, läpäisee parhaiten itsensä väriset aallonpituudet ja suodattaa muita aallonpituuksia. Tällaisia suodattimia kutsutaan **selektiivisiksi suodattimiksi**. (Meister & Sheedy 2010, 103–104.) Kuviossa 3 on esitetty neljän eri suodatinlasin valon läpäisevyys I transmittanssi näkyvän valon aallonpituuksilla.



Kuvio 3. Valon läpäisevyys (%) näkyvän valon aallonpituuksilla (nm) neljällä erilaisella suodatinlasilla. A = sininen Essilor Unifocal Orma He-Ne -lasersuojalasi ($\lambda=632$ nm.), B = vihreä suodatinlasi Hoya Impact Green (G-15), C = harmaa suodatinlasi Hoya Impact Grey ja D = ruskea suodatinlasi Hoya Impact Brown. Selektiivinen suodatin A muuttaa värimaailmaa voimakkaasti, suodattimet B, C ja D toistavat värit luonnollisempina. Spektrimittaukset: Marjoniemi & Niemelä

Värilliset suodattimet muuttavat värisävyä, värikylläisyyttä (saturaatio) ja värisävyn kirkkautta (Birch 2001, 129). Värillisen suodattimen läpi katsottuna erotetaan vähemmän värisävyjä kuin ilman suodatinta (Birch 2001, 133). Värillinen suodatin siis heikentää aina värinäkemistä. Värisuodattimien tuottama hyöty tulee kuitenkin siitä, että ne lisäävät valikoiden värien välisiä kirkkauseroja eli kontrastia. Hyvä yleissääntö suodatinlinssin toiminnan ymmärtämiseen on se, että linssi vaalentaa itsensä väristä kohdetta ja tummentaa vastaväriä (Laitinen

1990, 16). Selektiivisiä keltasävyisiä suodattimia käytetään, koska ne mahdollistavat parhaan kontrastin päivänäöllä absorboimalla helposti siroavan sinisen valon osan pois (Meister & Sheedy 2010, 106). Häikäistymisen estäminen on kuitenkin tärkein syy suodattimien käyttämiseen (Meister & Sheedy 2010, 104).

2.5.2 Suodattimen väri ja tummuusaste

Kuvaukset värien toiminnasta ovat kirjallisuudessa subjektiivisia ja ne voivat olla ristiriidassa toistensa kanssa tai jopa täysin virheellisiä. Tässä muutama esimerkki: ”Keltainen väri taas antaa lisävaloa pimeähköllä ilmalla” (Suomen Ampumaurheiluliitto 2014, viitattu 2.11.2014). Puna-vihersokealle suositellaan keltaista suodatinta (Finnish Military Shooting Team 2014, viitattu 14.1.2014) ja toisaalta punaista suodatinta (LM Lenses 2014, viitattu 18.2.2014). Väriin valinta perustuu lähes täysin käyttäjien kokemuksiin ja havaintoihin.

Linssien värisävyjä on useita. Yleisimpiä lienevät kuitenkin keltainen, oranssi, punainen, harmaa, purppura, vihreä ja ruskean eri sävyt (GundogsOnline.com 2014, viitattu 18.2.2014). Väriin tummuusaste valitaan valon kirkkauden tai hämäryyden mukaan. Voimakkaassa valaistuksessa käytetään tummia ja heikossa valaistuksessa vaaleita värisävyjä. Värien tummuusasteita, kuten myös värisävyjä, on tarjolla ampujanlaseihin hyvin suuri kirjo. Taulukossa 2 on ilmoitettu eurooppalaisen CE-standardin EN1836:2005 mukainen aurinkolasien tummuusasteluokittelu. Ampujanlasit luokitellaan tummuudeltaan vastaavasti.

TAULUKKO 2. CE-standardin (EN1836:2005) mukainen suodatinlinssien tummuusasteluokittelu BS EN1836 (2005) mukaan

Luokka	Värisävy	Käyttöolosuhteet	Läpäisy (%)	Käyttö autoilussa
0	Kirkas tai hyvin vaalea	Sisätilat tai pilvinen sää	80–100	Sopii aina
1	Vaalea	Vähäinen auringonpaiste	43–80	Ei yöllä
2	Keskiverto	Keskiverto auringonpaiste	18–43	Ei yöllä
3	Tumma	Kirkas auringonpaiste	8–18	Ei yöllä
4	Hyvin tumma	Erittäin kirkas auringonpaiste	3–8	Ei ollenkaan

Seuraavassa on koottuna yleisimpien ammunnessa käytettyjen värien käyttösuosituksia erityisesti GundogsOnline.com (2014, viitattu 18.2.2014) ja LM Lenses (2014, viitattu 18.2.2014) mukaan:

Keltainen väri parantaa oranssin savikiekon erottumista taustasta, ja parantaa näkemistä utuisissa, pilvisissä ja sateisissa olosuhteissa sekä sinertävässä valossa. Vaalean keltainen väri on hyvä ammuttaessa yöllä (GundogsOnline.com 2014, viitattu 18.2.2014). Keltainen parantaa kontrastia myös sinistä taivasta vasten (Charman 1995, 99). Oranssi väri puolestaan parantaa oranssien kohteiden, esimerkiksi savikiekkojen näkemistä (GundogsOnline.com 2014, viitattu 18.2.2014).

Purppura parantaa oranssien kohteiden kontrastia vihreää taustaa tai taivasta vasten ts. puita vasten oranssit kohteet erottuvat helpommin (LM Lenses 2014, viitattu 18.2.2014; GundogsOnline.com 2014, viitattu 18.2.2014). Tumma sävy sopii häikäisyn estoon ja lumelle. Punainen väri korostaa oranssia ja tummentaa vihreän sävyjä. Vihreää taustaa vasten ampuessa ei toimi tai on erittäin huono (GundogsOnline.com 2014, viitattu 18.2.2014).

Pronssi/kupari väri suodattaa sinistä valoa ja parantaa muiden värien kontrastia. Väri on erinomainen vihreää taustaa vasten olevia kohteita ammuttaessa kirkkaalla päivällä. Ruskea väri sopii avoimiin ympäristöihin ja on hyvä metsästyksessä, kun ruskeita värisävyjä pitää erottaa toisistaan. Kirkkaina päivinä häikäisyn estoon sopii parhaiten tumman ruskea sävy. (GundogsOnline.com 2014, viitattu 18.2.2014.) Charmanin (1995, 99) mukaan vihreä väri olisi hyvä metsämaille. Harmaa väri on hyvä kohteisiin, jotka erottuvat taivasta vasten. Väri vähentää taustan kirkkautta, ja parantaa siten kohteen näkemistä (LM Lenses 2014, viitattu 18.2.2014).

2.6 Urheilunäkemisen ja harrastuksen vaatimukset

Näköaistimus on hyvin monissa urheilulajeissa tärkein informaatiolähde ympäristöstä. Gardner & Sherman (1995, 22–24) luokittelivat joukon urheilulajeja asteikolla 1–5 sen mukaan, miten merkittävä näköaisti oli kullekin urheilulajille.

Numero 1 oli matalin merkitystaso, numero 5 korkein. Näköaisti oli jaettu kymmeneen erilliseen osa-alueeseen, jotka kukin luokiteltiin erikseen em. asteikolla. Nämä osa-alueet olivat: näöntarkkuus, dynaaminen näöntarkkuus, okulomotoriset taidot, silmän ja käden (ja laajemmalti koko kehon) toiminnan välinen koordinaatio, syvyysnäkeminen, akkommodaatio, näkökentän keskeinen-ääreinen valppaus, visuaalinen reaktioaika, visuaalinen mukautuvuus sekä visualisointi. Pisteyttämällä nämä osa-alueet, kullekin urheilulajille syntyy oma teoreettinen näkötehtävien profiili (liite 2).

Näöntarkkuus eli visus kuvaa sitä, miten lähellä toisiaan kaksi kohdepistettä voi olla jotta ne yhä havaittaisiin erillisinä. Välimatkan sijasta kohdepisteiden pienintä etäisyyttä toisistaan ilmaistaan kulmaetäisyytenä θ kaariminuuteissa eli angulaarisena näöntarkkuutena (ks. esim. Meister & Sheedy 2010, 43). Angulaarisen näöntarkkuuden käänteisarvo on varsinainen näöntarkkuuden mittayksikkö, visus (V) saadaan kaavasta (8),

$$V = \frac{1}{\theta} \quad (8).$$

Näöntarkkuuteen vaikuttaa myös se, miten suuri kontrasti eli valoisuusero kohdepisteiden ja niiden taustan välillä on. Kontrastin laskiessa näöntarkkuus pienenee. Harrastusolosuhteissa kontrasti on harvoin maksimaalinen, kuten esimerkiksi näöntarkastustilanteessa tyypillisesti on.

Dynaaminen eli kineettinen näöntarkkuus tarkoittaa näöntarkkuutta silloin, kun havaittava kohde liikkuu tai jos havainnoija on liikkeessä (Gardner & Sherman 1995, 27). Liikenopeuden lisääntyessä dynaaminen näöntarkkuus pienenee. Tämän seurauksena liikkuvasta kohteesta erotetaan vähemmän yksityiskohtia kuin liikkumattomasta kohteesta.

Okulomotoriset taidot liittyvät keskushermoston ohjaamiin silmänliikuttajalihasten koordinoituihin liikkeisiin silmien välillä (silmiä lihastasapaino), silmien, silmäluomien ja silmän sisäisten lihasten yhteistoimintaan sekä silmien liikkeisiin suhteessa pään liikkeeseen (Gardner & Sherman 1995, 29). Eräs tärkeimmistä

taidoista on kyky seurata katseella liikkuvaa kohdetta. Okulomotoriset taidot ovat myös yhtenä edellytyksenä akkommodaatiolle eli kyvylle tarkentaa katse eri etäisyyksille sekä syvyyšnäkemiselle eli kyvylle kahden silmän avulla hahmottaa kohteen etäisyys.

Näköaistin ja käden toiminnan välinen koordinaatio tarkoittaa silmien ja käden liikkeiden yhteistoimintaa, jossa näköaistin aisti-informaatiota käytetään ohjaamaan käden liikkeitä esimerkiksi kurottautumiseen kohti jotakin esinettä ja siihen tarttumiseen. Toisaalta käden asentoaisti myös ohjaa katsetta kääntymään kohti kättä, kun se tarttuu kohteeseen. Samanlainen yhteistoiminta vallitsee myös silmien ja koko vartalon liikkeiden välillä (Bhootra & Sumitra 2008, 28). Visuaalinen mukautuvuus tarkoittaa kykyä mukauttaa silmiä ja näköjärjestelmää sekä kehon nopeita reaktioita vasteena näköhavaintoihin (= visuaalinen reaktioaika).

Näkökentän keskeinen-ääreinen valppaus tarkoittaa kykyä tehdä nopeita havaintoja ja reagoida niihin myös näkökentän reunaosilta eikä pelkästään keskeisen näkökentän tarkannäkemisen alueelta (Bhootra & Sumitra 2008, 27). Visualisointi eli mielikuvaharjoittelu tarkoittaa sitä, että mielessä muodostetaan näköhavainnon kaltainen kuva siitä, mikä on suorituksen haluttu lopputulos (Gardner & Sherman 1995, 35).

Ampumaharrastuksista ne lajit, joissa ammutaan liikkuvaa kohdetta, ovat em. luokittelun mukaan näkötehtäviltään monipuolisimpia ja vaativimpia. Liikkumattomaan, kiinteällä etäisyydellä olevaan maaliin ammunta on sen sijaan merkittävien näkötehtävien lukumäärän suhteen vaatimattomampi. Tämä ei kuitenkaan tee suorituksesta sen helpompaa onnistumisen kannalta.

2.7 Harrastelajit

Skeet ja trap ovat ampumaurheiluja, joissa savikiekkoja ammutaan haulikolla. Savikiekkojen värit vaihtelevat maittain, mutta ovat kuitenkin loistevärejä. Suomessa käytetään oranssin värisiä kiekkoja. Skeet ja trap ovat erittäin nopeita lajeja, joissa itse ampuminen valmiusasennosta tapahtuu alle sekunnissa. Lajit

ovat ainoita ampumaurheilulajeja, joissa ei ampussa katsota suoraan aseeseen tähtäimiä tai muita osia, vaan itse ammunnan kohdetta, so. kiekkoa (Laitinen 1990, 4).

Kiväärilajeihin kuuluvat polvi-, pysty- ja makuuasennot. Kiväärilajeissa on tärkeää nähdä sekä maali että etutähtäin terävänä. (Laitinen 1990, 3). Kiväärilajeissa ammutaan yleensä erikokoisiin mustavalkoisiin maalitauluihin eri etäisyyksiltä reikä- eli diopteritähäntä käyttäen (Laitinen 1990, 4), poikkeuksena metsästys. Kiväärilajeissa tähtäämiseen käytetty aika on paljon pidempi kuin haulikkoammunnassa. Metsästyksessä kiväärin avotähtäimet on korvattu optisilla tähtäimillä, kuten kiikari- tai punapistetähtäimillä (Laitinen 1990, 4).

Pistooliammunnassa maalitaulut ovat myös yleensä mustavalkoisia, mutta ampumaetäisyydet ovat kiväärilajeihin verrattuna huomattavasti lyhyemmät. Etäisyydet vaihtelevat 1–200 metrin välillä lajista riippuen. Tyylejä pistooliammunnassa on useita, yleisin on kuitenkin ampuminen seisaaltaan joko yhdellä kädellä (kouluammunta-asento) tai kahdella kädellä (ns. Weaver-asento). Ampumatyylit riippuen sekä takatähtäimen etäisyys silmästä että tähtäämiseen käytetty aika vaihtelevat. Practical-ammunta on erittäin nopeaa ammuntaa, jossa esimerkiksi ammutaan 6 laukausta 3 sekunnissa. (Laitinen 1990, 5). Pistooliammunnassa on tärkeää nähdä tähtäimet, hahlo ja jyvä terävinä (Laitinen 1990, 3).

2.8 Näkeminen ampussa ja dominoiva silmä

2.8.1 Kivääri- ja pistooliammunta

Tähtäämisen onnistumisen edellytyksenä on tarkkanäköisyys, mahdollinen taitovirhe on oltava korjattuna (Finnish Military Shooting Team 2014, viitattu 14.1.2014). Ampumasuorituksen aikana tähtääminen tapahtuu molempien silmien ollessa auki. Tähtäämiseen käytetään parempaa silmää, mikä on yleensä dominoiva silmä. Jos tähtäävä silmä on aseeseen käytön kannalta väärällä puolella asetta, tätä voi helpottaa apukeinoilla. Apukeinoina tähtäyslinjan siirtämiseen sivusuunnassa ovat mm. kivääriin kiinnitettävä periskooppiperiaatteella toimiva optinen tähtäinkuvan siirtäjä (Laitinen 1990, 16) tai itse tähtäimien siirtäminen

piippulinjasta sivulle sivukiskon avulla (Finnish Military Shooting Team 2014, viitattu 14.1.2014).

Hitaissa ampumalajeissa (mm. kivääriammunta, pistooliampunta yhdellä kädellä) käytetään usein erikoislaseja, joissa vapaan silmän eteen voidaan laittaa tähtäämistä helpottava muutaman neliösenttimetrin suuruinen peittolappu (Laitinen 1990, 10–16; Finnish Military Shooting Team 2014, viitattu 14.1.2014). Peittolappu estää kaksoiskuvan muodostumisen, mutta mahdollistaa vapaan silmän ääreisnäön ampumaympäristöstä. Etenkin pystyammunnassa on silloin helpompi säilyttää vakaa asento. (Finnish Military Shooting Team 2014, viitattu 14.1.2014.)

Kivääriammunnassa tähdättäessä katse on yleensä tarkentuneena etutähtäimeen, sillä silmän syvyysterävyysalue on kapea eikä se mahdollista samanaikaisesti terävää kuvaa sekä tähtäämistä ja maalitaulusta. Myös maali on kyettävä näkemään tarkasti, jotta tähtäimet voidaan asettaa taulun keskelle. Pistoolilla ammuttaessa on nähtävä tähtäimet tarkasti, tarkka kuva maalitaulusta ei ole niin tärkeää. (Laitinen 1990, 3; Finnish Military Shooting Team 2014, viitattu 14.1.2014.)

2.8.2 Haulikkoammunta

Ammuttaessa haulikolla liikkuvaa kohdetta (kiekkoa ym.), tähtäävän silmän tulee olla aina aseeseen piipun päällä olevan kiskon yläpuolella (Brannon & Hanharan 2011, 48). Tähtäävä silmä ei katso jyvää tai kiskoa, vaan suoraan kohdetta. Ääreisnäön avulla hallitaan piipun suuntausta ja ennakon ottoa suhteessa kohteeseen. Molempien silmien laaja näkökenttä yleensäkin on oleellinen kohdetta paikallistettaessa sekä etäisyyttä arvioitaessa (Finnish Military Shooting Team 2014, viitattu 14.1.2014). Tämän vuoksi on tarpeellista pitää molemmat silmät auki ammunnan aikana.

Dominoivan (tähtäysjohtavan) silmän näkeminen ohjaa ensisijaisesti aseeseen piipun suuntaamista maaliin osumiseksi. Silmän dominanssi vaikuttaakin merkittävästi ammuttaessa liikkuvaa kohdetta (Brannon & Hanharan 2011, 51). Do-

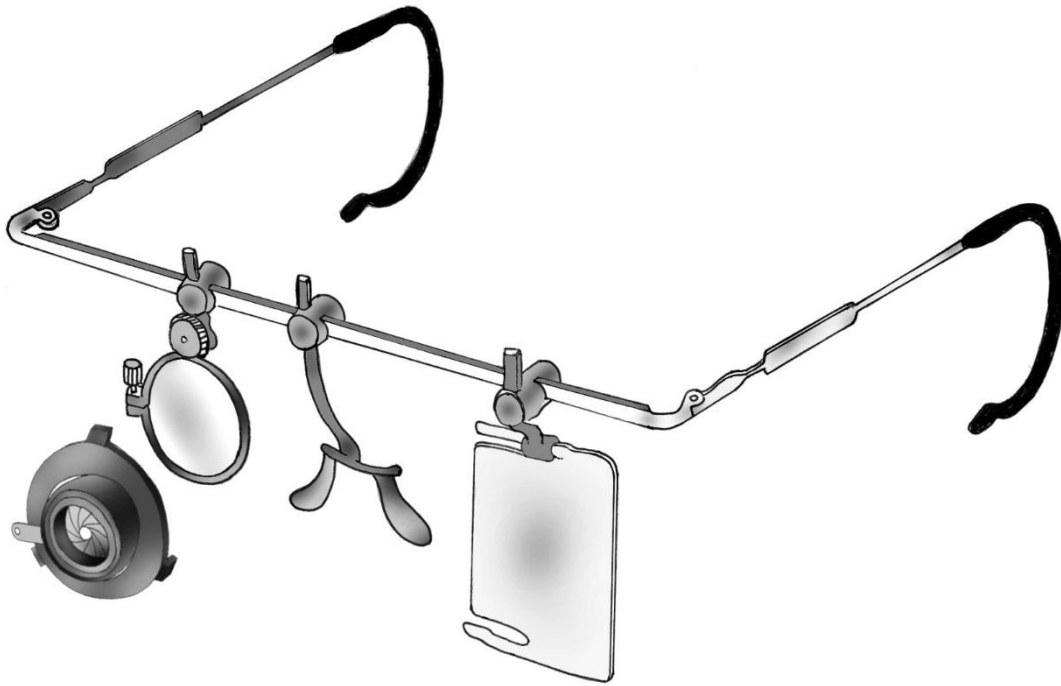
minoiva silmä, jonka tulisi olla myös tähtäyssilmä, katsoo suoraan kohteeseen ja viereinen silmä katsoo kohdetta viereltä hieman vinosti dominoivaan silmään nähden. Tämä mahdollistaa kohteen etäisyyden hahmottamisen binokulaarisen näkemisen myötä.

Tilannetta jossa dominoiva silmä ja dominoiva käsi ovat eri puolilla, kutsutaan ristikkäiseksi dominanssiksi. Ristikkäinen dominanssi on ongelmallista erityisesti haulikkoammunnassa, pistooli- ja kivääriammunnassa sen merkitys on vähäisempää. Oikeakätinen henkilö, jolla on ristikkäinen dominanssi, asettaa haulikolla ampuessaan aseensa tukin oikeata olkapäätä vasten, mutta tähtää vasemalla silmällä. Oikea silmä on piipun kiskon yläpuolella, mutta ei tähtää. Tällöin dominoiva silmä (vasen) muodostaa tähtäinkuvan vinosti haulikon piipun yli kohti maalia. Tämän seurauksena laukaus menee ohi vasemmalta.

Ristikkäisen dominanssin korjaamiseksi on ensisijaisesti opeteltava ampumaan vastakkaiselta puolelta - jos yleensä mahdollista - tai on saatava piipun yläpuolella oleva silmä katsomaan suoraan kohteeseen peittämällä dominoiva silmä joko kokonaan tai heikentämällä sen näkemistä sumentavalla linssillä, mattalassilla tai muulla apukeinolla. Eräs keino on sulkea dominoiva silmä hetkeksi tähtäämisen ja laukaisun aikana. Jos kumpikaan silmä ei ole dominoiva, vastaavalla tavalla myös tässä tapauksessa piipun yläpuolinen silmä on saatava kaikissa tilanteissa katsomaan suoraan kohdetta. (Brannon & Hanharan 2011, 51–54.)

2.9 Ampujanlasit ja niiden käyttötarkoitukset

Ampujanlasit voidaan jakaa karkeasti kahteen tyyppiin: nopeissa ammutalajeissa käytettäviin, aurinko- tai urheilulaseja muistuttaviin lasihin, sekä hitaissa lajeissa (rata-ammunta kiinteään tauluun pistoolilla tai kiväärillä) käytettäviin lasihin, joissa on erikoiskehys (kuvio 4). Tällaista kehystä käytetään useimmin pienikaliiberisillä aseilla ammuttaessa (ilmakivääri ja -pistooli kaliiberi 4,5 mm, ruutiaseista .22 short ja .22 long rifle).



KUVIO 4. Kivääri- ja pistooliammuntaan tarkoitettu erikoiskehys, jossa on erikseen säädettävä tähtäävän silmän linssipidin, nenätyyny ja vapaan silmän peittolappu. Linssipitimen edessä näkyy pitimeen tarvittaessa kiinnitettävä iirishimmennin. Piirros: Marjoniemi & Niemelä

Tällaiseen erikoiskehykseen kuuluu metallinen otsatanko, johon on kiinnitetty aisat, nenätyyny sekä tähtäävän silmän linssi ja vapaan silmän peittolappu (Obstfeld, Pope, Efron & Rosen 1995, 120). Käännettävän peittolapun taakse voi laittaa myös korjauslinssin vapaalle silmälle. Lisäksi laseissa voi olla sivusuojat, jotka peittävät mahdolliset ympäristössä näkyvät keskittymistä häiritsevät liikkeet.

Kaikkien osien sijainti ja asento otsatangolla on helposti säädettävissä kiristysruuvien avulla. Otsatankoon voidaan vaihtaa pidikkeitä halkaisijaltaan erikokoisille refraktiota korjaaville linsseille sekä suodatinlaseille. Lisäksi tähtäävän silmän eteen lähelle linssiä voi kiinnittää säädettävän aukon, ns. iirishimentimen. Iirishimmennin avulla tähtääminen tapahtuu aina samasta kohdasta. Lisäksi himmentimen pieni aukko lisää myös syväterävyyttä, mistä on hyötyä erityisesti

ikäikäiselle ampujalle. Laajan akkommodaation omaavalle nuorelle ampujalle iirishimmennin on tarpeeton (Laitinen 1990, 15).

Haulikkoammunnassa ja tehokkailla pistooleilla ja kivääreillä ammuttaessa käytetään urheilulasien kaltaisia, suurilinsisiä laseja, joissa on kevyt mutta tukeva ja kestävä kehys. Tämänäyttöisillä ampujanlaseilla on useita tehtäviä. Lasien käyttö pelkästään silmien suojaamistarkoitukseen on jo oleellista. Ampujanlasit voi hankkia omilla voimakkuuksilla eli niillä on mahdollista korjata silmien taittovirhe.

Osassa ampujanlaseista linssien suuri kaarevuus heikentää linssien optisia ominaisuuksia, jolloin taittovirheen korjaaminen ampujanlasien avulla ei onnistu. Vaikka suuri kehyksen etuosan ja linssien kaarevuus (ns. face-form wrap) tekee laseista hyvin istuvat ja kasvojen myötäiset, optisesti olisi huono ratkaisu käyttää näihin lasihin omia voimakkuuksia. Syynä ovat lisääntynyt sfäärinen voimakkuus sekä astigmaattisuus akselisuunnassa 90° (Meister & Sheedy 2010, 69). Tällaisten ampujanlasien kanssa voi käyttää piilolaseja taittovirheen korjaamiseen.

Ampujanlasit suojaavat silmiä myös viimalta, auringon häikäisyltä ja UV-säteilyltä. Väriillisillä suodatinlinssillä ja polarisoivilla linsseillä voidaan parantaa kontrastia ja vähentää häiritseviä heijastuksia ampumatilanteissa. Ampujanlasien ergonomisuuteen pätee hyvin pitkälti samat seikat, kuin yleensäkin silmä- ja aurinkolaseihin. Keveys ja lasien miellyttävä tuntuma kuuluvat asiaan kuten myös kehyksen vakaa asento kasvoilla. Ampuessa aseeseen rekyyli voi heilauttaa päätä, jolloin painavien lasien isku tuntuu kasvoilla (Arosuo 1986, 39). Ampujanlaseja valittaessa on myös syytä tarkistaa se, että lasien sangat eivät nosta kuppimallisten kuulosuojainten pehmusteita irti päästä ja siten heikennä kuulonsuojausta (Vainio 2010, 17).

Korkeapaineisilla aseilla ammuttaessa patruunasta voi irrota pieniä kappaleita, etenkin messinki- ja lyijypaloja tai ruudinjyväsiä (Vainio 2010, 16; Finnish Military Shooting Team 2014, viitattu 14.1.2014). Itse aseesta voi myös lentää aseöljyä tai aserikon tullessa muita metallinsiruja. Haulikkoammunnassa voi lisäksi

lentää kiekonpaloja tai jopa yksittäisiä kimmonneita hauleja viereisiltä ampumapaikoilta. Practical-ammunnassa, jossa käytetään metallisia maalitauluja, katsojienkin silmien suojaus on pakollista mahdollisten taulusta kimpoavien luodin vaipan kappaleiden takia (Laitinen & Valtonen 2007, 101). Suojalaseja kannattaisi yleensäkin käyttää kaikenlaisessa ampumaharrastuksessa sekä ampussa ja ampumista seurattaessa (Vainio 2010, 16–17).

Polykarbonaatti on tavallisin linssimateriaali iskunkestävissä ampujanlaseissa sekä muissakin suojalaseissa. Eurooppalaisen suojalaseistandardin mukaisissa suojalaseissa on merkinnät CE ja EN166 sekä kehyksessä että linseissä. Yleensä myynnissä olevissa suojalaseissa jälkimmäisessä merkinnässä on vielä lisäkirjain F merkinä siitä, että lasit kestävät suurinopeuksisen, matalaenergisien kappaleen iskun (6 mm/0,86 g teräskuulan isku nopeudella 45 m/s) (ks. Jalie 2001, 178). Vastaava amerikkalainen standardimerkintä laseissa on ANSI Z 87.1. Ampujille tarkoitettujen suojalaseien suojausluokkaa ei ole määritetty virallisesti (Laitinen & Valtonen 2007, 101). Tästä huolimatta useimmat valmistajat ilmoittavat tuotteidensa täyttävän standardit EN166F ja ANSI Z 87.1 (esimerkiksi Sportshooter.de 2014, viitattu 12.2.2014).

Ammuttaessa ulko-olosuhteissa, maalin tausta ja valaistusolosuhteet muuttuvat sään, vuodenaikojen ja luonnollisen valomäärän vaihteluiden mukaan. Taustan muuttuminen on merkittävää erityisesti haulikkoammunnassa (Laitinen & Valtonen 2005b, 27). Suodatinlasien avulla on tällöin mahdollista parantaa maalin erottumista taustasta. Sisäämpumaradoilla ei kannata käyttää ampujanlaseissa mitään värisuodatinta, vaan pelkkää kirkasta linssiä. Kaikki suodatinlasit vähentävät silmään asti tulevan valon määrää eikä sisätiloissa ole yleensä liian kirkasta valaistusta.

2.10 Ampujan refraktion korjaus

Hyvä näöntarkkuus ja oikea lasikorjaus ovat ampujan näkemisen perusasiat (Laitinen 1990, 18). Laitisen ja Valtosen (2007, 89) havaintojen mukaan kuitenkin jopa 30–40 %:lla ammunnan harrastajista on puutteellinen tai virheellinen taittovirheen korjaus. Lieväkin korjaamaton hyperopia aiheuttaa ampujalle silmi-

en väsymistä ja ajoittaista tähtäinkuvan sumentumista Hajataitteisyyden seurauksena taulun keskiosa näyttää diopteritähtäimen läpi katsottuna soikealta. Avotähtäimien hahlo puolestaan näyttää menevän umpeen tai jyvän päällä näkyy ”karvoja”. (Laitinen & Valtonen 2007, 96.) Normaalitaitteinen ikänäköinen ampuja ei näe tarkasti avotähtäimiä. Likitaitteinen ei näe välttämättä edes tarkasti tähtäimiin saati taululle asti.

Aloitteleva nuori ampuja voi käyttää omia silmälaseja jos kaukorefraktio tulee niillä korjatuksi (Laitinen & Valtonen 2005a, 23). Parempia ratkaisuja on kuitenkin olemassa. Kivääriammunnassa erikoiskehyksellisissä ampujanlaseissa linsin asentoa voidaan säätää ampujan silmän mukaiseksi kaikissa ampumajärjestelmissä (pystyammunta, polviammunta ja makuuammunta).

Tavallisten silmälasien kiinteät linssit eivät toimi tähdättäessä optimaalisesti, sillä pää ja silmälasit kääntyvät voimakkaasti sekä vinoon sivusuunnassa että alaviistoon. Tällöin tähdättäessä ei katsota eteenpäin kohtisuoraan linssin keskiosan kohdalta, vaan tähdätään vinosti linssin reunaosan läpi. Kuvaan tulee vääristymiä - sitä enemmän mitä voimakkaammat linssit laseissa on. Sama pätee myös pistooliampuntaan yhdenkäden kouluammunta-asennossa. Erikoiskehyksellisissä ampujanlaseissa linssiä voidaan säätää siten, että optinen keskipiste tulee suoraan pupillin eteen. Linssi saadaan myös käännettyä tarkasti kohtisuoraan tähtäyslinjaan nähden. (Laitinen & Valtonen 2005a, 23.)

Avotähtäimillä ammuttaessa jyvä ja hahlo on nähtävä terävänä. Diopteritähtäintä käytettäessä jyvä tai tähtäimen eturengas on nähtävä tarkasti. On tärkeämpää nähdä tähtäimet tarkasti kuin taulu. Jos taulu näkyy liian tarkkana, katse saattaa laukaisuhetkellä siirtyä tähtäimistä tauluun. Tällöin osuma voi siirtyä. Jotta katse ei ”karkaa” tauluun, voidaan käyttää refraktion alikorjausta, jolloin taulu näkyy tarkoituksella hieman epäterävänä. (Laitinen & Valtonen 2005b, 26.)

Ikänäköisyydestä aiheutuu eniten ongelmia pistooliampunnassa. Lisäämällä lasiin plus-voimakkuutta tähtäimet erottuvat paremmin, tosin kaukonäkemisen huonontumisen kustannuksella. Iirishimentimellä voidaan kuitenkin laajentaa

syvyysterävyysaluetta. Klipsillä tai tarralla kiinnitettävän iirishimentimen voi kiinnittää myös silmälasikehykseen. Haulikkoampujalle tai diopteritähittäimiä käyttävälle kivääriampujalle riittää yleensä pelkkä hyvä kaukonäkö, eikä ikänäkö vaadi erityisiä lisäkorjauksia. (Laitinen & Valtonen 2005b, 27.) Metsästyksessä ikänäköinen voi mukavimmin käyttää tähtäämiseen kiikaritähittäintä tai valopistetähittäintä (Laitinen & Valtonen 2005b, 27).

Piilolasit ovat hyvä ratkaisu taittovirheen korjaukseen nopeissa lajeissa, joissa ei tähdätä kauaa. Piilolaseja voi myös käyttää kaikenlaisten suojalasiensa ja ampujanlasien alla, jolloin kehyksiin on tarjolla hyvin suuri määrä erivärisiä suodatinlaseja. Hitaissa lajeissa, kuten rata-ammunta kiväärillä ja pistoolilla, tähdättään kauan liikkumatonta taulua. Tähdättäessä silmien räpyttely vähenee, mikä tuo ongelmia piilolasien käyttäjälle. Tällöin piilolasien etupinnan kyynelfilmin kuivuminen ja kyynelvallin kertyminen alaluomelle huonontavat näkemistä (Laitinen 1990, 13). Hitaissa lajeissa onkin parempi käyttää erikoiskehyksellisiä ampujanlaseja, joissa on tähtäävälle silmälle refraktiota korjaava linssi. Moniteholasit puolestaan eivät sovellu kovin hyvin mihinkään ammuntaan (Laitinen & Valtonen 2007, 100).

3 TUTKIMUKSEN TAVOITE

Tutkimuksen tarkoituksena on mitata, miten värisuodattimien käyttö vaikuttaa värillisen kohteen yksityiskohtien erottumiseen. Kohteet ovat tummia ja yksivärisiä Lea-testitaulujen merkkejä, mutta niissä on kirkkauseroja taustan ja optotyypin välillä. Toisin sanoen taustan ja merkkien välillä on kontrastiero. Tällaisia erivärisiä taustoja, joissa on heikkovärisiä kohteita, löytyy ampumaradoilta ja -ympäristöistä. Esimerkiksi rata-ammunnassa taulu on musta-valkoinen, jonka valo saattaa vallitsevasta valaistuksesta riippuen värjätä. Haulikkoammunnassa tausta puolestaan voi olla jo itsessään värillinen, kuten sininen taivas tai vihreä metsä. Ammuttava maali näillä värillisillä taustoilla on yleensä värisävyltään tumma, kuten metsästyksessä saaliseläimet sekä kiekkoammunnassa kiekon alapuoli.

Suodattimen ja toisaalta taustan väriä vaihtelemalla saadaan selville, miten suodattimen väri vaikuttaa kohteen yksityiskohtien erottamiseen. Mittaukset tuottavat kullekin tausta- ja suodatinvärille numeerisen mittaustuloksen, näöntarkkuuden eli visuksen. Tavoitteena on, että käytetyistä suodatinlaseista voisi mittaustulosten perusteella valita suodattimen, jolla yksityiskohtia erottuu eniten. Kokeellisen tutkimuksen yksittäistapauksista voisi myös johtaa suuntaviivoja tiedon yleistämiseen (tieteenfilosofiassa ns. induktiivinen päättely).

Käytämme tutkimuksessa vain muutamia suodattimien ja taustojen värejä. Tarkoituksena ei ole kokeilla kaikkea mahdollista tai yrittää löytää kaikkea tietoa kerralla haastavasta aiheesta. Käyttämäämme menetelmää ei tähän mennessä ole vielä kokeiltu ja se vaatii todennäköisesti hienosäätöä. Käytettävissä olevien resurssien vuoksi tutkimuksemme on paremminkin pilottikoe tulevien tutkimusten ohjaamiseen.

Tässä tutkimuksessa emme tutki keskenään eriväristen kohteiden ja taustojen erottumista suodatinlaseilla, koska värivaihtoehtoja on yksinkertaisesti liian paljon. Tutkimuksen tuloksia voisi hyödyntää ampujanlasien ja muidenkin harrastelasien linssivärien valinnassa. Suodatinlinssien vaikutusta esittävällä menetelmäl-

lä optikko voisi helposti havainnollistaa myymiensä värisuodattimien vaikutusta värien näkemiseen. Tällainen värisuodattimen vaikutuksen demonstroiminen saattaisi helpottaa ampumaharrastajien linssivalintaa suuresta tarjolla olevasta linssivärivalikoimasta.

Varsinaiset tutkimustehtävämme ovat:

1. Miten voi mitata värisuodattimen vaikutusta värillisen kohteen yksityiskohtien erottumiseen?
2. Miten suodatinlasin värin voi valita objektiivisin, mittaustuloksiin nojaavin perustein?
3. Miten optikko voi yksinkertaisesti ja helposti esittää myymiensä suodatinlinsien vaikutusta värinäkemiseen?

4 TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

Tutkimuksemme oli luonteeltaan eksperimentaalinen eli määrällinen kokeellinen tutkimus. Tässä tutkimustyypissä lähtökohtana ovat aiemmat teoriat ja tutkimukset aiheesta. Näistä johdetaan uusi tutkimusongelma, johon vastaamiseksi tehdään tutkimuskäsitteiden määrittely, ja laaditaan ennakkoon suunnitellut koejärjestelyt ja aineiston keruumenetelmät. Tutkimuksen päätelmien teko perustuu aineiston analysointiin tilastollisilla menetelmillä (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 134–140). Mitatut muuttujat taulukoidaan ja aineisto saatetaan tilastollisesti käsiteltävään muotoon. Lopullisena tarkoituksena on tutkimusongelmaan vastaaminen aineiston tilastolliseen analysointiin perustuen sekä johtopäätösten teko tulosten perusteella.

Kvantitatiivinen tutkimusote oli tutkimuksemme kannaltaärkevin valinta. Tutkimme Oulun ammattikorkeakoulun opiskelijoiden näöntarkkuuksia erilaisten suodatinlinssien läpi Lea-testitaulujen avulla. Saadut tulokset olivat numeerisia ja siten helppo käsitellä tilastollisesti analysointiohjelmalla. Tutkimuksemme tarkoitus oli mittaustuloksia vertailemalla ja analysoimalla tutkia, voiko suodatinlasisin värin valita objektiivisesti sekä miten silmän edessä oleva suodatin vaikuttaa värillisen kohteen näkemiseen. Lisäksi tarkoitus on esittää menetelmä, jolla optikko voisi havainnollistaa myymiensä värisuodattimien vaikutusta värien näkemiseen valokuvien avulla.

Tutkimus suoritettiin Oulun ammattikorkeakoulun Sosiaali- ja terveystieteiden yksikössä optometrian koulutusohjelman käyttämissä näöntutkimustiloissa. Tutkimus muodostui kahdesta osasta: kokeellisesta tutkimuksesta vapaaehtoisia koehenkilöitä käyttäen sekä värisuodatinten vaikutusta havainnollistavasta osasta.

4.1 Kokeellinen tutkimus värisuodattimien vaikutuksesta värillisen kohteen yksityiskohtien havaitsemiseen

Kokeellisessa tutkimuksessa käytettiin koehenkilöinä ammattikorkeakoulun opiskelijoita. Koehenkilöt (6 kpl) olivat värinäkökyvyltään normaaleja ja heidän kaukorefraktionsa oli korjattu. Tämä varmistettiin kysymällä tutkimuksen alussa. Kokeessa käytetyt henkilöt olivat vapaaehtoisia koehenkilöitä. Henkilöiden lukumäärä oli riittävän suuri kokeelliselle tutkimukselle ja se mahdollisti aineiston tilastotieteellisen analysoinnin. Pieni koehenkilöiden lukumäärä kuitenkin rajoittaa sitä, miten suuri ero keskiarvoissa voidaan löytää tilastollisella testauksella. (Zar 1996, 134.)

Koehenkilöt tunnistivat värillisellä taustalla olevia tummia numeroita (optotyyppiä) katsoen niitä monokulaarisesti värillisten suodatinlasien läpi. Matalakont-rastisissa tauluissa myös optotyyppit sävyttyivät taustavärin sävyiseksi. Tutki-muksessa käytettiin näöntutkimustiloissa olevia valolaatikoita ja niihin kiinnitet-täviä Lea-tauluja. Käytettyjen Lea-taulujen valkoisen taustan ja optotyyppien vä-liset kontrastierot olivat 100 %, 25 % ja 5 %. Lea-taulun päälle laitettiin värillinen valo läpäisevä muovikalvo (Esselte 15261), jolla tausta ja optotyyppit saatiin molemmat näkymään värillisenä, mutta kirkkausasteeltaan erilaisina. Lea-taulujen väreinä käytettiin sinistä, vihreää ja valkoista (Lea-taulun oma väri). Liit-teessä 3 Lea-taulut näkyvät käytetyissä väreissä. Taustavärin valintaperusteena oli se, että se on luonnossa esiintyvä tyyppinen taustaväri.

Koehenkilöiden kohteiden katsomiseen käyttämien suodatinlasien värit olivat sininen (706), oranssi (702), punainen (708), vihreä (707) ja kirkas. Värilliset suodatinlasit olivat tyyppiä Zeiss CLARLET 1.5 FB, tummuusaste 2. Mitä pa-rempi kontrasti näkötilanteessa oli, sitä pienempiä optotyyppiä koehenkilö pys-tyi erottamaan taustasta. Toisin sanoen tutkittiin sitä, mikä värillinen suodatin-linssi mahdollisti parhaimman näöntarkkuuden värillisestä kohteesta.

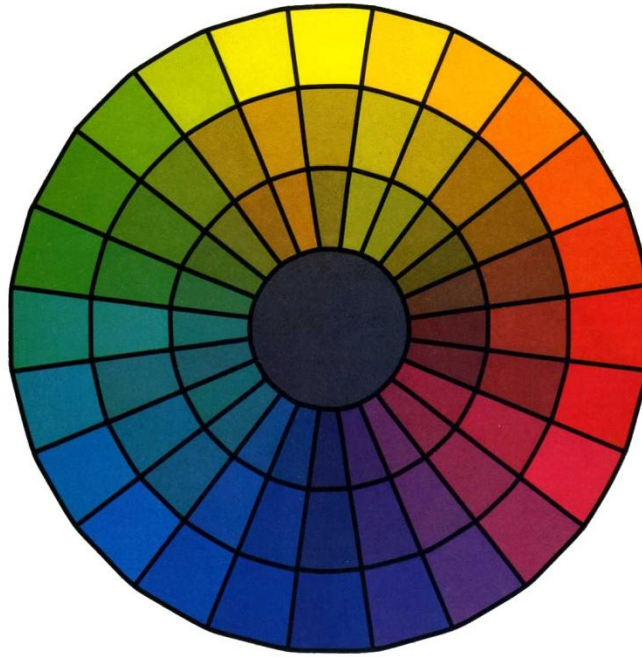
Koehenkilöille tehtyt näöntarkkuusmittaukset merkittiin tutkimuslomakkeeseen (liite 4). Kullekin koehenkilölle tehtiin yhteensä 45 näöntarkkuusmittausta. Mitta-ukset tehtiin jokaiselle koehenkilölle satunnaisessa järjestyksessä. Satunnais-

taminen suoritettiin arpomalla. Suodatinlasit ja Lea-taulujen värikalvot olivat esillä keskenään samanlaisissa valkoisissa pusseissa tai koteloissa ja koehenkilö ratkaisi itse missä järjestyksessä hän kunkin värin sitä tietämättään otti käyttöön. Koehenkilö katsoi Lea-taulua suodatinlinssin läpi samalla peittäen vapaan silmän peittolapulla. Koehenkilö sai päättää itse käyttikö hän katsomiseen oikeata vai vasenta silmää.

Mitatut näöntarkkuudet muutettiin desimaalimuotoon liitteen 1 mukaisesti. Näitä desimaalilukuja käyttäen tehtiin tulosten tilastollinen analysointi SigmaStat 2.0 (Jandel Corporation) tietokoneohjelmalla. Analysointiin käytettiin parittaisten arvojen t-testiä. Parittaista otosta voidaan käyttää jos samoja koehenkilöitä tutkitaan ennen tiettyä käsittelyä ja sen jälkeen. Parittaisten otosten avulla yksilöiden välisten erojen vaikutus pienenee ja pienetkin vaikutuserot käsittelyiden välillä voidaan helpommin havaita. (Ranta, Rita & Kouki 1989, 206.) Tässä tutkimuksessa verrattiin keskenään samoissa olosuhteissa (sama Lea-taulun väri, sama Lea-taulun kontrasti) näöntarkkuutta viidellä suodatinlinssillä. Suodatinlasin värit olivat siten käsitteilyitä, joita verrattiin keskenään. Tilastollisen merkitsevyyden rajana oli tilastolaskennassa yleisesti sovittu käytäntö: merkitsevyytaso $p < 0,05$.

4.2 Suodatinlinssien vaikutus väriympyrän väreihin valokuvissa

Väriympyrän muodostamaa värikarttaa valokuvattiin jalustalla olevalla järjestelmäkameralla (Pentax K10D, objektiivi SMC Pentax-DA 18–55 mm, polttoväli kuvaustilanteessa 26 mm). Kuvaus tapahtui kiinnittämällä värikartta maalarinteipillä optometrian työpajan valkotaululle n. 2 metrin etäisyydelle ikkunaseinästä. Kuvaus tehtiin käyttäen valaistuksena pelkästään luonnonvaloa huoneen kaikkien säleverhojen ollessa auki. Sää oli puolipilvinen, hyvin valoisa kesäkuun alun (2.6.2014) keskipäivä (ei suoraa auringonpaistetta sisälle). Valo tuli värikarttaan ikkunanpuoleiselta sivulta, ja tasaisen valaistuksen luomiseksi värikartan vastakkaisella puolella oli valkoinen, kiiltäväpintainen pahvi heijastamassa valoa värikarttaan.



KUVIO 5. Väriympyrä, jota käytettiin tutkittaessa suodatinlinssien vaikutusta väriin valokuvissa. Ympyrän ulkokehällä ovat kirkkaat kehävärit, joita tässä tutkimuksessa tarkasteltiin. Kunkin värin vastaväri on ympyrässä vastakkaisella puolella. Sisemmissä kehissä kirkkaisiin ulkokehän väreihin on sekoitettu 5 % ja 10 % vastaväriä. Väriympyrä on arkkitehti Seppo Rihlaman (Rihlama 1985, 108) kehittämän RA-värijärjestelmän mukainen. Tässä työssä varsinainen värijärjestelmä on kuitenkin sivuseikka

Suodatinlinssit kiinnitettiin kameran objektiivin eteen vastavalosuojan sisälle reunoista maalarinteipillä. Kiinnitysteippi oli suodattimen reunalla siten että se ei vaikuttanut kuva-alaan. Kameran objektiivin etäisyys kohteeseen oli n. 45 cm. Väriympyrä, jota kuvattiin (Rihlama 1985, 108), on esitetty kuviossa 5.

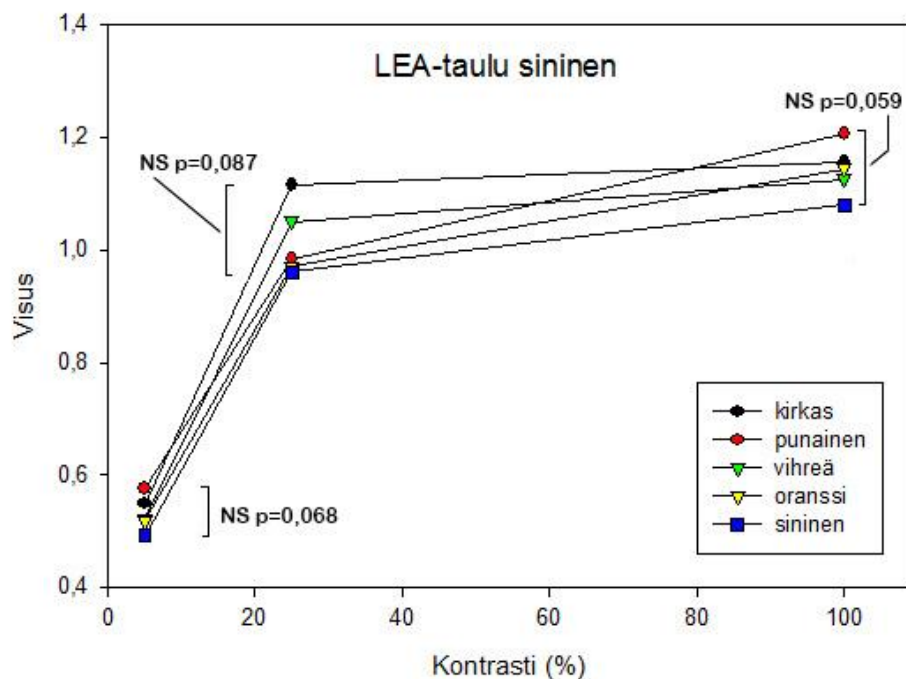
Kuvauksissa käytetyt värisuodattimet (13 kpl) olivat seuraavat: Zeiss CLARLET 1.5 FB keltainen 701, oranssi 702, punainen 703, punaruskea 704, violetti 705, sininen 706, vihreä 707, purppura 708, Essilor Orma sininen He-Ne - lasersuojalasi ($\lambda=632$ nm.), Hoya Impact Green (G-15), Hoya Impact Grey, Hoya Impact Brown ja Hoya HI-LUX oranssi lasersuojalasi ($\lambda=550$ nm). Kaikkien Zeiss-linssien tummuusaste oli CE-standardin mukainen 2 eli keskiverto värisävy. Suodattimien värit näkyvät liitteessä 5.

Digikameralla otetuista kuvista tehtiin kooste Adobe PhotoShop CS6 -ohjelmalla. Koosteessa esitettiin sisäkkäin väriympyrän värit alkuperäisenä ja suodattimen muuttamana. Kuvankäsittelyn avulla kunkin väriympyrän alkuperäisen värin keskelle siirrettiin pienempi neliömäinen alue värisuodattimen muuttamaa väriä. Väriympyrästä tarkasteltiin koosteessa vain ulkokehän kirkkaita, vastaväreihin sekoittumattomia värejä. Väriympyrän keskelle laitettiin suodatinlinssin värisävy ja linssin tunnistekoodi.

5 TUTKIMUKSEN TULOKSET

5.1 Kokeellinen tutkimus värisuodattimien vaikutuksesta värillisen kohteen yksityiskohtien havaitsemiseen

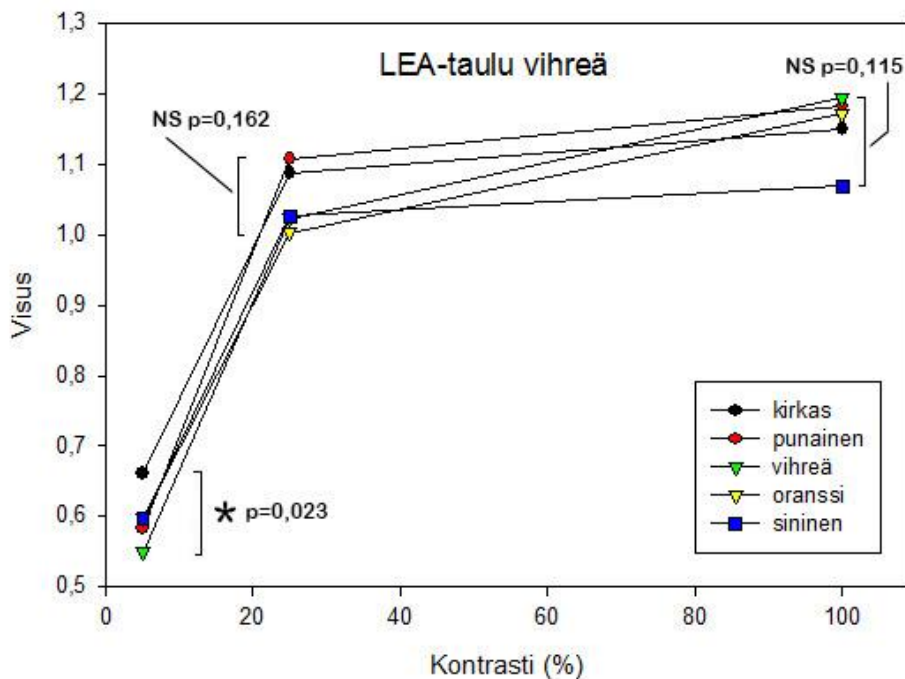
Sinisellä, vihreällä ja valkoisella Lea-tyylillä tehtyjen näöntarkkuuden mittauksien tulokset on esitetty kuvioissa 6, 7 ja 8. Mittausten numeerinen aineisto (keskiarvot, keskiarvon keskiherrat) on esitetty liitteessä 6.



KUVIO 6. Sinisellä LEA-tyylillä tehtyjen näöntarkkuusmittauksien tulokset taulun kontrasteilla 100 %, 25 % ja 5 %. Kukin piste esittää koehenkilöiden (n=6) näöntarkkuuksien keskiarvoa kuvaselitteessä näkyvällä suodatinlinssin värillä. Selkeyden vuoksi kuvaan ei ole lisätty keskiarvon hajontaa. NS = non-significant, ei tilastollista merkitsevyyttä

Sinisillä Lea-tyylillä (kuvio 6) suodatinlinssin värillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta mitattuun näöntarkkuuteen millään kolmella käytetyllä taulun kontrastilla ($p>0,05$). Eri suodatinlinssille lasketut näöntarkkuuksien keskiarvot

olivat enimmillään lähes 0,2 suuruisia, mutta suuren hajonnan vuoksi eivät tilastollisesti merkitseviä.

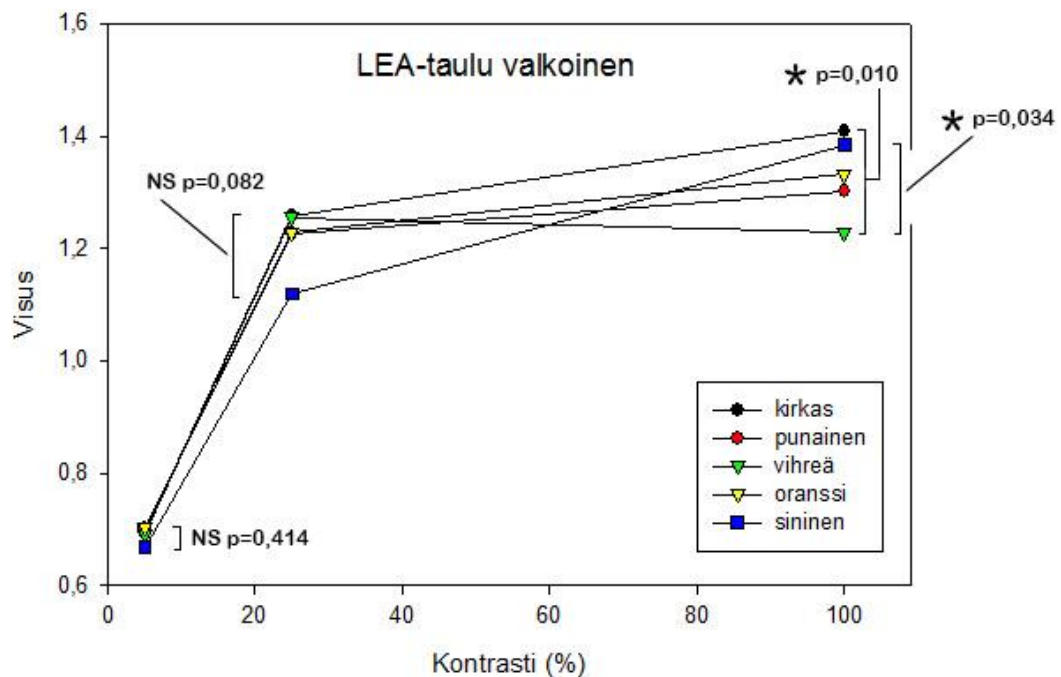


*KUVIO 7. Vihreällä LEA-tylulla tehtyt näöntarkkuusmittaukset tyulun kontrasteilla 100 %, 25 % ja 5 %. Kukin piste esittää koehenkilöiden (n=6) näöntarkkuuksien keskiarvoa kuvaselitteessä näkyvällä suodatinlinssin värillä. Selkeyden vuoksi kuvaan ei ole lisätty keskiarvon hajontaa. NS = non-significant, ei tilastollista merkitsevyyttä, * = tilastollisesti merkitsevä ero*

Vihreillä Lea-tyluilla (kuvio 7) suodatinlinssin värillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta mitattuun näöntarkkuuteen tyulun kontrasteilla 100 % ja 25 % ($p > 0,05$). Käytettäessä Lea-tyulun kontrastina 5 %:ia, kirkkaan ja vihreän suodattimen välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero mitatuissa näöntarkkuuksissa (kirkas $0,66 \pm 0,07$ ja vihreä $0,55 \pm 0,07$ ($\bar{x} \pm SE$, $p < 0,05$)). Tällä 5 %:n kontrastilla muiden suodatinlinssien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa mitatuissa näöntarkkuuksissa.

Valkeilla Lea-tyluilla (kuvio 8) suodatinlinssin värillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta mitattuun näöntarkkuuteen tyulun kontrasteilla 25 % ja 5 % ($p > 0,05$). Käytettäessä Lea-tyulun kontrastina 100 %:ia, kirkkaan ja vihreän

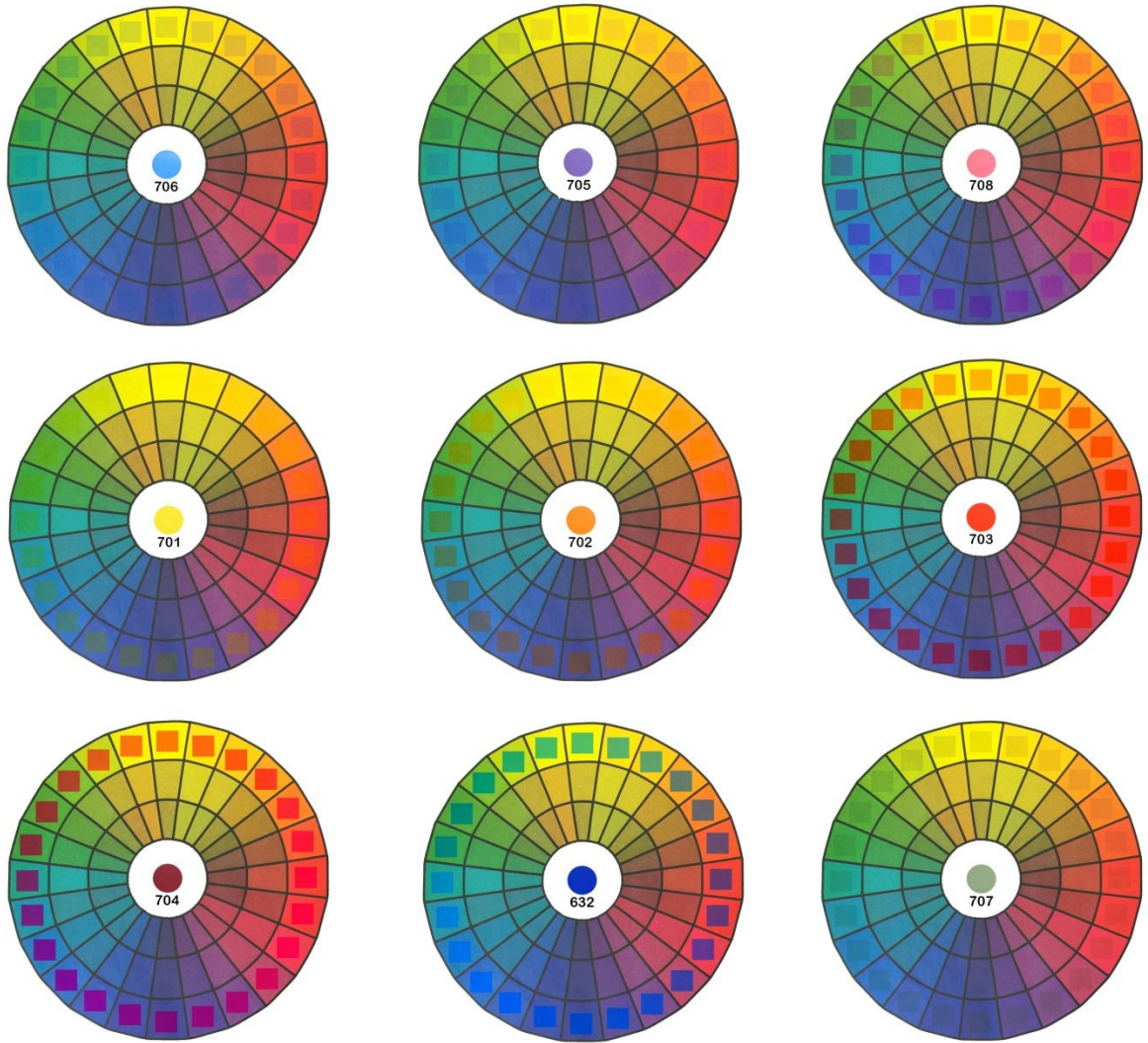
suodattimen välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero mitatuissa näöntarkkuuksissa (kirkas $1,41 \pm 0,13$ ja vihreä $1,23 \pm 0,10$ ($\bar{x} \pm SE$, $p < 0,05$)), samoin sinisen ja vihreän suodattimen välillä (sininen $1,38 \pm 0,11$ ($\bar{x} \pm SE$, $p < 0,05$)). Tällä 100 %:n kontrastilla muiden suodatinlinssien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa mitatuissa näöntarkkuuksissa.



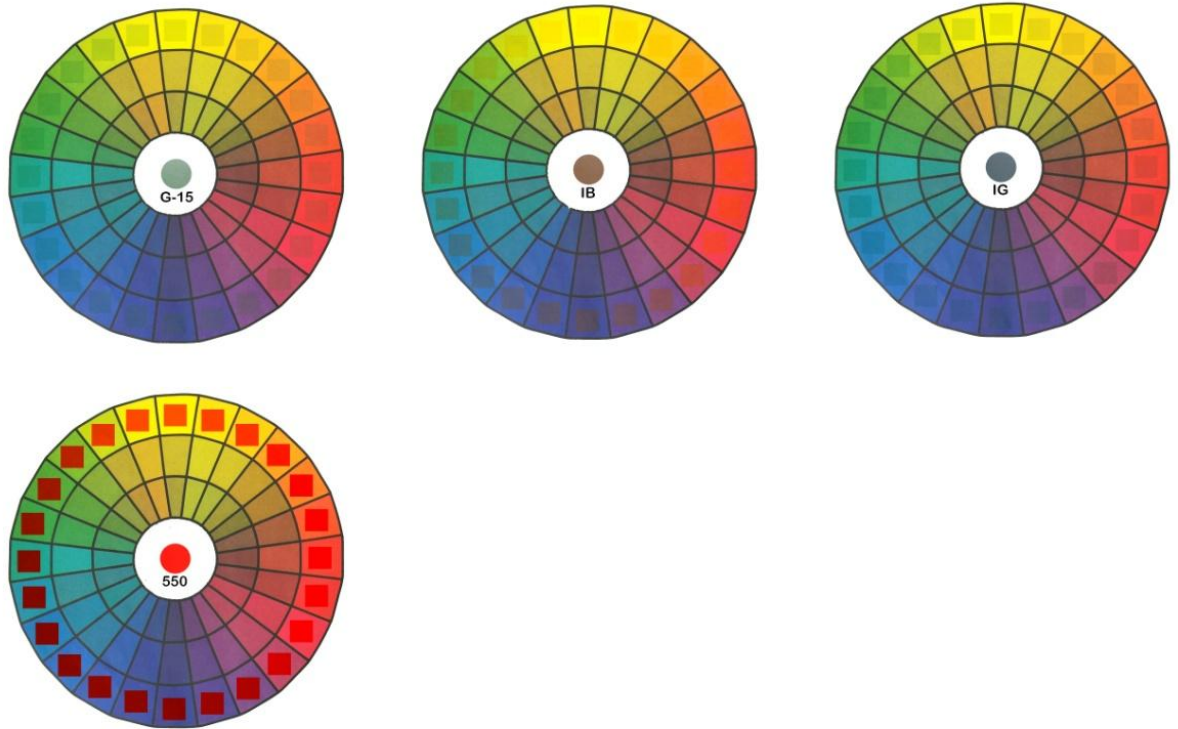
KUVIO 8. Valkoisella LEA-tylulla tehty näöntarkkuusmittaukset taulun kontrasteilla 100 %, 25 % ja 5 %. Kukin piste esittää koehenkilöiden ($n=6$) näöntarkkuuksien keskiarvoa kuvaselitteessä näkyvällä suodatinlinssin värillä. Selkeyden vuoksi kuvaan ei ole lisätty keskiarvon hajontaa. NS = non-significant, ei tilastollista merkitsevyyttä, * = tilastollisesti merkitsevä ero

5.2 Suodatinlinssien vaikutus väriympyrän väreihin valokuvissa

Väriympyrästä otetut digikuvat, joihin yhdistettiin ulkokehän värisävyt värisuodattimella ja ilman suodatinta on esitetty kuvioissa 9 ja 10.



KUVIO 9. Suodatinlinssin vaikutus väriympyrän väreihin. Väriympyrän ulkokehän neliöissä on suodatinlinssillä kuvattu värisävy ja tummuus. Muu osa väriympyrää on tallentunut digikuvaan ilman suodatinta. Väriympyrän keskellä näkyy suodatinlinssin värisävy ja tunnistekoodi



KUVIO 10. Suodatinlinssin vaikutus väriympyrän väreihin, jatkoa kuvioon 9. Väriympyrän ulkokehän neliöissä on suodatinlinssillä kuvattu värisävy ja tummuus. Muu osa väriympyrää on tallentunut digikuvaan ilman suodatinta. Väriympyrän keskellä näkyy suodatinlinssin värisävy ja tunnistekoodi

6 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Värisuodattimien vaikutus värillisen kohteen yksityiskohtien havaitsemiseen

Tutkimme tässä työssä, miten voi mitata värisuodattimen vaikutusta värillisen kohteen yksityiskohtien erottumiseen. Käyttämällämme koeasetelmalla saatiin mitattua näöntarkkuudet tarkasti eri kontrastisilla ja värisillä taustoilla. Mittausaineiston pienuus ei kuitenkaan mahdollistanut parhaan linssiväriin löytämistä tietyille taustaväriille ja kontrastille.

Mikään käytetyistä värillisistä suodatinlinseistä ei selkeästi parantanut kontrastinäkemistä värillisen, monokromaattisen kohteen yksityiskohtien havaitsemisessa. Ilman värisuodatinta näkeminen oli yhtä tarkkaa. Toisaalta värisuodattimesta ei ollut haittaakaan näöntarkkuudelle käytetyissä koeolosuhteissa. Poikkeuksena oli vihreä suodatin vihreällä taustalla hyvin matalalla kontrastitasolla (5 %) sekä vihreä suodatin valkoisella taustalla voimakkaalla kontrastitasolla (100 %). Charmanin (1995, 99) mukaan vihreä väri olisi hyvä metsämaille, ts. vihreälle taustalle. Saamiemme tulosten mukaan vihreä linssi kuitenkin huonontaa vihreän taustan matalakontrastisten yksityiskohtien erottumista.

Tavoitteemme oli, että mittausaineiston perusteella kuhunkin tilanteeseen pystyttäisiin valitsemaan paras suodatinväri objektiivisesti. Meidän tuloksemme eivät mahdollista suoraan tätä tavoitetta. Kuitenkin suodatinlinssin objektiiviselle valinnalle löydettiin tukea siitä, että edellä mainituissa mittauksissa vihreä linssivaihtoehto voitiin sulkea pois huonoimpana vaihtoehtona.

Koehenkilöiden suurempi lukumäärä olisi saattanut tuoda esiin selviä eroja eri linssivärien välille samoissa olosuhteissa. Tutkittaessa tilastollisesti kahden ryhmän keskiarvojen eroa, otoskoko kasvattamalla keskiarvojen hajonnat pienenevät. Tällöin voidaan löytää pienemmät vallitsevat erot ryhmien keskiarvossa, kuin pienemmällä otoskoolla voidaan. (Zar 1996, 134.) Meidän tutkimuksemme joidenkin koehenkilöiden näöntarkkuus oli esimerkiksi punaisella suo-

dattimella paras vihreällä Lea-taululla. Ei ole kuitenkaan tarkoituksenmukaista pohtia värin paremmuutta tällä Lea-taulun värillä, koska tilastollinen testaus ei anna tukea tälle paremmuusjärjestykselle. Mahdolliset erot saattoivat nyt peittyä pienen aineiston suuren yksilöiden välisen vaihtelun ja yksilöiden sisäisen satunnaisvaihtelun alle.

Mittausten pitkä kesto aika saattoi väsyttää koehenkilöiden silmiä. Kaksi koehenkilöä mainitsi silmien väsymisen. Samojen merkkien toistuva luetteleminen Lea-taulusta saattoi aikaansaada merkkien ulkoa oppimista. Merkkien oppimista yritettiin kuitenkin minimoida käyttämällä vuorotellen Lea-taulun kummankin palstan merkkejä ja pyytämällä luettelemaan merkit välillä vasemmalta oikealla ja päinvastoin. Silmien väsyminen ja merkkien ulkoa oppiminen on aikaisemmissa vastaavissa tutkimuksissa osoittautunut vaikeasti hallittavaksi virhelähteeksi (Eperjesi, Fowler & Evans 2002, 68).

6.2 Suodatinlinssien vaikutus väriympyrän väreihin valokuvissa

Värisuodattimien vaikutusta havainnollistettiin värikartasta otetuilla valokuvilla. Väriilliset suodattimet muuttavat värin kylläisyyttä (saturaatio), värin sävyä ja värisävyä kirkkautta (Birch 2001, 129). Väriympyrän kuvissa värin muuttuminen on esitetty koko näkyvän valon spektrin alueella. Samassa kuvassa näkyvät sekä alkuperäinen väri että suodattimen muuttama väri. Kuvasta näkee, mitä värejä suodatin muuttaa eniten ja toisaalta mitkä muuttuvat vähiten.

Vierekkäisistä kuvista pystytään helposti vertaamaan suodattimien vaikutusta väreihin. Tällaisella demonstroinnilla optikko pystyy yksinkertaisesti ja helposti osoittamaan kahden värisuodattimen väliset erot ampumaharrastajalle. Esimerkiksi oranssi suodatin (702) muuttaa värejä eniten välillä vihreä–sininen–violettikummentaa värisävyjä. Suodatin tummentaa vähiten omaa värisävyään, värisävyjä keltainen–oranssi–punainen. Verrattuna oranssiin suodattimeen (702), sininen suodatin (632) muuttaa värejä koko näkyvän valon aallonpituuksien alueella. Värisävyt tummuvat eniten punaisten värisävyjen alueella ja vähiten sinivihreissä värisävyissä. Värisuodattimien vaikutusalueet ovat selvästi erilaiset näiden kahden suodattimen välillä. Värisuodattimet absorboivat valoa erilaisilla

aallonpituuksilla ja suuruudeltaan eri intensiteeteillä. Näille värisuodattimille löytyy erilaiset käyttötarkoitukset.

Käytetyt värisuodattimet voidaan jakaa vaikutuksensa perusteella karkeasti kolmeen ryhmään: **1) Lievästi sävyttyneet suodattimet**, jotka päästävät läpi lähes kaiken omansävyisensä värin. Nämä suodattimet pidättävät kohtalaisesti muita värisävyjä, erityisesti omaa vastaväriään (sininen 706, violetti 705, purpura 708, keltainen 701, oranssi 702, keltaruskea Impact Brown). **2) Voimakkaasti sävyttyneet suodattimet** absorboivat valoa koko näkyvän valon alueella. Ne suodattavat runsaasti myös oman värisävynsä valoa ja erityisen paljon vastaväriään (punainen 703, punaruskea 704, sininen 632, oranssi 550). **3) Lievästi sävyttyneet harmaasuodattimet** suodattavat kohtalaisesti ja jokseenkin tasaisesti kaikkia näkyvän valon värisävyjä väriympyrässä (vihreä 707, vihreä Impact Green (G-15), harmaa Impact Grey).

Käyttämistämme suodatinlaseista ampujanlasien yleisväriksi soveltuvat erityisesti oranssi (702) ja keltainen (701), jotka absorboivat erityisesti sinisen värisävyjä. Näiden suodatinten käyttö perustuu kontrastia heikentävän sinisen valon poistamiseen (Laitinen & Valtonen 2005b, 27). Oranssia kiekkoa ammuttaessa oranssisuodatin (702) ei muuta kiekon väriä, mutta sininen ja vihreä tausta tummuvat. Värikartan mukaan tämä suodatin sopisi taivasta tai metsää vasten ammuttaessa. Vastaavaan käyttöön sopisi myös punaruskea suodatin Impact Brown. Keltainen suodatin (701) tummentaa sinistä taivasta, mutta vihreää taustaa tämä suodatin ei juurikaan muuta. Suodatinta voidaan käyttää pilvisellä säällä kiekkoa ammuttaessa.

Metsästyksessä saaliseläimet näyttävät yleensä tummilta. Värikartan mukaan keltainen suodatin (701) ei juuri tummenna vihreää taustaa, joten tämä linssi voisi soveltua metsästykseseen metsämailla. Kirkkaalla säällä yleiskäyttöön sopisi tasaisesti koko näkyvän valon alueella suodattava harmaa suodatin (Impact Grey).

7 POHDINTA

Noudatimme eettisiä ohjeistuksia koehenkilöitä koskien sekä hyvän tieteellisen käytännön ohjeita koko opinnäytetyössämme. Koehenkilöt olivat vapaaehtoisia, eikä heitä valikoitu. Tässä opinnäytetyössä ei mainita mitään seikkaa, jonka perusteella pienestä aineistosta voisi yksilöidä tai tunnistaa koehenkilöitä. Koehenkilöiden suurempi lukumäärä olisi saattanut tuoda esiin selviä eroja eri linssivärien välille samoissa olosuhteissa. Käytettävissä olevat resurssit, erityisesti työn kireä aikataulu, eivät mahdollistaneet suuremman koehenkilöjoukon käyttöä. Yksittäiselle koehenkilölle tehty mittaustulos kesti 45–60 minuuttia, joten koehenkilömäärän kaksinkertaistaminen olisi vaatinut useamman työpäivän.

Opinnäytetyön aihe osoittautui odotettua vaativammaksi ja haastavammaksi. Aiheesta ei ollut saatavilla paljoa lähdekirjallisuutta. Tutkimusmenetelmä täytyi kehittää itse ja sen toimivuutta ei pystytty kokeilemaan ennen varsinaista tutkimusta. Yksiväriset Lea Numbers -taulut eivät välttämättä olleet parhaat mahdolliset värillisten suodatinten välisen paremmuuden tutkimiseen. Linssien ja taustojen väriä ei pystytty valitsemaan tarkasti keskenään sopiviksi väriyhdistelmiksi. Otimme käyttöön parhaat mahdolliset linssi- ja taustavärit, mitä nopealla aikataululla oli saatavilla.

7.1 Kokeellinen tutkimus värisuodattimien vaikutuksesta värillisen kohteen yksityiskohtien havaitsemiseen

Saamiamme mittaustuloksia ei kannata käyttää ampujanlasien linssivärien valintaan aineiston pienuuden vuoksi. Koejärjestely oli hyvin pelkistetty ja halusimme selvittää näissä laboratorio-olosuhteissa, onko ylipäätään mahdollista tehdä objektiivista suodatinvärinvalintaa. Käyttämämme menetelmä mitata Lea-taulujen avulla värisuodattimien vaikutusta värillisen kohteen yksityiskohtien erottumiseen osoittautui toimivaksi. Menetelmällä saatiin mitattua näöntarkkuudet tarkasti eri kontrastisilla ja värisillä taustoilla. Mittausaineiston pienuus ei kuitenkaan mahdollistanut parhaan linssivärien löytämistä tietyille taustaväriille ja kontrastille.

Tavoitteemme oli, että mittausaineiston perusteella kuhunkin tilanteeseen pystyttäisiin valitsemaan paras suodatinväri objektiivisesti. Kuten edellä mainittiin, tuloksemme eivät mahdollista suoraan tätä tavoitetta. Kuitenkin suodatinlinssin objektiiviselle valinnalle löydettiin tukea siitä, että eräissä mittauksissa vihreä linssivaihtoehto voitiin sulkea pois huonoimpana vaihtoehtona. Vihreän linssin heikkous ei kuitenkaan johtunut siitä, että linssi olisi ollut tummempi kuin muut linssit. Vihreä linssi ei ollut aina huonoin, vaan se oli useimmiten yhtä hyvä kuin muutkin. Myöskin Zeissin tummuusasteluokittelussa linssi oli yhtä tumma kuin muut tutkitut linssit. Jos käytettävissä olisi ollut spektrofotometri, olisimme pystyneet mittaamaan jokaiselle suodattimelle ja taustalle läpäisy- eli transmittanssikuvaajan. Läpäisykuvaajien avulla olisi ollut mahdollista varmistaa tarkasti eriväristen suodattimien sama tummuusaste.

Työtä suorittaessamme mieleemme tuli kokeellisen tutkimuksen kehittämisideoita. Taulujen ja toisaalta taustojen värien vaihtamisen voisi korvata käyttämällä Lea-taulun tilalla tietokoneen näyttöä ja tietokoneella olevia kuvia. Tietokoneella voisi tehdä valmiiksi kiinnostavia taustaväri-optotyypiväri -yhdistelmiä. Tällöin optotyypit ja tausta voivat olla keskenään erivärisiä, esimerkiksi vastavärit sininen ja oranssi.

Todellista näkemistilannetta, kuten ammuttaessa oransseja kiekkoja vihreää metsämaisemaa vasten, voisi tutkia mittaamalla näöntarkkuuksia erivärisillä suodattimilla vihreällä taustalla olevilla oransseilla optotyypeillä. Tietokoneella on mahdollista luoda mikä tahansa väriyhdistelmä, jota halutaan tutkia. Yksi vaihtoehto olisi tehdä samaan tauluun samat näöntarkkuusrivit (esimerkiksi 0.8, 1.0 ja 1.25) käyttämällä useampia tausta- ja optotyypivärejä. Katsottaessa esimerkiksi oranssilla suodattimella erottaisi heti, mikä optotyyppi-tausta väriyhdistelmä on paras ja toisaalta mikä huonoin. Toisena vaihtoehtona tauluissa voisi olla vakiokokoinen optotyyppi vaihtelevilla kontrasteilla.

Värillisen suodattimen yleiskäyttöön pitäisi suhtautua varovasti. Sinisen valon sirontaa poistava kelta- tai oranssisuodatin menettelee yleiskäytössäkin. Voimakas suodatin muuttaa värejä koko näkyvän valon alueella (Laitinen & Valtonen, 2005b, 27). Selektiivinen värisuodatin soveltuu parhaiten vain tietyille tausta-

ta-kohde väriyhdistelmälle. Yleiskäytössä tällaisten väriyhdistelmien esiintyminen on sattumanvaraista. Yleiskäyttöön sopii parhaiten harmaa- tai keltaruskea linssi. Erityiskäyttöön, kuten ampumaradoille, jossa maalitaulut ovat aina samanlaisia, voisi mahdollisesti kokeellisesti löytää selektiivisen suodattimen värin parhaan kontrastin saavuttamiseksi.

Vaikka tietyn väriselle linssille ei löytyisi objektiivista valintaperustetta, asiakkaan henkilökohtaisilla mieltymyksilläkin on suuri merkitys. Henkilökohtaiset mieltymykset ja aikaisemmat tottumiset ovat osoittautuneet ampujanlasien värin tärkeäksi valintaperusteeksi (Laitinen & Valtonen, 2005b, 27). Jos asiakas kokee näkemisen miellyttävänä tietyn värisen linssin läpi katsoessa, on sekin yksi asiallinen valintaperuste muiden joukossa.

7.2 Suodatinlinssien vaikutus väriympyrän väreihin valokuvissa

Suodatinlasien vaikutuksen subjektiivinen vertaaminen on vaikeaa katselemalla kohdetta vuorotellen eriväristen suodattimien läpi. Suodatinlinssi vähentää aina verkkokalvolle tulevan valon määrää (intensiteettiä) koko näkyvän valon spektrin alueella: vähiten suodatinlinssin oman värin alueella ja eniten vastavärin alueella. Ellei lasi ole hyvin voimakkaasti värjätty, silmä tottuu muuttuneeseen värimaailmaan. Linssinkin läpi katsottuna värit alkavat näyttää luonnollisilta. Samalla tavalla silmä on huono aistimaan valon värilämpötilaa tai sen hitaita muutoksia. Kameran tallentamasta kuvasta värilämpötila on sen sijaan helppo havaita, ellei kameran automatiikka ole sitä muuttanut.

Suodatinlinssien vaikutusta esittävässä kuvissa näkyvät sekä alkuperäinen väri että suodattimen muuttama väri. Kaikista kuvista huomaa, mitä värejä suodatin muuttaa eniten ja toisaalta mitkä muuttuvat vähiten. Vierekkäisistä kuvista pystytään vertaamaan suodattimien vaikutusta väreihin. Vastaavalla tavalla optikkoliikkeen suodatinvalikoimasta voitaisiin tehdä samankaltainen kuvaesitys. Kuvattavana kohteena voisi värikartan sijaan olla jokin monivärinen ja todellinen kohde, esimerkiksi syksyinen ruskamaisema. Kuvista voisi nopeasti vertailla eriväristen suodattimien vaikutusta väreihin. Käyttämämme värikartta on kuitenkin

kin suodatinvärien vertailussa huomattavasti yksinkertaisempi ja tarkempi kuin mainittu esimerkki.

Väriaistimusta on mahdotonta kuvata valokuvien avulla. Kameran tallentamasta kuvasta tehdyt havainnot voivat olla harhaanjohtavia, sillä silmän ja aivojen tuottama näköaistimus voi olla täysin erilainen todellisessa havaintotilanteessa. Vierainen väri vaikuttaa myös värin havaitsemiseen. Näköjärjestelmä havaitsee ympäristön värimaailman kokonaisuutena, ja sopeuttaa värejä aistivien tapisolujen tuottamaa informaatiota vallitsevan tilanteen mukaan. Näistä valokuvien rajoitteista huolimatta kuvat antavat perussuuntaviivat siitä, miten suodatinlinssi muuttaa läpikulkeneen valon värejä.

Subjektiiiviset havainnot voivat olla päteviä ja täysin käyttökelpoisia suodatinlinssin värin valinnassa. Niiden käyttöön liittyy kuitenkin ongelma: mikä kokemusperäinen tieto on oikeaa ja miten perustella tietyn värin käyttöä? Optikon on vaikea kokemusperäisen tiedon perusteella perustella asiakkaalle ”oikeaa” väriä valintaa. Tarvitaan myös jotain havainnollistamaan linssin vaikutusta. Tämän työn valokuvista tehtyjen koosteiden kaltaisilla kuvaesityksillä on mahdollista havainnollistaa suodatinlinssin vaikutusta.

LÄHTEET

Arosuo, K. 1986. Skeet ja Trap. Espoo: Weilin+Göös.

Benson, H. 1991. University Physics. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Bhootra, A.K. & Sumitra. 2008. Elite Sports and Vision. New Delhi: Jaypee Medical Publishers.

Birch, J. 2001. Diagnosis of Defective Colour Vision. Chapter 10. Filter aids for colour deficient people. Oxford: Butterworth-Heinemann, 129–133.

Brannon, M. & Hanharan, T. 2011. Shooting Sporting Clays. Mechanicsburg, Pennsylvania, USA: Stackpole Books.

BS EN1836. 2005. Personal eye protection. Sunglasses, sunglare filters for general use and filters for direct observation of the sun. London: British Standards Institution.

Charman, W.N. 1995. Lighting For Sport. Teoksessa W.N. Charman & C.J. MacEwen (toim.) Light And Lighting Sports Vision. Oxford: Butterworth-Heinemann, 88–102.

Elliott, D. B. 1998. Contrast Sensitivity And Glare Testing. Teoksessa W.J. Benjamin (toim.) Borish's Clinical Refraction. 6th edition. Philadelphia: W.B Saunders Company, 203–241.

Eperjesi, F., Fowler, C.W. & Evans, B. J. W. 2002. Do tinted lenses or filters improve visual performance in low vision? A review of the literature. Ophthalmic and Physiological Optics 22, 68–77.

Finnish Military Shooting Team. 2014. Viitattu 14.1.2014, www.cism-shooters.fi/xring_tahtaaminen_ja_nakeminen.doc.

Gardner, J.J. & Sherman, A. 1995. Vision requirements in sport. Teoksessa J.J. Gardner & A. Sherman (toim.) Sports Vision. Oxford: Butterworth-Heinemann, 22–36.

Gundogsonline.com. 2014. Viitattu 18.2.2014, <http://www.gundogsonline.com/Proshop/Studies/ShootingGlassesLensColors.asp>.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Härmä, O. 2014. Sähkömagneettinen säteily. Viitattu 28.10.2014, <https://peda.net/kannonkoski/e-opin-oppikirjat/efysiikka-722/itja/kuvat/kuvagalle-ria-ii/ss>.

Jalie, M. 2001. Ophthalmic Lenses & Dispensing. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Laitinen, R. 1990. Ampuminen ja lasikorjaus. Mikkeli: Valiokopio.

Laitinen, R. & Valtonen, J. 2005a. Ampuja tarvitsee tosi tarkkaa näköä. Optometria 2005(2), 22–25.

Laitinen, R. & Valtonen, J. 2005b. Ampuja tarvitsee suojaa ja suodattimia. Optometria 2005(3), 24–27.

Laitinen, R. & Valtonen, J. 2007. Practical-ammunta ja näkö. Teoksessa: R. Leppänen (kirj. & toim.) Tuli ja liike. Forssa: Forssan kirjapaino Oy, 88–105.

Lea-Test Ltd. 2014. Viitattu 27.8.2014, www.lea-test.fi.

Lehto, H. & Luoma, T. 2000. Fysiikka 2. Fysiikka yhteiskunnassa. Aaltoliike. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Lillesand, T.M. & Kiefer, R.W. 1994. Remote Sensing and Image Interpretation. 3rd edition. Chichester: John Wiley & Sons, Inc.

LM Lenses. 2014. Viitattu 18.2.2014, www.lmlenses.com/lenscolors.htm.

Meister, D. & Sheedy, J.E. 2010. Introduction to Ophthalmic Optics. San Diego: Carl Zeiss Vision.

Obstfeld, H., Pope, R., Efron, N. & Rosen, E. 1995. Sports Vision Correction. Teoksessa J.J. Gardner & A. Sherman (toim.) Sports Vision. Oxford: Butterworth-Heinemann, 117–146.

Patorgis, C. J. 1991. Contrast Sensitivity. Teoksessa J. F. Amos, J. D. Bartlett & J. B. Eskridge Clinical Procedures In Optometry. USA: J.B. Lippincott Company, 498–504.

Ranta, E., Rita, H. & Kouki, J. 1989. Biometria. Tilastotiedettä ekologeille. Helsinki: Yliopistopaino.

Rihlana, S. 1985. Värioppi. Helsinki: Rakennuskirja Oy.

Sportshooter.de. 2014. Viitattu 12.2.2014, http://www.sportshooter.de/en/shooting_glasses/.

Suomen Ampumaurheiluliitto. 2014. Viitattu 2.11.2014, http://www.ampumaurheiluliitto.fi/lajit/haulikko/varusteet_haulikot_patruunat_ja/

Vainio, O. 2010. Käytännön ampumataito. Tallinna: AS Uniprint.

Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis. Upper Saddle River, USA: Prentice-Hall International.

NÄÖNTARKKUUKSIEN MUUTTAMINEN DESIMAALIMUOTOON

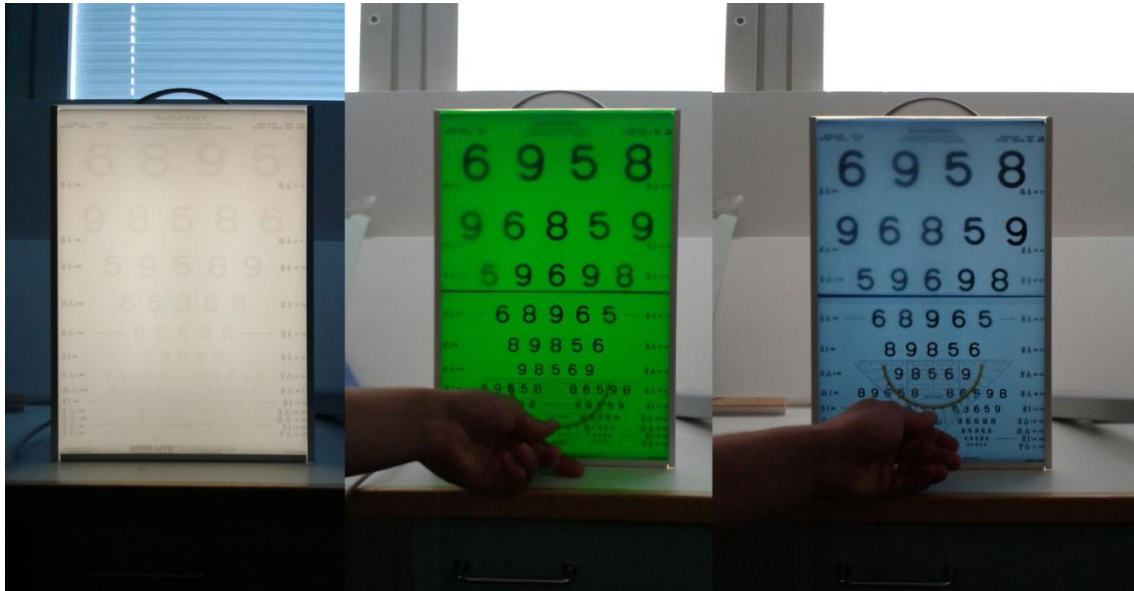
LIITE 1

0,063			0,2			0,63	
$0,063^{+1}$	0,066		$0,20^{+1}$	0,209		$0,63^{+1}$	0,66
$0,063^{+2}$	0,069		$0,20^{+2}$	0,22		$0,63^{+2}$	0,692
$0,08^{-2}$	0,073		$0,25^{-2}$	0,228		$0,8^{-2}$	0,724
$0,08^{-1}$	0,076		$0,25^{-1}$	0,238		$0,8^{-1}$	0,759
0,08			0,25			0,8	
$0,08^{+1}$	0,084		$0,25^{+1}$	0,262		$0,8^{+2}$	0,837
$0,08^{+2}$	0,088		$0,25^{+2}$	0,274		$0,8^{+2}$	0,871
$0,1^{-2}$	0,091		$0,32^{-2}$	0,292		$1,0^{-2}$	0,912
$0,1^{-1}$	0,096		$0,32^{-1}$	0,306		$1,0^{-1}$	0,955
0,1			0,32			1,0	
$0,1^{+1}$	0,105		$0,32^{+1}$	0,335		$1,0^{+1}$	1,046
$0,1^{+2}$	0,11		$0,32^{+2}$	0,351		$1,0^{+2}$	1,1
$0,125^{-2}$	0,114		$0,4^{-2}$	0,364		$1,25^{-2}$	1,15
$0,125^{-1}$	0,119		$0,4^{-1}$	0,38		$1,25^{-1}$	1,206
0,125			0,4	0,4		1,25	
$0,125^{+1}$	0,131		$0,4^{+1}$	0,419		$1,25^{+1}$	1,32
$0,125^{+2}$	0,137		$0,4^{+2}$	0,439		$1,25^{+2}$	1,384
$0,16^{-2}$	0,146		$0,4^{-2}$	0,456		$1,6^{-2}$	1,448
$0,16^{-1}$	0,152		$0,5^{-1}$	0,477		$1,6^{-1}$	1,518
0,16			0,5			1,6	
$0,16^{+1}$	0,166		$0,5^{+1}$	0,523		$1,6^{+1}$	1,674
$0,16^{+2}$	0,174		$0,5^{+2}$	0,55		$1,6^{+2}$	1,742
$0,2^{-2}$	0,182		$0,63^{-2}$	0,575		$2,0^{-2}$	1,824
$0,2^{-1}$	0,191		$0,63^{-1}$	0,603		$2,0^{-1}$	1,91

PROFIILIT

Eräiden urheilulajien näkötehtävien teoreettiset profiilit Gardnerin ja Shermanin (1995, 23-24) mukaan

	Näön- tarkkuus	Dynaami- nen näön- tarkkuus	Okulomotori- set taidot	Silmä-käsi koordinaatio	Syvyysnäkeminen	Akkomodaatio/ vergenssin muutos	Keskeinen- ääreinen vapppaus	Visuaalinen reaktioaika	Visuaalinen mukautuvuus	Visuaalisointi
Jousiammunta	4	1	3	5	2	3	5	1	5	2
Baseball lyönti	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Baseball syöttö	3	2	3	4	3	3	5	1	3	5
Koripallo	3	3	4	5	5	3	5	5	5	5
Keilailu	2	1	3	3	3	2	4	1	3	4
Nyrkkeily	2	2	5	5	3	3	5	5	5	4
Pyöräily (maantieajo)	5	5	5	4	5	2	5	5	4	5
Darts tikanhieitto	4	1	3	5	3	3	5	1	1	3
Uimahyppy (ponnah- duslauta, kerrosyppy)	2	3	2	3	3	1	5	2	3	5
Amerikkal. jalkapallo	4	5	5	5	5	3	5	5	5	5
Golf	3	1	4	5	5	3	5	1	3	5
Voimistelu	1	3	3	5	5	3	5	5	5	5
Käsiapallo	4	5	5	5	5	3	5	5	5	3
Pituushyppy	3	3	4	3	5	3	5	4	3	5
Hockey (maalivahti)	4	5	5	5	5	5	5	5	5	3
Aitajuoksu	4	4	4	4	4	3	4	3	3	5
Kajakkimelonta	4	4	4	5	5	3	5	5	4	5
Vuoristokiipeily	5	3	2	5	5	5	5	5	3	5
Pool /snooker/ biljardi	2	1	4	5	5	2	3	1	4	5
Autourheilu	5	5	5	4	5	2	5	5	5	5
Squash	4	5	5	4	5	4	5	5	5	5
Kilpajuoksu	1	1	2	1	1	1	4	3	1	4
Ammunta (savi- kiekko, skeet, trap, metsästys-)	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5
Ratamunna (kiinteä etäisyys)	4	2	3	5	2	3	5	1	1	2
Laskettelu	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5
Jalkapallo	3	4	5	5	5	3	5	5	5	5
Jalkapallo maalivahti	4	5	5	5	5	5	5	5	5	3
Uinti	1	1	1	1	1	1	4	3	1	4
Tennis/Pöytätennis	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Korkeushyppy	1	3	3	4	4	3	3	4	4	4
Seiväshyppy	1	3	3	5	4	5	3	4	4	5
Lentopallo	4	5	5	5	5	3	5	5	5	5
Painonnosto	1	1	1	2	1	1	1	1	1	5
Paini	2	1	1	3	2	1	3	5	5	4



Tutkimuksessa käytetyt LEA Numbers -taulujen värit valkoinen, vihreä ja sininen. Kuvassa valkoisen taulun kontrasti on 25 %, vihreän ja sinisen kontrastit ovat 100 %. Huomaa, että taulun pinnalla oleva värillinen kalvo sumensi optotyyppijä, ellei kalvo ollut tiiviisti taulua vasten. Tämän vuoksi koehenkilön luettelomien optotyyppien alta värillistä kalvoa painettiin viivoitinlevyllä Lea-taulua vasten. Valokuva: Marjoniemi & Niemelä

Koehenkilö _____

refraktio korjattu värinäkökyky normaali **I. Lea-taulu SININEN**

Suodatin SININEN

100 %	25 %	5 %

Suodatin ORANSSI

100 %	25 %	5 %

Suodatin VIHREÄ

100 %	25 %	5 %

Suodatin PUNAINEN

100 %	25 %	5 %

Suodatin KIRKAS

100 %	25 %	5 %

II. Lea-taulu VIHREÄ

Suodatin SININEN

100 %	25 %	5 %

Suodatin ORANSSI

100 %	25 %	5 %

Suodatin VIHREÄ

100 %	25 %	5 %

Suodatin PUNAINEN

100 %	25 %	5 %

Suodatin KIRKAS

100 %	25 %	5 %

III. Lea-taulu VALKOINEN

Suodatin SININEN

100 %	25 %	5 %

Suodatin ORANSSI

100 %	25 %	5 %

Suodatin VIHREÄ

100 %	25 %	5 %

Suodatin PUNAINEN

100 %	25 %	5 %

Suodatin KIRKAS

100 %	25 %	5 %



Kokeellisen tutkimuksen näöntarkkuusmittauksien tulosten keskiarvot ja hajontaa kuvaavat keskiarvon keskivirheet (SE, standard error of mean) eri LEA-taulun väreillä ja erivärisillä suodatinlinssillä. Lea-taulujen kontrastit olivat 5, 25 ja 100 %

LEA-TAULU SININEN											
kontrasti	SININEN	SE	ORANSSI	SE	VIHREÄ	SE	PUNAINEN	SE	KIRKAS	SE	
5	0,49178	0,05804	0,51839	0,06126	0,52294	0,07054	0,57561	0,07935	0,54911	0,05627	
25	0,96089	0,05341	0,97078	0,05923	1,05033	0,12095	0,98317	0,06081	1,11639	0,12047	
100	1,07917	0,0538	1,1445	0,0601	1,12617	0,07652	1,20517	0,09606	1,155	0,08697	
LEA-TAULU VIHREÄ											
kontrasti	SININEN	SE	ORANSSI	SE	VIHREÄ	SE	PUNAINEN	SE	KIRKAS	SE	
5	0,59622	0,06415	0,59689	0,06543	0,54906	0,07242	0,58211	0,05489	0,66083	0,07011	
25	1,02633	0,04987	1,00294	0,05167	1,02317	0,03688	1,10717	0,10602	1,08633	0,11507	
100	1,06867	0,05254	1,17283	0,08235	1,19417	0,11644	1,18183	0,08552	1,1505	0,07345	
LEA-TAULU VALKOINEN											
kontrasti	SININEN	SE	ORANSSI	SE	VIHREÄ	SE	PUNAINEN	SE	KIRKAS	SE	
5	0,6675	0,06426	0,70261	0,08573	0,69206	0,10988	0,70272	0,0784	0,69489	0,09259	
25	1,11967	0,09742	1,22783	0,15317	1,25594	0,1054	1,22711	0,09891	1,25711	0,07406	
100	1,38467	0,11455	1,33233	0,0781	1,22917	0,09562	1,30233	0,08201	1,408	0,13467	