

Maj Grönberg, Saara Kiviluoto

## iKunHäikii!

Kirjallisuuskatsaus älylaitteiden vaikutuksista silmiin  
ja näkemiseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Optometrismi (AMK)

Optometrian koulutusohjelma

Opinnäytetyö

31.3.2015

Tekijät Otsikko  Sivumäärä Aika	Maj Grönberg, Saara Kiviluoto iKunHäiki! Kirjallisuuskatsaus älylaitteiden vaikutuksista silmiin ja näkemiseen 79 sivua 31.3.2015
Tutkinto	Optometrismi (AMK)
Koulutusohjelma	Optometrian koulutusohjelma
Ohjaajat	Yliopettaja Kaarina Pirilä Lehtori Niina Vuorenmaa
<p>Älylaitteiden parissa kulutetaan yhä enemmän aikaa. Kuudella kymmenestä suomalaisesta on älypuhelin ja älylaitteiden käyttö yleistyy edelleen. Opinnäytetyössä selvitetään, miten älylaitteiden käyttöön liittyvät tekijät sekä ominaisuudet ja erityispiirteet, kuten katseluetäisyys, kirkkaus ja laitteista säteilevä korkeaenerginen näkyvä lyhytaaltainen valo, vaikuttavat silmiin ja näkemiseen. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena.</p> <p>Kirjallisuuskatsauksesta käy ilmi, että älylaitteiden ominaisuudet vaikuttavat näköön ja silmiin eri tavoin. Laitteisiin ja niiden käyttöön liittyvät piirteet, kuten katseluetäisyys ja kirkkaus, aikaansaavat rasitusta eri syistä, ja niiden yhteisvaikutukset voivat olla merkittäviä.</p> <p>Älylaitteen ominaisuuksista eniten rasitusta aiheuttavaksi tekijäksi osoittautui näytön kirkkaus. Erityisesti ympäristön ja näytön suuri kirkkausero aiheuttaa näönrasitusta. Näytöltä heijastuva valo kuormittaa silmiä ja voi aiheuttaa niiden kuivumista. Lisäksi heijasteet heikentävät kuvanlaatua ja kontrastia, mikä puolestaan lyhentää katseluetäisyyttä entisestään. Laitteiden käyttöön liittyvistä kuormitusta aiheuttavista tekijöistä merkittävin onkin juuri lyhyt katseluetäisyys. Älylaitteen pitkittynyt hyvin läheltä tapahtuva katselu altistaa rasituseroille.</p> <p>Aineiston perusteella älylaitteiden säteilemä näkyvä lyhytaaltainen valo vaikuttaa vireystilan säätelyyn ja tutkijat suosittelivat niiden käytön välttämistä illalla ennen nukkumaanmenoa. Näkyvän lyhytaaltoisen valon suodattamisen edut silmän terveydelle ovat sen sijaan edelleen kiistanalaisia. Tutkimustulokset ovat ristiriitaisia myös koskien suodattamisen vaikutuksia näkemiseen.</p> <p>Älylaitteiden käyttöön ja niiden ominaisuuksiin liittyviin rasitusta aiheuttaviin tekijöihin on mahdollista vaikuttaa suhteellisen vaivatta. Silmien- ja näönrasituseroideiden ehkäisyssä korostuvat katselun tauottamisen sekä laitteen asetusten säätämisen merkitys.</p>	
Avainsanat	näönrasitus, älylaitteet, näkyvä lyhytaaltainen valo, lähityö

Author(s) Title Number of Pages Date	Maj Grönberg, Saara Kiviluoto Literature Review on the Effects of Smartphones and Tablets on Eyes and Vision 79 pages 31 March 2015
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Optometry
Instructors	Kaarina Pirilä, Principal Lecturer Niina Vuorenmaa, Senior Lecturer
<p>We spend an increasing amount of time using handheld devices such as smartphones and tablets. Six out of ten Finns have a smartphone and these devices have become everyday items.</p> <p>The purpose of this study was to determine how different factors present in using smartphones and tablets, and different properties of these devices such as viewing distance, brightness and the high energy visible light they emit, affect eyes and vision. The study was carried out as a literature review.</p> <p>The results show that specific properties of smartphones and tablets effect eyes and vision in different ways. Factors such as the short viewing distance and the brightness of the devices' display can cause eyestrain and asthenopia for different reasons. Together the disparity in factors can create significant cumulative effects.</p> <p>This study recognized brightness as one of the main causes for visual stress. Especially a large diversity in brightness between the display and the environment causes eyestrain. The light reflected from the screen can both create strain and lead to dry eye. Reflections also weaken the image quality and contrast which can cause the already short viewing distance to become progressively more limited. Of all the variable factors which can cause eyestrain and which are present while using smartphones and tablets, the short viewing distance is the most significant.</p> <p>In this study it was determined that the high energy visible light, emitted by the displays of many smartphones and tablets, has an effect on the regulation of the circadian rhythm and thus scientists recommend avoiding their use in the evening hours just before going to sleep. However, the advantages of blocking this type of light has on the health of the eyes is still disputed. The results are also debatable about the effects this blocking might have on vision.</p> <p>It is fairly simple to influence the factors which can cause eyestrain while using a smartphone or a tablet. While aiming to prevent symptoms from appearing, it is advisable to adjust the device settings as well as take short but frequent breaks from using it.</p>	
Keywords	asthenopia, handheld devices, high energy visible light, nearwork

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Työn toteutus	2
2.1	Kirjallisuuskatsaus	2
2.2	Aineiston käsittely	3
3	Älylaitteiden yleisyys ja ominaisuudet	5
3.1	Käytön yleisyys	6
3.2	Älylaitteiden näytöt	8
3.2.1	LCD-teknologia	9
3.2.2	AMOLED-teknologia	10
3.2.3	Näytön laadun merkitys	11
3.2.4	Kirjainkoko	13
3.2.5	Resoluutio	15
3.2.6	Kontrasti	17
3.2.7	Kirkkaus ja virkistystaajuus	18
4	Älylaitteet ja näönrasitus	20
4.1	Katseluetäisyys	26
4.2	Akkommodaatio, konvergenssi ja näönrasitus	27
4.3	Katselukulma ja silmän kuivuminen	32
4.3.1	Katselukulma	32
4.3.2	Silmien kuivuminen	33
4.4	Valaistusolosuhteiden vaikutus	37
4.5	Päänsärky ja silmien särky	39
5	Älylaitteet ja silmien altistuminen siniselle valolle	41
5.1	Sinisen valon suodattamisen vaikutuksia	43
5.2	HEV-valo ja verkkokalvon ikärappeuma	46
5.3	Vaikutus vireystilaan	49
6	Yhteenveto	51
6.1	Älylaitteiden erityispiirteet ja näönrasitus	51
6.2	Näkyvän korkeaaenergisestä lyhytaaltoisen valon vaikutuksista	57
7	Pohdinta	60
	Lähteet	63

## 1 Johdanto

Kulutamme yhä enemmän aikaa älylaitteiden parissa (Noppari 2014). Nykyään joka kolmas ostettu tietokone on tabletti ja älypuhelin on löytänyt tiensä lähes jokaisen taskuun (Peltola 2014). Älypuhelinien käyttö myös lisääntyy kaikissa ikäryhmissä. Se painottuu puheluiden sijaan pitkälti erilaisten pikaviestisovellusten käyttämiseen, yhteisöpalveluiden ja verkkosivustojen lukemiseen sekä pelaamiseen. Etenkin nuoret viestivät lähes pelkästään pikaviestein. (Nyman 2014.) Mediaa seurataan yhä useammin älypuhelimilla ja tableteilla (Schindler 2014). Älylaitteiden yleistynyt käyttö lisää silmien ja näköjärjestelmän altistumista erilaisille rasitustekijöille. Älylaitteiden yleistyminen on johtanut esimerkiksi lähityön määrän kasvuun (Pisto 2014). Vaikka digitaalisten laitteiden käyttö voi rasittaa silmiä, vain harva tietää, miten rasitusoireita voisi ehkäistä tai helpottaa (Digiteyezed 2014). Älylaitteiden yhä yleistyessä niiden merkityksen näönrasitusoireiden aiheuttajana voidaan odottaa kasvavan entisestään.

Älylaitteiden käytön yleistyminen on huomattu myös mediassa ja niiden käyttöön liittyvistä erityispiirteistä on kirjoitettu eri näkökulmista. Kirjoituksissa kerrotaan, että ylirasituksen vuoksi nuorien silmät voivat olla kuin keski-ikäisillä (Takala 2014). Kärjistetyimmillään älylaitteiden kerrotaan jopa pilaavan näön (Talouselämä 2014). Lehdissä on pohdittu myös tiettyjen LED-näyttöjen säteilemälle siniselle valolle altistumisen vaikutuksia silmiin (Savela 2015). Kirjoitusten mukaan ennen nukkumaanmenoa tapahtuva älylaitteiden katselu voi aiheuttaa univaikeuksia (Kallionpää 2015; Brigham and Women's Hospital 2014; Tienhaara 2015). Lehtijutuissa LED-näytöt yhdistetään jopa silmänpohjarappeumiin (Tienhaara 2015). Toisaalta mediassa annetaan vinkkejä ja suosituksia älylaitteiden turvalliseen käyttöön (ks. esim. Lumme 2014). Tulevina optometristeinä kiinnostuimmekin siitä, mihin nämä suositukset perustuvat.

Työmme keskiössä on älylaitteiden käytön silmiin ja näkemiseen vaikuttavien tekijöiden tarkastelu sekä niiden näönrasitusoireita aiheuttavien ominaisuuksien kartoittaminen. Aiheesta tarvitaan lisää tietoa, mutta sitä ei ole ollut suomeksi kootusti saatavilla. Älylaitteiden yleisyyden vuoksi optikoiden on hyvä osata ottaa huomioon niiden käytön vaikutukset. Työssämme kokoamme yhteen tutkimustietoa älylaitteiden näkemiseen vaikuttavista erityispiirteistä. Työmme sai kimmokkeen Satu Huhtakallion keväällä 2014 valmistuneesta Metropolia Ammattikorkeakoulun optometrian opinnäytetyöstä *Älypuhelimet aiheuttavat myopiaa - vai aiheuttavatko?* Huhtakallio totesi työssään älypuhelinien käytön aiheuttavan näönrasitusoireita ja pohti niiden todennäköisesti tulevan yhä use-

ammin esille optikon työssä. Käsitlemme myös työssämme syvällisemmin rasisuudesta aiheuttavien taustatekijöiden eli älylaitteiden käytön ja ominaisuuksien, kuten kirkkauden, katseluetäisyyden ja näytön säteilemän lyhytaaltoisen valon, vaikutusta silmille ja näkemiselle pyrkien pohtimaan aihetta myös optikon työn kannalta.

## 2 Työn toteutus

### 2.1 Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsaus voi olla tutkimuksen teoreettinen tai käsitteellinen kehikko, metodi tai tutkimustekniikka, jossa kootaan tutkimusten tuloksia yhteen eli tehdään tutkimusta tutkimuksesta. Yleisesti katsauksella pyritään löytämään vastaus johonkin kysymykseen tai tutkimusongelmaan ja sen avulla pyritään löytämään tutkimuskysymykseen liittyvä oleellinen aineisto aikaisemmin tuotetusta tiedosta. Siinä keskitytään tutkimuksen kannalta olennaiseen kirjallisuuteen, kuten alan tieteellisiin artikkeleihin ja muihin keskeisiin julkaisuihin. Kirjallisuuskatsauksella pyritään näyttämään, mistä näkökulmista ja miten aihetta on aiemmin tutkittu ja miten tekeillä oleva tutkimus liittyy näihin jo olemassa oleviin tutkimuksiin. Kirjallisuuskatsauksen tulisi olla analyyttinen ja suhtautua kriittisesti alkuperäisiin tutkimuksiin. (Hirsjärvi – Remes – Sajavaara 2009: 121; Salminen 2011: 1; Johansson – Axelin – Stolt – Ääri 2007: 2–3.)

Kirjallisuuskatsauksen tekeminen aikaisempiin tutkimuksiin perustuen vaatii paneutumista, mutta opettaa paljon aiheesta, tutkimuksen tekemisestä ja viittauskäytännöistä. Kirjallisuuskatsauksen laatiminen tarjoaa erinomaisen oppimisen mahdollisuuden ja harjaannuttaa pääasioiden suodattamiseen aineistosta. Tutkijan on tunnettava alueensa riittävän hyvin voidakseen seuloa katsaukseen asianmukaisen, tutkimusaiheeseen suoraan liittyvän kirjallisuuden. (Hirsjärvi ym. 2009: 259.)

Kirjallisuuskatsauksen tarkoitus on arvioida ja tulkita saatavilla olevaa tutkimusnäyttöä tutkimusongelmaan liittyen (Glasziou – Irwing – Bains – Colditz 2001: 1). Siinä laaditaan yhteenveto yksittäisistä tutkimuksista valitun aihepiirin sisällä (Jones – Evans 2000: 1). Yksittäinen tutkimus saattaa olla suppea, tutkimustulokset ristiriitaisia tai vaikeaselkoisia, sellaisenaan huonosti yleistettävissä tai vain kirjoitettu muulla kielellä. Eri tutkimuksia yhteen kokoamalla ja niiden pohjalta laaditulla kirjallisuuskatsauksella on tavoitteena antaa kattava kuva aiheesta. (Hemingway – Brereton 2009: 2.) Aiheen

kannalta olennaisten tutkimusten laatu saattaa vaihdella suuresti. Sen vuoksi lähteen kriittinen tarkastelu on tutkimuksia valittaessa tärkeää. Johtopäätökset tulisi esitellä selkeästi – kvantitatiivinen yhteenveto voi joskus olla toivottavaa, mutta kattava ja selkeä koonti on usein riittävä. (Glasziou ym. 2001: 3, 4.) Kirjallisuuskatsaus voi sellaisenaan antaa vastauksen tutkimuskysymykseen, jolloin varsinaisia klinisiä tutkimuksia ei tarvita. Silloin, kun selvää vastausta ei saada, kirjallisuuskatsaus voi paljastaa kohtia, missä tieto on puutteellista ja lisätutkimus on tarpeen. (Roine 1999: 5, 6.)

## 2.2 Aineiston käsittely

Opinnäytetyömme on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Haimme aiheeseen liittyviä tutkimuksia asiasanoilla kansainvälisistä ja kotimaisista tutkimusartikkelitietokannoista, kuten *Science Direct*, *Nelli-portaali*, *PubMed*, *Google Scholar* ja *Elsevier*. Valitsimme työssämme käsiteltävän kirjallisuuden saamistamme osumista huomioiden tutkimusten tuoreuden ja relevanssin aiheen suhteen. Hyödynsimme myös katsaus-artikkeleita, joissa on valmiiksi koottu yhteen tiettyä aihetta käsittelevät keskeiset tutkimukset ja tehty laajempia yhteenvetoja niiden tuloksista. Poimimme työmme kannalta relevantteja tutkimuksia myös muiden tutkimusten lähdeluetteloista. Usein yksi artikkeli johti toiseen ja etsimme artikkeleita hakusanojen lisäksi myös suoraan nimen ja/tai tekijän perusteella.

Aivan kaikki julkaisut eivät olleet ulottuvillamme, vaan tutustuimme ensisijaisesti sellaisiin artikkeleihin, jotka olivat vapaasti saatavillamme. Maksullisten tai vain tietyn yhteisön jäsenille saatavilla olevien artikkeleiden osalta turvauduimme tiivistelmiin. Arvio tutkimusten relevanssista on tehty viimeisen vuoden optometrian opiskelijan näkökulmasta. Aiheen tuntemuksen syventyminen tutkimusprosessin aikana on helpottanut relevanssin arviointia. Katsauksemme ei pyri olemaan kaiken kattava, vaan aiheen käsittelyn kannalta sekä opinnäytetyön mittakaavassa riittävän laaja. Kirjallisuuskatsauksen idean mukaisesti emme rajanneet tiettyjä artikkeleita tai tutkimuksia pois tulosten, vaan relevanssin, iän tai saatavuuden perusteella

Aineistohauissa älylaitteista on käytetty sanoja *handheld device*, *smartphone* ja *electronic display (device)*. Silmien- ja näönrasitukseen liittyviä hakuja on tehty sanoilla *eyestrain*, *visual stress*, *computer vision syndrome*, *symptoms*, *visual fatigue*, *visual discomfort*, *visual comfort* ja *asthenopia* sekä *näönrasitusoireet* ja *astenooppiset oireet*. Katseluetäisyyteen ja katselukulmaan liittyviä aineistoja on haettu sanoilla *viewing dis-*

*tance, viewing angle ja gaze angle.* Tekstin kokoon liittyviä hakusanoja ovat olleet *font size ja text size.* Näytön laatuun ja ominaisuuksiin sekä valaistusolosuhteisiin liittyviä hakusanoja ovat olleet *display quality, display brightness, display luminance, display flickering, display resolution, contrast ratio, LCD display (technology), OLED display (technology), glare, ambient light ja illuminance.* Silmien ja näön toimintaan liittyviä asiasanoja ovat olleet *accommodation, accommodative accuracy, lag of accommodation, spasm of near reflex, spasm of accommodation, convergence excess, pseudomyopia ja (sustained) near work.*

Elektronisten näyttöjen näönrasitustekijöitä on kartoitettu teknologia-alan tieteellisistä julkaisuista kuten *Displays ja Computers in Human Behavior.* Näyttöjen vaikutuksia näkemiseen sekä katselun rasittavuuteen on kartoitettu tieteellisistä julkaisuista kuten *Optometry & Vision Science, Ophthalmic and Physiological Optics ja Journal of Clinical Ophthalmology and Research.* Näönrasitusoireita aiheuttavien älylaitteiden ominaisuuksiin ja käyttöön liittyen haimme aineistoa tekniikan, kuntoutuksen ja ergonomian julkaisuista, kuten *Displays, Bioelectromagnetics, A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation.* Sinistä valoa ja sen erilaisia vaikutuksia käsittelevää aineistoa on haettu sanoilla *blue light, light, eyes, physiological effect, filters, electromagnetic waves, light emitting diodes, ophthalmic lenses, retina, circadian rhythms, visual acuity, color vision, contrast sensitivity, visual perception ja melatonin.*

Hakusanoja on yhdistelty eri tavoin täsmällisempien hakutulosten tekemiseksi. *Science Direct-* ja *Google Scholar* -hakupalvelimia käytettäessä haku on saatettu rajata koskemaan vuoden 2010 tai 2011 jälkeen julkaistuja tutkimuksia ja artikkeleita, jotta esimerkiksi näyttötekniologioiden osalta aineisto olisi mahdollisimman ajantasaista. Myös hakualaa on rajattu tarpeen mukaan - esimerkiksi etsittäessä *Science Direct* -portaalista tietoa sinisen valon vaikutuksista hakualaksi on valittu *Medicine and Dentistry ja Nelli-portaalista* näyttöön liittyvistä teknisiin ominaisuuksiin liittyen hakualaksi *tekniikka.*

Teknisten ominaisuuksien käsittelyn osalta käytimme lähteenä erilaisia tilastoja ja katsauksia. Jouduimme myös tunnustamaan, että laitteiden teknisten ominaisuuksien auki kirjoittaminen, joka on ollut esimerkiksi erilaisten näyttöjen ja niissä hyödynnettyjen osalta välttämätöntä, on maallikolle varsin haastavaa. Rajasimme laajasta käytöstä poistuneiden tai poistumassa olevien laitteiden ominaisuuksien tarkemman käsittelyn kokonaan pois työstämme keskittyen uudempiin ja laajemmalti käytössä oleviin teknologioihin. Käsittelemme työssämme lähinnä yleisesti käytettyjä älypuhelimia ja tablette-



ja ja niissä käytettyjä näyttöteknologioita, joten rajasimme 3D-näytöt tutkimuksen ulkopuolelle.

Monissa tutkimuksissa toistuu taustaoletus, että LED-valon spektrin painottuu sinisiin ja keltaisiin aallonpituuksiin. LED-valon toteutustekniikoita on kuitenkin erilaisia, eivätkä kaikki niistä tuota väistämättä spektriltään sellaista valoa, jossa sininen komponentti korostuu (Behar-Cojen ym. 2011: 241). Kunkin yleisimmän älylaitteen näyttötyyppin valaisutekniikan ja spektriominaisuuksien tarkempi selvittäminen ei valitettavasti ollut tämän työn puitteissa mahdollista, vaan nojasimme tässä asiassa lähteissämme esiintyvään käsitykseen älylaitteiden lähettämän valon spektriltään siniseen painottuvasta luonteesta.

Älypuhelinien yleisyyttä ja niiden käyttöä on selvitetty tilastoista ja verkossa julkaistuisista kysely- ja markkinatutkimuksista. Työn lähdeluettelosta löytyy myös sanoma- ja aikakauslehdissä julkaistuja luonteeltaan populaarimpia kirjoituksia, joita hyödynsimme työmme taustoittamisessa kertomassa siitä, millaisen käsityksen media aiheestamme antaa. Myös erilaisten näyttöteknologioiden esittelyssä lähdemateriaalina on osin käytetty teknologia-aihepiirin verkkosivuilta löytyneitä artikkeleita, sillä tietoa suurin harppauksin kehittyvästä teknologiasta helposti ymmärrettävässä muodossa oli haastava löytää.

### **3 Älylaitteiden yleisyys ja ominaisuudet**

Älypuhelimessa yhdistyvät perinteisen matkapuhelimen sekä tietokoneen ominaisuudet. Niissä on tietokoneprosessori ja jokin käyttöjärjestelmä, kuten Android, Symbian, Windows Phone 7 tai RIM, minkä vuoksi älypuhelin on enemmänkin pieni tietokone kuin puhelin. Älypuhelimella on mahdollista käyttää useita eri multimediatointoja, kuten kuunnella musiikkia, ottaa valokuvia ja selata verkkoa perinteisten puheluiden ja tekstiviestien lisäksi. Älypuhelimen muita ominaisuuksia ovat suuri kosketusnäyttö, mahdollisuus käyttää perinteistä qwerty-näppäimistöä, kyky pyörittää useita eri sovelluksia ja käyttää monipuolisia multimediaohjelmia. Tiedonsiirto tietokoneen ja älypuhelimien välillä on mahdollista USB-kaapelin tai Bluetooth-ominaisuuden avulla. Älypuhelimella on mahdollista käyttää erilaisia tietoliikenneyhteyksiä, kuten GSM-, 3G- tai LAN-verkkoa sekä langattomia lähiverkkotekniikoita. (Wright 2011: 132,133.)

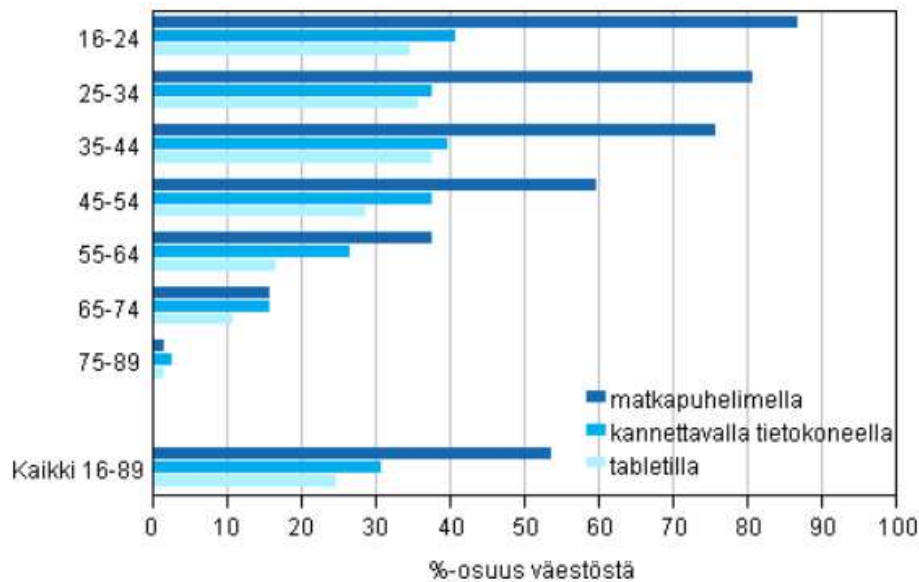
Taulutietokone eli tabletti, voidaan määritellä kannettavaksi, kosketusnäytölliseksi ja internetyhteykselliseksi tietokoneeksi, joka toimii samankaltaisesti kuin älypuhelin. Tabletti eroaa kannettavasta tietokoneesta ominaisuuksiltaan kuten perinteisen fyysisen näppäimistön puuttumisella ja pienemmällä tehokkuudella. Yleisesti ottaen tabletit ovat yksinkertaisempia käyttää ja hallita. Tabletit on ensisijaisesti suunniteltu internetin- ja sovellusten käyttämiseen. (Wright 2011: 68.) Tabletteja on saatavilla useita eri kokoja, mutta suurin osa markkinoilla olevista tableteista on 7-10 tuumaisia. 10-tuumainen on kokonsa puolesta hieman työläämpi kantaa mukana, mutta sen näytöltä on miellyttävämpi lukea tekstiä. Pienempi 7-tuumainen kulkee helpommin mukana, mutta pienemmän näyttönsä vuoksi siltä voi olla rasittavampaa lukea. (Kyrnin 2014.) Älypuhelin-ten näyttöjä suuremmat tablettien näytöt ovat käytännöllisempiä ja miellyttävämpiä käytössä (Wright 2011: 68), etenkin silloin, kun tarkoitus on lukea, katsella videoita tai käyttää internetiä pidempään.

### 3.1 Käytön yleisyys

Älypuhelinien määrä on ollut Suomessa voimakkaassa kasvussa, joka jatkuu edelleen. Vuonna 2013 useammalla kuin joka toisella suomalaisella oli älypuhelin (Vesselkov – Riikonen – Hämmänen 2014; Suomen virallinen tilasto [SVT] 2013). Nykyisellä kasvulla älypuhelinien osuuden ennustettiin olevan syksyllä 2015 yli 60 prosenttia (Vesselkov ym. 2014), mutta älypuhelinia käyttävien suomalaisten osuus nousi ennustettuun 60 prosenttiin jo vuonna 2014 (Suomen virallinen tilasto [SVT] 2014: 6). Älylaitteiden yleisyydessä viestintä on siirtynyt puheluista ja tekstiviesteistä pikaviestipalveluihin. Suurin osa nuorista käyttää niitä päivittäin ja pikaviestisovellusten käyttö lisääntyy jatkuvasti muissakin ikäryhmissä. (Suomen virallinen tilasto [SVT] 2014: 36.)

Älylaitteiden käyttö on maailmanlaajuisesti koko ajan yleisempää (Calucar-Pot – Lee 2013: 2-3, 7-8). Niillä työskennellään, käytetään internetiä sekä sosiaalista mediaa ja pelataan pelejä. (Barthakur 2013: 1.) Sanoma- ja aikakauslehtien seuraaminen digitaalisesti on hyvin yleistä. Näyttää siltä, että lehtien seuraaminen perinteisen tietokoneen ruudulta on vähenemässä voimakkaasti samalla kun niiden lukeminen älypuhelimilla ja tablettitietokoneilla on yleistynyt huomattavasti. (Joukkoviestimet 2013: 127.) Suomessa sanomalehtien internetsivujen käynneistä kaksi kolmasosaa tapahtuu nimenomaan älypuhelimella (Schindler 2014).

Tilastojen mukaan yli puolet suomalaisista käyttää internetiä mobiilisti älypuhelimella ja neljännes tablettitietokoneella (Suomen virallinen tilasto [SVT] 2014: 6-7; ks. kuvio 1). Vuonna 2013 keskimäärin viidenneksellä suomalaisvastaajista oli käytössään tabletti-tietokone (Suomen virallinen tilasto [SVT] 2014: 6). Vuonna 2014 tabletti löytyi jo joka kolmannelta kodista (Suomen virallinen tilasto [SVT] 2014: 6).



Kuvio 1. Internetin käyttö matkapuhelimella, kannettavalla tietokoneella ja tabletilla muualla kuin kotona tai työpaikalla (Suomen virallinen tilasto [SVT] 2014: 8)

Digitized-reportin (2014: 5, 2) mukaan kolme viidestä amerikkalaisaikuisesta käytti päivittäin älypuhelimia ja vietti todella pitkiä aikoja digitaalisten laitteiden parissa. Kolmasosa kulutti laitteiden parissa kolmesta viiteen tuntia, vastaava joukko kuudesta yhdeksään tuntia ja vain hieman pienempi käytti aikaa digitaalisten laitteiden käyttämiseen yli kymmenen tuntia päivässä. (Digitized 2014: 5, 2.) Salesforce-yhtiön kyselytutkimuksen mukaan älylaitteiden käyttömäärät olivat hyvin samankaltaisia - laitteita käytettiin kahdesta viiteen tuntia päivässä. Nuoret aikuiset (18–34 v.) olivat aktiivisimpia älylaitteiden käyttäjiä ja tätä vanhemmatkin käyttivät laitteita vähintään kaksi tuntia päivässä. (Mobile Behavior Report 2014: 6, 11.)

Yhteisöpalvelujen suosio kasvaa ja niistä on tullut hyvin jokapäiväinen viestintäkeino (Suomen virallinen tilasto [SVT] 2014: 16). Joidenkin käyttäjien kohdalla voidaan puhua jo älypuhelinriippuvuudesta. Riippuvaisten määrä on kasvanut etenkin teini-ikäisten,

opiskelijoiden sekä 35–54 -vuotiaiden keskuudessa kuluneen vuoden aikana räjähdysmäisesti (123 %) ja yksinomaan Yhdysvalloissa on 176 miljoonaa älypuhelinriippuvaista. (Khalaf 2014.)

### 3.2 Älylaitteiden näytöt

Aalto-yliopiston tekemässä selvityksessä (Vesselkov ym. 2014) koottiin aineistoa älypuhelinien osuudesta eri operaattoreilta (DNA, Elisa ja TeliaSonera) 2005–2013 käytössä olleista matkapuhelimista. Suomessa vuonna 2013 viidestätoista käytetyimmistä puhelimesta kymmenen oli älypuhelimia (ks. taulukko 1), mutta kärkisijoilta löytyi edelleen myös muutama vanhemman teknologian perusmatkapuhelinmalli.

Malli	Näyttö	Koko	Resoluutio
iPhone 4 S	IPS TFT-LCD	3,5 "	960 x 640/326 ppi
Nokia Lumia 800	AMOLED	3,7"	800 x 480/252 ppi
iPhone 4	IPS TFT-LCD	3,5"	960 x 640/326 ppi
iPhone 5	IPS TFT-LCD	4"	1136 x 640/326 ppi
Nokia C5-00	TFT	2,2"	240 x 320
Samsung Galaxy Xcover	TN TFT-LCD	3,65"	320 X 480/158 ppi
Samsung Galaxy S II	Super AMOLED Plus	4,27"	800 x 480/252 ppi
Nokia Lumia 920	IPS-LCD	4,5"	1280 x 768/332 ppi
Nokia Lumia 820	AMOLED	4,3"	480 x 800/252 ppi
Samsung Galaxy S III	HD Super AMOLED	4,8"	720 x 1280 /306 ppi

Taulukko 1. Suomen yleisimmät älypuhelimet yleisyysjärjestyksessä ja näyttöjen teknisiä tietoja. Perusmatkapuhelinmallit on jätetty taulukosta pois. (Vesselkov ym. 2014 mukailten. Tekniset tiedot valmistajien sivuilta)

Älypuhelinien ja tablettien syrjäyttäessä kannettavia tietokoneita enenevässä määrin, on mobiililaitteiden käytettävyyttä täytynyt parantaa näytön osalta niin koon, resoluution kuin kirkkaudenkin osalta. Nykyään käytössä on kaksi johtavaa teknologiaa: OLED (Organic Light Emitting Diodes) ja LCD (Liquid Crystal Displays). LCD- ja OLED-näytöt eroavat toisistaan kirkkaus- ja kontrastitason, resoluution ja värikylläisyyden tasapainon suhteen. (ks. esim. Kim 2013) Suomessa kahdeksassa kymmenestä käytetyimmistä älypuhelimesta löytyy joko AMOLED- tai LCD -teknologiaan perustuva näyttö (ks. taulukko 1) (Vesselkov ym. 2014).

Näytön ominaisuudet, kuten sen koko, käytetty teknologia, kirjainkoko sekä kuvan kontrasti ja vakaus vaikuttavat katselukokemukseen (Blehm – Vishnu – Khattak – Mitra – Yee 2005: 256). Näytöltä lukemiseen vaikuttavat seikat voidaan jakaa teknisiin- ja katseluun liittyviin ominaisuuksiin. Teknisiä ominaisuuksia ovat näytön tyyppi, koko, resoluutio, kirkkaus sekä kirjainkoko ja kirjaisintyyppiin liittyvät seikat. Katseluun liittyviä ominaisuuksia ovat katseluetäisyys, katselukulma ja katselijan oma sijainti. (Subbaram 2004: 1.) Seuraavissa alaluvuissa esitellään teknisiä ominaisuuksia ja niiden mahdollisia vaikutuksia silmiin ja näkemiseen. Katseluun liittyviä piirteitä puolestaan käsitellään luvussa 4.

### 3.2.1 LCD-teknologia

Nykyään kaikissa ohuissa LCD-näytöllisissä äylaitteissa pikseleiden ohjaus tapahtuu aktiivimatriisilla, jolloin pikseleitä voidaan ohjata yksitellen. Tämä mahdollistaa hyvän kuvanlaadun, todenmukaisen värintuoton ja hyvän kontrastin. (Kinnunen 2014: 29; Schiesser 2012.) Uusimpiin nestekiteiden aktivointiteknologioihin perustuvissa IPS- (In-Plane Switching) ja AH-IPS- (Advanced High In-Plane Switching) näytöissä on entistä laajemmat katselukulmat, paremmat kontrastitasot ja luonnollisempi värintoisto. LCD-näytöissä on pitkään ollut markkinoiden korkeimmat resoluutiot ja esimerkiksi AH-IPS-näyttöjä on markkinoitu tuotenimellä Retina, jolla viitataan silmän korkeaan erotuskykyyn. (Kinnunen 2014: 41; Lu – Wu – Hong – Wu 2006: 392.)

LCD-näyttö muodostuu neljästä pääkerroksesta: uloimmasta suojakerroksesta, polarisoivasta kerroksesta tai kerroksista, nestekidekerroksesta ja takavalosta. Suojakerros valmistetaan useimmiten kirkkaasta muovista tai lasista ja sen tehtävänä on suojata muita osia vahingoittumiselta. Polarisoiva kerros säätelee valon kulkua. Kerroksista tärkein on kuitenkin nestekidekerros, joka kontrolloi värien läpipääsyä ja lopulta muodostaa esitettävän kuvan. Taustavalo on lähes aina valkoista LED-valoa (sanoista Light Emitting Diodes). Ohuet valoa lähettävät diodit eli LEDit sijaitsevat nestekidekerroksen takana lähettäkseen valoa sen mukaan muotoutuville kiteille. (Schiesser 2012.) LCD-näyttö toimii estämällä valon kulkua valikoidusti. Valon aaltoliike muutetaan polarisaattorilla yksitasoiseksi ja sen suuntaan vaikutetaan nestekiteiden orientaatiota muuttamalla. (Kinnunen 2014: 28.) Polarisoiva kerros suodattaa näytön taustavaloa niin, että valo saavuttaa nestekidekerroksen vain yhdessä tasossa. Nestekiteet voivat vääntyä tai pysyä suorassa, kun tiettyyn kohtaan johdetaan virtaa. Tämä puolestaan määrittää

läpäiseekö valo toisen polarisoivan kerroksen ja jatkaako se eteenpäin katsojan silmiin. (Poor 2004.)

Vanhemmissa LCD-näytöissä suojalasin ja varsinaisen näytön välissä on ilmaa, minkä vuoksi heijastuksia pääsee syntymään helpommin ja puhelimen käyttö kirkkaassa valossa on hankalaa. Uudemmissa LCD-näytöissä ilmarako on pystytty jättämään pois, jolloin heijastusvaikutus on pienempi ja näytön katselu on helpompaa myös auringonpaisteessa. Lisäksi näytöt on saatu tehtyä ohuemmiksi. Ominaisuuksia on pystytty parantamaan jokaiseen uuteen versioon, jolloin esimerkiksi kirkkaus on parantunut, katselukulmat suurentuneet ja näytön reagoit nopeus kasvanut. (Rogerson 2014.)

LED-valot ovat tietokoneiden ja puhelinten näyttöruutujen perus-valaisukomponentteja (Chamorro ym. 2013: 468). Valkoinen LED-valo voidaan toteuttaa hyvin erilaisilla tekniikoilla, esimerkiksi yhdistämällä lyhyellä aallonpituudella säteilevä diodi suuremmalla aallonpituudella säteilevään loisteaineeseen. Tämä on yleisin kirkkaiden valkoisten LEDien valmistusmenetelmä. Massatuotannossa käytetään yleensä sinistä diodia, joka yhdistetään keltaiseen loisteaineeseen, jolloin syntyvässä valkoisessa LED-valoissa on aina läsnä sinisen valon komponentti. Kodeissa käytettävissä LED-valoissa on yleensä käytetty tätä tekniikkaa. Valkoista LED-valoa saadaan myös käyttämällä lähellä ultraviolettia säteilevää diodia yhdessä yhden tai useamman loisteaineen kanssa, jolloin vältytään suoralta siniseltä valosäteilyltä. Käyttämällä vähintään kolmea keskenään eri näkyvän valon aallonpituuksia säteilevää diodia saadaan myös aikaan valkoista LED-valoa. Tätä varten tarvittava tekniikka on kuitenkin kallista. (Behar-Cojen ym. 2011: 241.)

### 3.2.2 AMOLED-teknologia

Kuten LCD-näytöissä, myös OLED-teknologiaa hyödyntävissä näytöissä käytetään aktiivimatriisi-ohjaustapaa pikseleiden hallinnassa. Tämän vuoksi OLED-näytöistä käytetään pääasiallisesti termiä AMOLED eli Active Matrix Organic Light Emitting Diode. OLED-teknologian avulla voidaan valmistaa todella ohuita, kirkkaita ja energiatehokkaita näyttöjä, joissa on korkea kontrasti ja laajat katselukulmat. Näytöistä voidaan tehdä myös kaarevia ja läpinäkyviä kuvanlaadusta tinkimättä, joten käyttömahdollisuudet ovat lähes rajattomat. AMOLED-näytöt ovat itsevalaisevia, eivätkä tarvitse erillistä taustavaloa kuten LCD-, LED- ja plasmanäytöt. (Kunic – Sego: 2012: 31; Maloney 2014: 1.) Tämän vuoksi ne ovat ohuempia kuin LCD-näytöt. Muita AMOLED-näyttöjen etuja

LCD-näyttöihin verrattuna ovat suurempi katselukulma, kirkkaus, huomattavasti nopeammat reaktioajat ja virkistystaajuus, parempi kontrasti ja kestävyys, pienempi virrankulutus ja lämmönsietokyky sekä keveys. (Kim 2013.)

Toisin kuin perinteisissä LED-laitteissa, OLED-teknologiassa kalvomateriaaleissa hyödynnetään orgaanisia yhdisteitä kuten hiiltä ja vetyä. Näytön itsevalaisevuus saadaan tuotettua sijoittamalla sarjoja ohuita orgaanisia kalvoja kahden johtimen väliin. Kun sähkövirtaa johdetaan materiaalikerrosten lävitse, niiden anodi-katodi -järjestyksissä tapahtuu muutoksia ja energia vapautuu valona. Orgaanisen valoa tuottavan kalvomateriaalin koostumus voi määrittää lähetettävän valon värin ja kalvoja yhdistelemällä voidaan tuottaa kaiken väristä valoa. (Kunic – Sego 2012: 32.) Värinäyttö voidaan toteuttaa myös valmiiksi värillistä valoa lähettävillä LEDeillä tai lähettämällä sinistä valoa. Tällöin valo johdetaan fluoresoivaan materiaaliin, joka muuntaa sinisen valon punaiseksi tai vihreäksi sinisen pysyessä muuttumattomana. (Kinnunen 2014: 20.) Alapikseleiden avulla tapahtuvan värien yhdistelyn ansiosta voidaan tuottaa kirkkaita ja pehmeitä kuvia (Yang – Tai – Hayes – Sheedy 2011: 4; McBride 2012).

AMOLED-näyttö on säädettävissä hyvinkin kirkkaaksi. Kirkkauden lisäksi myös kontrastitaso on korkea, sillä itsevalaiseva näyttö pystyy tuottamaan hyvin kirkasta valkoista ja syvä musta saadaan aikaan yksinkertaisesti sammuttamalla pikseleitä. (Maloney ym. 2014: 6; Qiu – Jin – Lin – Gao – Tsou 2014.) AMOLED-näytöissä katselukulman muutos ei vaikuta kuvanlaatuun, kontrastiin ja kirkkauteen yhtä paljon kuin muun tyyppisissä näytöissä (Maloney - Spano 2014: 6). Erityisesti hämärässä valaistuksessa AMOLED-näyttö tuottaa elävämmät värit sekä kirkkaamman ja syväterävämmän kuvan kuin LCD-näyttö (Qiu ym. 2014).

### 3.2.3 Näytön laadun merkitys

Vanhempien ja uudempien näyttötekniikoiden välillä on suuria eroja ja oletettavasti ne myös vaikuttavat silmiin eri tavoin. Esimerkiksi vanhan kuvaputkinäytön katselun on todettu vaativan huomattavasti enemmän akkommodaatiota kuin LCD-näytöltä lukemisen (Ferreira – Lira – Franco 2011). Myös Agarwalin, Goelin ja Sharman (2013) tutkimuksen mukaan kuvaputkinäytön katselu aiheuttaa merkittävässä määrin enemmän silmien rasittumista pitkäkestoisessa päätetyöskentelyssä kuin LCD-näytön.



Yang ym. (2011) tutkimuksessa verrattiin kolmen uuden sukupolven älypuhelimien käyttömukavuutta, luettavuutta ja käytettävyyttä. Yhdessä älypuhelimista oli IPS-LCD näyttö, toisessa Matrix Super AMOLED- ja kolmannessa VStrip Super AMOLED-näyttö. Myös käyttäjien kokemuksia kartoitettiin. Tutkimuksessa selvisi, että eri teknologian näytöissä on eroja sekä suorituksen että käyttökokemuksen suhteen. Luetun ymmärtämisessä ja lukunopeudessa ei kuitenkaan ollut eroja. IPS-LCD-näytöllinen älypuhelin, jossa oli testin korkein resoluutio, mahdollisti tarkimman yksityiskohtien erottamisen ja pidemmät katseluetäisyydet. Sekä nuoret että vanhemmat tutkimushenkilöt saivat tällaisella näytöllä paremmat näöntarkkuustulokset. Resoluutio koettiin myös subjektiivisesti parhaaksi. Värit koettiin hyviksi ja korkeasta resoluutiosta huolimatta kuva pehmeäksi. AMOLED-näytöillä näöntarkkuustulokset eivät olleet ikääntyneillä yhtä hyvät, mutta ne koettiin miellyttävämmäksi katsella. AMOLED-näyttö toimii usein hyvin myös hyvin valaistuissa olosuhteissa hyvän kontrastisuhteensa ansiosta. (Yang ym. 2011: 5,15.) Kim ym. (2012) viittaavat Parkin, Leen ja Han (2008) tutkimukseen, jossa käyttäjät kokivat AMOLED-näytön kuvan kirkkaammaksi ja syväterävämmäksi. Parempi syväterävyys voi osiltaan selittää sen, että vanhemmat käyttäjät kokevat AMOLED-näytön miellyttäväksi katsella. Näyttötyypistä riippumatta liikkuvan kuvan katseleminen koetaan yleensä miellyttävämmäksi kuin tekstin lukeminen (Kim – Park – Sundar 2012).

Sahan, Liangin, Vogelien ja Badanon (2008) tutkimuksessa AMOLED-näyttö mahdollisti parhaat kontrastitulokset. Sen ja vähemmän heijastelevan TMLCD-näytön koettiin heijastelevan vähemmän kuin vanhemman LCD-näytön, minkä vuoksi ne olivat miellyttävämpiä käyttää. Näytön heijastelun väheneminen vaikuttaa subjektiivisen kokemuksen lisäksi myös teknisiin ominaisuuksiin. Kontrasti, terävyys, värintoisto ja kuvanlaatu koettiin paremmaksi vähemmän heijastelevilla näytöillä. (Saha ym. 2008.)

Qiu ym. (2014) tutkimuksessa päädyttiin samankaltaisiin tuloksiin kuin edellä. Hieman yli puolet tutkimukseen osallistuneista kokee AMOLED-näytön kokonaisuutena miellyttävämmäksi, vaikka LCD-näytöllä tulisikin paremmat näöntarkkuustulokset. Tutkimuksessa ei otettu kantaa näyttöjen aiheuttaman silmien rasittumisen määrään. Tutkijat ovatkin sitä mieltä, että aihetta tulisi tutkia tarkemmin. (Qiu ym. 2014.)

Tutkijat ovat erimielisiä siitä, onko näytön laadulla merkitystä näönrasitusoireiden ja käyttökokemusten kannalta. Osa tutkijoista on sitä mieltä, että kaikkein edistyneintäkin näyttöteknologiaa käytettäessä katselun laadussa voidaan havaita huomattavia eroja



niin subjektiivisesti koettuna kuin objektiivisesti mitattuna. Nykyisissä kehittyneimmissä älypuhelinnäytöissä on eroja paitsi näytön koossa, myös resoluutiossa, kirkkaudessa ja värintoistokyvyssä. (Yang ym. 2011: 12, 15.) Erot puhelinten ominaisuuksissa ovat tarpeeksi merkittäviä vaikuttaakseen kuvanlaatuun, visuaaliseen suorituskyykyyn, katselumukavuuteen ja subjektiiviseen käyttökokemukseen (Gong – Xu 2013). Toisaalta mm. Kim, Park ja Sundar (2012) päätyivät IPS-LCD- ja AMOLED-näyttöjen käyttökokemuksia tutkiessaan siihen, ettei näyttötekniikalla ole merkitystä käyttäjän kokemaan katselumukavuuteen, kokemukseen näytön laadusta, katselemisen miellyttävyyteen, tekstin luettavuuteen, tekstin ymmärtämiseen tai lukukokemukseen. Uuden sukupolven älylaitteiden näytön laadun merkitystä katselumukavuuteen ja silmien rasittumiseen on tutkittu vasta vähän (Yang ym. 2011: 4; McBride 2012), joten aiheesta kaivataan lisää tietoa (ks. esim. Qiu ym. 2014).

### 3.2.4 Kirjainkoko

Älypuhelimien pienet näytöt edellyttävät pientä kirjainkokoja ja sen vuoksi lyhempää katseluetäisyyttä kuin perinteisesti paperilta luettaessa (Bababekova ym. 2011; Hayes – Kundart – Laukkanen 2008). Älylaitteen näytön kirjainkokoilla on merkittävä vaikutus silmien väsymiseen. Pieni kirjainkoko (8 pt) aiheuttaa enemmän silmien rasitusoireita ja väsymistä kuin suuremmat (10–14 pt) kirjainkoot. (Lin – Wu – Cheng 2013: 50.) Älylaitteiden näytöiltä katsellaan usein suosituksia pienempää tekstiä (Bababekova ym. 2011: 797). Näyttöä katsottaessa kirjainkoon vaikutus silmien rasittumiseen ja lukemisen miellyttävyyteen on suurempi kuin painetun tekstin kohdalla (Hayes ym. 2008).

Lähinäöntarkkuuksia käsiteltäessä kirjaimen tai tekstin koko saatetaan ilmoittaa Snellenin lukuna. Tämä ei ole suositeltavaa, sillä kaukonäöntarkkuutta ilmaiseva luku ei ole verrattavissa lähinäöntarkkuuteen sellaisenaan. Täsmällisempää on ilmoittaa kirjaimen koko esimerkiksi M-yksikössä, joka ilmoittaa etäisyyden (metreissä), jolta nähtynä kirjain vastaa 5 kulmaminuuttia. Tällöin henkilö, joka pystyy juuri lukemaan 1.0 M kokoista tekstiä 40 cm etäisyydeltä, saa näöntarkkuusarvoksi 0.4/1.0 M eli 0,4. (Bailey 2006: 235.) Sanomalehden tekstikoko vaihtelee 0.8–1.2 M välillä, ollen yleensä n. 1.0 M eli n. 8 pistettä point-asteikolla ilmoitettuna. (Bailey 2006: 236; Bababekova ym. 2011: 796).

Bababekovan ym. (2011: 796) tutkimuksessa tutkimushenkilöitä ohjeistettiin asettamaan älypuhelimensa miellyttäväksi kokemansa ja yleensä käyttämänsä kirjainkoko. Keskimääräisesti kirjainkoon havaittiin olevan 1.1 M (1,6 mm), joka on lähellä tavalli-

sesti sanomalehdissä käytettyjä kirjainkokoja. Verkkosivua lukiessa käytetty kirjainkoko oli keskimäärin pienempi, 0.8 M (1,1 mm). Tutkimuksen tulokset on koottu taulukkoon 4, joka löytyy katseluetäisyyttä käsittelevästä alaluvusta 4.1. Lukemisen miellyttävyyden ja sujuvuuden vuoksi näöntarkkuuden tulisi olla kolme kertaa parempi kuin mikä vaaditaan tekstin näkemiseksi. Tällöin esimerkiksi normaalin sanomalehtitekstin lukeminen vaatii vähintään 1.0 näöntarkkuuden, jotta myös pitkäkestoinen lukeminen olisi miellyttävää. (Bababekova ym. 2011: 796; Sheedy – Shaw-McMinn 2003; Ko – Mohapatra – Bailey – Sheedy – Rempel 2012: 2378.) Useimmat henkilöt eivät pysty lukemaan pientä tekstiä miellyttävästi pitkiä aikoja näöntarkkuutensa ääri rajoilla (Bababekova ym. 2011: 796). Moni kokee, että pienemmästä tekstikoosta huolimatta pidempään jatkuva lukeminen on silti helpompaa e-lukijalla tai älypuhelimella kuin pöytätietokoneen tai kannettavan tietokoneen näytöltä (Hayes ym. 2008). Kundartin ym. (2012: 154) mukaan tätä saattaa selittää älylaitteiden käyttöön liittyvä näytön koskettaminen, sillä asento- ja liikeaistilla on yhteys katseen tarkentamiseen.

Näytön kirjainkoon pienentyminen lyhentää lukuetaisyyttä huomattavasti (Ko ym. 2012: 2380; ks. taulukko 2). Lyhyt lukuetaisyys puolestaan vaatii enemmän sekä akkommodaatiota että konvergenssia, mikä saattaa johtaa silmien rasittumiseen. Pieni tekstikoko aiheuttaa myös silmien räpyttelytiheyden laskemista (Himebaugh – Begley – Bradley – Wilkinson 2009), jolla puolestaan on suora yhteys silmien kuivumiseen (ks. alaluku 4.2.2).

Kirjaimen koon ollessa	Pieni (1,78 mm)	Keskikokoinen (2,23 mm)	Suuri (3,56 mm)
katseluetäisyys on (cm)	44,8	48,4	53,9

Taulukko 2. Kirjaimen koon vaikutus katseluetäisyyteen (Ko ym. 2012: 2380 mukailten)

Kirjainkoolla on vaikutusta suorituksen laatuun visuaalisesti vaativissa tehtävissä. Lukunopeus ja -tarkkuus paranevat kirjainkoon kasvaessa. Kirjainkoon kasvattaminen kahdeksasta pisteestä (pt) 14 pisteeseen nosti suorituskykyä lähes kolmanneksen. Lukeminen myös koettiin helpommaksi. (Ko ym. 2012: 2378, 2380; Lin ym. 2013.) Lukemisen miellyttävyyttä mitattaessa huomattiin kuitenkin, että pienin kirjainkoko (8–12 pt) koettiin miellyttävimmäksi. Älylaitteilta luettaessa kirjainkoolla ei ole juuri vaikutusta lukunopeuteen ja -tarkkuuteen, kun tekstikoko pysyy 6–16 pisteen välillä. (Darroch – Goodman – Brewster – Gray 2005.) Sulkuihin merkityt point-muodossa ilmoitetut kir-

jainkoot on laskettu kulmaminuuteista olettaen, että etäisyys näytölle on 70 cm. Pieniä ja isoja kirjaimia ei ole huomioitu.

Älypuhelinmalleissa näytön koko on kasvanut lähivuosien aikana jatkuvasti (Vesselkov ym. 2014: 11). Tästä huolimatta näytöt ovat hyvin pieniä, joten ne asettavat haasteita näköjärjestelmän toiminnalle. Pienellä näytöllä myös tekstin asettelu poikkeaa esimerkiksi pääteeltä luetun tekstin asettelusta, millä saattaa olla vaikutusta katselun miellyttävyyteen ja rasittavuuteen (Simola - Laarni - Näsänen - Kojo 2002). Hyvin pienen tekstikoon vuoksi älypuhelinia katsellaan herkästi todella läheltä, jolloin silmien sisäiset ja ulkoiset lihakset altistuvat suurelle rasitukselle (ks. esim. Bababekova ym. 2011). Katsen pitkittynyt tarkennus lähietäisyydelle sekä silmien voimakas sisäänpäin kääntäminen saattavat johtaa jopa lihasten krampptilaan (Lindberg 2014). Älypuhelinien ja tablettien tekstiasetuksiin olisi tämän vuoksi hyvä kiinnittää huomiota ja teksti tulisi säätää miellyttävän kokoiseksi silmien rasittumisen ehkäisemiseksi (Hindsight 20/20/20 2015: 8).

### 3.2.5 Resoluutio

Resoluutio tarkoittaa kuvan tarkkuutta pikseleiden määrän ja tiheyden avulla ilmaistuna ja sen avulla kuvataan näytön optista laatua. Mitä enemmän pikseleitä yhdellä alueella on, sitä terävämpi ja selkeämpi kuva on mahdollista muodostaa. (Blehm ym. 2005: 256; Bali – Naveen – Bali 2014: 62; Subbaram 2004: 36.) Resoluutio voi ilmaista pikseleiden määrän tuumalla – ppi (pixels per inch) tai dpi (dot per inch) – tai se voi kertoa pikseleiden määrän vaaka- ja pystysuunnassa (Subbaram 2004: 36). Älypuhelinien resoluutiota ilmaistaessa ilmoitetaan yleensä molemmat. Korkean resoluution HD-laitteet saattavat kuormittaa silmiä vähemmän kuin huonompiresoluutioiset näytöt (Digitized 2014: 5).

Resoluution on pitkään ajateltu olevan tärkein näytön laadun mittari. Haak Marcial (2010) viittaa Raghunathin tutkimukseen nostamalla esiin epäilyksen siitä, kuinka suuri resoluutio tarvitaan kun silmän erotuskyvyn rajallisuus otetaan huomioon. Osassa älypuhelinien näytöistä resoluutio on jo nyt niin suuri, että ne ylittävät silmän erotuskyvyn ainakin tietyiltä etäisyyksiltä katsottaessa. (Haak Marcial 2010.) Etenkin nuoret älypuhelinien käyttäjät arvostavat korkeaa resoluutiota ja tarkkaa kuvaa. Korkea resoluutio mahdollistaa katseluetäisyyden muutokset paremmin, jolloin myös vanhemmat käyttäjät saavuttavat parempia näöntarkkuustuloksia. Pieni resoluutio lyhentää katseluetäi-

syyttä, saattaa aiheuttaa silmien rasittumista lisääntyvän akkommodaatiotarpeen vuoksi. (Yang ym. 2011: 15–16.) Epätarkan kuvan tiedetään stimuloivan akkommodaatiota (ks. esim. Bailey 2006). Bali ym. (2014) viittaavat Ziefen tutkimukseen, jossa todettiin heikon resoluution pidentävän visuaalisen haun eli katseen kohdistamisen- ja yksittäisten fiksaatioiden kestoa aiheuttaen silmien väsymistä. Kyseisessä tutkimuksessa näyttöjen resoluutiot kuitenkin olivat huomattavasti nykyisten näyttöjen resoluutioita pienemmät, 62 dpi ja 89 dpi.

Kuvan näytölle muodostava pikseli on keskeltä kirkkaampi kuin reunoilta, jolloin kirjainten kontrasti heikkenee reunoja kohti, toisin kuin painetussa tekstissä. Silmät akkomodoivat hyvin tarkkarajaisiin merkkeihin, kun taas epätarkempiin reunoihin tarkentaminen on vaikeampaa. (Bali ym. 2014: 62) Nykyään näytöissä on paitsi suuri resoluutio, myös korkeaksi säädettävissä olevat kontrasti ja kirkkaus, joten oletettavasti tällä ei ole merkittävää vaikutusta.

Kundart, Tai, Hayes ja Sheedy (2010: 1) epäilevät, että älylaitteelta ja paperilta on miellyttävämpää lukea kuin näyttöpäätteeltä, koska etenkin vanhemmissa päätteissä on huono resoluutio. Kundart ym. (2010) tutkivat resoluution vaikutusta näönrasitusoireiden esiintyvyyteen. Tutkimuksessa verrattiin painetun tekstin-, älylaitteen- ja näyttöpäätteen katselun vaikutusta akkommodaatioon, koettuihin oireisiin ja tekstin luettavuuteen. Tutkimuksessa otettiin huomioon eri laitteiden katseluetäisyydestä johtuva kirjainkoon lineaarinen muuttuminen. Siinä ei kuitenkaan huomioitu muita näyttöjen ominaisuuksia, kuten kirkkautta ja kontrastiasetuksia, minkä vuoksi Kundartin ym. (2010) tutkimustuloksista ei voida tehdä suoraviivaista johtopäätöstä resoluution vaikutuksesta näön rasittumiseen. Lisäksi tutkimuksessa käytettyjen laitteiden resoluutiot (120 dpi ja 140 dpi) olivat huomattavasti matalampia kuin nykyisissä älylaitteissa. (Kundart ym. 2010.)

Painetun tekstin, älylaitteen ja päätteen katselun vaatimassa akkommodaatiovasteessa ei todettu merkittäviä eroja. Pienimmän painetun tekstikoon (9 pt) lukeminen vaati käytetystä mediasta riippumatta eniten akkommodaatiota. Tekstin luettavuus sen sijaan vaihteli: se koettiin selvästi heikoimmaksi älylaitteella, kun taas painetun tekstin ja päätteen luettavuudessa ei ollut juurikaan eroa. Akkommodaation määrällä ja niin kutsutuilla sisäisillä eli katselemisesta johtuvilla näönrasitusoireilla kuten silmien arkuudella ja kivulla, päänsäryillä, näkemisen sumeudella tai kaksoiskuvilla ei todettu olevan merkit-

tävää yhteyttä. Päättelen katselun jälkeen koettiin eniten ulkoisia silmäoireita, kuten silmien ärtymistä, -vetistämistä, -väsymistä ja -kuivumista. (Kundart ym. 2010: 6–9, 13.)

Näytön resoluutio voi vaikuttaa näöntarkkuuteen sekä katseluetäisyyteen ja sitä kautta akkommodaatioon ja näönrasitusoireiden syntymiseen. Eri-ikäiset käyttäjät kokevat resoluution vaikutuksen eri tavoilla. (Yang ym. 2011: 15–16). Hyvä resoluutio voi tehdä älylaitteiden katselemisesta miellyttävämpää (Tai ym. 2010) ja vähemmän silmiä kuormittavaa (Digitized 2014: 5). Nykyisten älylaitteiden näyttöjen erinomainen resoluutio on siis näönkuormituksen kannalta positiivinen asia.

### 3.2.6 Kontrasti

Näytön tekstin ja taustan kontrastierolla on vaikutusta silmien rasittumiseen. LCD-näyttö aiheuttaa enemmän silmien väsymistä ja ärtymistä kun kontrasti on huono, verrattuna siihen, kun se on säädetty korkeammaksi. (Tai – Sheedy – Coriveau 2010.) Pieni kontrasti johtaa lyhempään katseluetäisyyteen (Tai ym. 2010), mikä voi lisätä näönrasitusoireita. Silmien räpyttelytiheys laskee kontrastin pienentyessä (Gowrisankaran – Sheedy – Hayes 2007). Vähäinen ja vajaaksi jäävä räpyttely altistavat silmää kuivumiselle (ks. esim. Wang ym. 2013).

Tekstin ja taustan kontrastieron suuruus vaikuttaa näkemisen miellyttävyyteen. Hyvin kirkasta LCD-näyttöä on miellyttävintä katsella, kun kirkkaus- ja kontrastitaso on säädetty kohtalaisiksi. Nuoret ja ikääntyneemmät kokevat kontrastieron eri tavoilla. Nuorilla kohtalaiseksi säädetty kontrasti oli miellyttävintä myös suhteellisen kirkasta tablettia katsettaessa, kun taas ikääntyneet kokivat suuren kontrastin miellyttävämmäksi. (Ou – Sun – Huang – Luo 2014.) Ikääntyessä kontrastiherkkyys alenee silmän väliaineiden kirkkauden vähentyessä. Parempi kontrasti parantaa näöntarkkuutta, helpottaa näkemistä ja tekee siitä miellyttävämpää. Jotta näkeminen olisi helppoa ja miellyttävää, ikääntyvät tarvitsevat voimakkaampaa yleisvaloa ja tehokkaampaa häikäisysoojaa kuin nuoret. (Launis – Lehtelä 2011: 273).

Lukiessa näköhavaintojen ja visuaalisen haun nopeus hidastuvat tekstin ja sen taustan välisen kontrastin vähentyessä (Lin – Huang 2009; Ojanpää – Näsänen 2003: 167, 176). Mitä pienempi kontrasti ja kirjainkoko, sitä hitaammin visuaalinen haku toimii, jolloin lukunopeus laskee (Ojanpää – Näsänen 2003: 167, 176). Kontrastin ollessa alhainen, myös kyky erottaa pieniä yksityiskohtia on huonompi (Näsänen 2007: 12).

Tummien merkkien lukeminen vaalealta pohjalta (positiivinen polariteetti) on helpompaa kuin vaaleiden merkkien lukeminen tummalta pohjalta (negatiivinen polariteetti), koska kontrasti on ensin mainitussa yleensä parempi (Buchner – Mayr – Brandt 2009). Etenkin ikääntyneemmät hyötyvät positiivisesta polariteetista ja hyvästä kontrastista (Piepenbrock – Mayr – Mund – Buchner 2013).

Tutkimuksissa on pyritty määrittämään optimaalinen tausta-teksti -kontrasti älylaitteiden katseluun tietyissä valaistusolosuhteissa. Na, Jiho ja Hyeon-Jeong (2014) kuitenkin kyseenalaistavat tällaisen staattisen kontrastitason määrittämisen mielekkyyden ja pyrkivät sen sijaan määrittämään olosuhteiden mukaan muuttuvan dynaamisen kontrastitason. He totesivat, että olosuhteiden mukaan muuttuva kontrasti tekee älylaitteelta lukemisesta miellyttävämpää ja aiheuttaa vähemmän näönrasitusta. (Na ym. 2014.)

### 3.2.7 Kirkkaus ja virkistystaajuus

Uusimpien älypuhelimien näyttöjen kirkkaus on säädettävissä hyvinkin korkeaksi (esim. 400–550 cd/m<sup>2</sup>) (Ylönen 2014: 12). Näytön suuri kirkkaus vaikuttaa merkittävästi silmien rasittumiseen ja vaikutus korostuu entisestään hämärässä ja pimeässä. (Benedetto ym. 2014; Yang ym. 2011; Qiu ym. 2014; Yang ym. 2014). Kun näyttö on todella kirkas, räpyttely vähenee ja kyynel neste haihtuu voimakkaammin (Benedetto ym. 2014: 116). Kirkkauden vähentäminen ehkäisee silmien rasittumista ja silmien kuivumisen aiheuttamaa vetistämistä (Agarwal ym. 2013: 333). Monissa älylaitteissa on sensorit, joiden avulla näytön kirkkaustaso on mahdollista asettaa muuttumaan ympäristön valaistuksen mukaan. Tällä pyritään ehkäisemään silmien rasittumista liian suuren kirkkauseron vuoksi. Älylaitteisiin on nykyisin saatavilla sovelluksia kirkkauden aiheuttamaa silmien väsymistä sekä sinisen valon haittoja ehkäisemään.

Yleisvalaistuksen ja näytön kirkkausero vaikuttavat katselun miellyttävyyteen ja silmien rasittumiseen. Näyttöjen ollessa itsevalaisevia ja kirkkaita, niiden ja ympäristön kirkkausero herkästi kasvaa. Tällöin näytön katselu aiheuttaa huomattavasti enemmän silmien rasitusoireita, etenkin painetun tekstin katseluun verrattuna. (Yang ym. 2014: 2073.) Kun näkökentässä on keskeistä katselukohdetta kirkkaampia häikäisyä aiheuttavia kohteita, silmiltä edellytetään erityistä sopeutumista. Häikäisyn voimakkuuteen vaikuttavat erityisesti valonlähteen koko, kirkkaus ja etäisyys. (Launis – Lehtelä 2011: 94; Yang ym. 2014: 2076.) Näytön ollessa ensisijainen katselukohde, sen ja ympäristön valon määrä tulisi

tasapainottaa. Näytön kirkkauden olisi hyvä olla kolmasosa ympäristön kirkkaudesta. Jos luminanssiero on suurempi, saattaa syntyä kontrastihäikäisyä. (Launis – Lehtelä 2011: 273; Sheedy – Shaw-McMinn 2003: 134.)

Kundartin ym. (2010) tutkimuksessa pupillikoon huomattiin olevan merkittävästi pienempi näyttöpäätettä kuin äylaitetta tai painettua tekstiä katseltaessa. Luetun tekstin koolla ei ollut merkitystä. Pupilli reagoi sekä valon määrään että lähikatseluun. Päätteen katseluun yhdistetty pieni pupilliko johtui todennäköisesti siitä, että katselukohteen kontrasti ja kirkkaus olivat huomattavasti suuremmat kuin verrokkina olleessa vanhan-tyyppisessä äylaitteessa. Pupillin pienentymistä, akkommodaatiota ja konvergenssiä eli silmien sisäänpäin kääntymistä hermottaa sama hermo, mistä syystä ne esiintyvät aina yhdessä. Kirkkaan näytön aikaansaama pupillin pienentyminen aiheuttaa siis myös konvergenssiä. Akkommodaation, konvergenssin ja pupillin pienentymisen yhteyden yliaktivoitumisen on arveltu aiheuttavan näön kuormittumista ja näön-rasitusoireita. (Kundart ym. 2010: 12–14.) Ylirasittumistilaan liittyy erilaisia valelikitaitteisuuden oireita, konvergenssihäiriöitä ja pupillien supistumista. Oireita saattaa esiintyä yhdessä tai yksittäin. Akkommodaatiohäiriöt eivät tule ilmi ainoastaan valelikitaitteisuutena, vaan myös kyvyttömyytenä rentouttaa sädelihasta ja akkommodaatiota. (Goldstein – Schneekloth 1996; ks. myös luku 4.2; valelikitaitteisuudesta ks. esim. Huh-takallio 2014.)

Nykyiset itsevalaisevat tai kirkkaasti taustavalaistut näytöt lähettävät valoa katselijan silmiin. Kirkkaiden näyttöjen katselu aiheuttaa huomattavan paljon silmien rasitusoireita. Näytön ja ympäristön välinen suuri kirkkausero on yksi tärkeimmistä silmien rasittumista aiheuttavista tekijöistä. Rasitusta voidaan kuitenkin vähentää liukuvalla ja automaattisella näytön kirkkauden säätymisellä. (Yang ym. 2014: 2073.) Itsevalaisevia laitteita käytetään paljon myös hämärässä ja pimeässä, jolloin näytön kirkkaus korostuu ja haittavaikutukset voimistuvat (Yang ym. 2014: 2076). Äylaitteiden valmistajat ovat huomioineet vaihtelevat valaistusolosuhteet ja nykyään suurimmassa osassa laitteista näytön kirkkaus säätyy automaattisesti ympäristön valaistuksen mukaan etupaneelissa olevan sensorin avulla (Tien-Yan – Chin-Yang – Shu-Wei – Che-Wei – Ting-Wei 2012).

Yang ym. (2014) havaitsivat tutkimuksessaan, että näytön takana olevan valaistuksen ja näytön kirkkauden suhde tulisi pysyä samana, jotta näkeminen tuntuisi miellyttävältä. Näytön kirkkauden kasvaessa myös taustavalaistuksen tulisi siis lisääntyä. Miellyttäväksi koetun LCD-näytön kirkkaus ja taustavalaistuksen muutos kulkevat käsi kädessä.



Tutkimukseen osallistuneiden lasten mielestä miellyttävimmäksi koetun taustavalon määrä kasvoi näytön kirkkauden voimistuessa. Aikuiset kokivat miellyttävimmäksi mallillisemman taustavalon määrän kasvun. Lapset kokivat kirkkaan taustan miellyttävämmäksi kuin aikuiset. (Yang ym. 2014: 2073–2076.)

Silmän kyky aistia valon nopeita muutoksia on rajallinen, ellei näin olisi, kuvaputketelevision kuva ja monet keinovalonlähteet olisivat epämiellyttävän välkkyviä. Se, näkeekö silmä valon välkkyvänä vai tasaisena, riippuu pitkälti virkistystaajuudesta, eli kuvan uusiutumistiheydestä sekunnin aikana. Kriittisen virkistystaajuuden raja-arvoksi on määritetty 50–100 Hz eli välkähdyistä sekunnissa. Tätä arvoa tiheämpi välkkyminen ei häiritse silmää. (Launis – Lehtelä 2011: 94.) Uuden sukupolven älylaitteiden teknologia mahdollistaa nopean virkistystaajuuden ja niissä onkin huomattavasti vähemmän silmiä rasittavaa näytön välkkymistä (Bali ym. 2014). Etenkin vanhoihin kuvaputkinäyttöihin verrattuna uusien LCD- ja OLED-näyttöjen on todettu aiheuttavan vähemmän silmien rasitusoireita ja vaikutus räpyttelytiheyteen ja lukunopeuteen on pienempi (Blehm – Vishnu – Khattak – Mitra 2005: 258). Laadukkaiden LED- ja LCD-näyttöjen virkistystaajuudet vaihtelevat 125 ja 250 Hz välillä (Bali ym. 2014). Kuitenkin myös uusimpien AMOLED- ja LCD -näytöllisten laitteiden käyttö- ja katselumiellyttävyydessä on välkkymisestä johtuvia eroja, mikä käy ilmi mm. eri älypuhelinsovelluksilla käydyistä keskusteluista.

#### 4 Älylaitteet ja näönrasitus

Elektronisten näyttöjen katselun on todettu aiheuttavan merkittävästi enemmän näönrasitusoireita perinteiseen paperilta lukemiseen tai muuhun pitkittyneeseen lähityöhön verrattuna (Hue – Rosenfield – Saá 2014; Chu – Rosenfield – Portello – Benzoni – Collier 2011; Yang ym. 2011). Nykypäivän vaatimukset näkemiselle pitävät sisällään niin älypuhelin, tablettien, kannettavien tietokoneiden, sähköisten kirjojen kuin muidenkin elektronisten laitteiden katselua hyvin erilaisissa ympäristöissä, eikä digitaalisten näyttöjen katselu enää rajoitu työpaikalla sijaitsevan pöytätietokoneen katseluun. Tällainen näkövaatimusten voimakas lisääntyminen voi johtaa hyvin moninaisen näönrasitusoireiston ilmaantumiseen. (Rosenfield 2011: 502.) Älylaitteiden käyttäjillä esiintyykin yleisesti ja yhä enemmän näönrasitusoireita. Näkörasituksella tarkoitetaan silmien fyysistä epämukavuudentunnetta, jota moni kokee käytettyään digitaalista laitetta



yhtäjaksoisesti vähintään kaksi tuntia (Hindsight is 20/20/20 2015: 1). Oireet ovat kuitenkin erilaisia eri ihmisillä (Digitized 2014: 4).

Näönrasitusoireita ilmenee etenkin tilanteissa, joissa päätteellä suoritettavan tehtävän näkövaatimukset ylittävät käyttäjän näköjärjestelmän edellytykset (Anshel 2005: 23–24). Pääteen katselun onkin useissa tutkimuksissa todettu aiheuttavan näön kuormittumista (ks. North 2001; Blehm ym. 2005; Chu – Rosenfield – Portello – Benzoni – Collier 2011; Yang ym. 2011). Vaikka osa tutkimuksista koskee tietokoneiden näyttöjä ja jo vanhentunutta teknologiaa, tieto on tietyssä määrin sovellettavissa myös nykyisiin näyttöihin ja älylaitteisiin. Vaikutukset eivät kuitenkaan välttämättä ole täysin samanlaisia, sillä uudet näytöt kuormittavat todennäköisesti näköjärjestelmää vanhempia vähemmän (ks. esim. Digitized 2014). Uusien laitteiden etuja ovat esimerkiksi parempi resoluutio, kirkkaampi valonlähde ja nopeampi virkistystaajuus. Lisäksi laitteita katsellaan suotuisammassa kulmassa, mutta lyhemmältä etäisyydeltä (ks. esim. Agarwal ym. 2013 ja Bali ym. 2014.) Siitä huolimatta, että näyttötekniikat ovat kehittyneet, uusimpienkin laitteiden on todettu aiheuttavan näönrasitusoireita (ks. esim. Kundart m. 2010).

Silmien ja näkemisen epämääräisiä vaivoja kutsutaan astenooppisiksi oireiksi. Astenooppisia oireita ovat epämukavuuden, ärtyneisyyden ja kivun tunteet silmissä tai silmien seudulla sekä silmien toimintaan liittyvä oireilu (Grosvenor 2007: 102). Astenooppiset oireet on mainittu myös kansainvälisesti ja kansallisesti standardoidussa lääketieteen ICD-10 -tautiluokituksessa, jota käytetään mm. tautien ja terveydentilojen tunnistamiseen ja diagnosoimiseen (Tautiluokitus ICD-10 2011: 3, 336). Eri tahot ovat luoneet suosituksia ja asetuksia, joilla pyritään luomaan hyvinvointia tukevia työskentelytapoja päätteiden käyttäjille. Niissä ei kuitenkaan juurikaan huomioida älylaitteita. Säädöksistä ainoastaan yhdessä tuoreimmista (ISO 6241–303) mainitaan mobiililaitteet ja erityisesti niiden käyttöön liittyvät erityispiirteet. (Long – Rosenfield – Helland – Anshel 2014.) On yllättävää, ettei älylaitteita huomioida kansainvälisissä asetuksissa, vaikka ne ovat nykyään niin tiiviisti läsnä arjessa asettaen näköjärjestelmälle uudenlaisia haasteita.

Astenooppiset oireet ovat hyvin yleisiä päätteitä käyttävillä (North 2001: 121), ja ne sisältyvät päätetyön aiheuttaman näönrasituksen tyypilliseen oireenkuvaan CVS:een (CVS, sanoista Computer Vision Syndrome)(esim. Yan – Hu – Chen – Lu 2008). American Optometric Association -järjestö määrittelee päätteiden aikaansaamat näön-

rasitusoireet sarjaksi silmien ja näkemisen ongelmia, jotka aiheutuvat pitkittyneestä päätteen katselusta (Barthakur 2013:1; Wang – Awad – Yee 2013: 125). Näyttöpäätteen aiheuttamat näönrasitusoireet on yhdistetty alun perin nimenomaan pöytätietokoneen käyttöön, mutta termiä käytetään laajalti myös älylaitteiden yhteydessä. Suuri osa erilaisten näyttöjen ääressä työskentelevistä kärsii päivittäin silmiin ja näkemiseen liittyvästä epämääräisestä oireilusta - tutkimuksesta riippuen oireilevien osuus on 46–90 prosenttia. (Bhanderi – Choudhary – Doshi 2008; Logaraj – Madhupriya – Hegde 2014; Barthakur 2013; Rosenfield 2011). Tämän tyyppinen silmien oireilu kehittyy pitkän ajan kuluessa ja on yleensä suhteellisen kivutonta. Tästä syystä oireet saatetaan diagnoosivaiheessa sekoittaa muihin vaivoihin, kuten migreeniin ja yleiseen väsyneisyyteen. (Anshel 2005: 3.)

Portello, Rosenfield, Bababekova, Estrada ja Leon (2012) tutkivat erilaisten taustatekijöiden vaikutusta päätetyössä koettuihin näönrasitusoireisiin. Heidän tutkimuksessaan yleisimmin esiintynyt oire oli silmien väsyminen, josta kärsi kaksi kolmasosaa tutkituista. Kolmannes tutkituista kertoi kuivan silmän oireista ja lähes yhtä moni epämukavuuden tunteesta silmissä. Tutkijat löysivät vahvan yhteyden oireilun ja päätteellä vietetyn ajan väliltä. Iällä ei todettu olevan vaikutusta oireisiin, mutta sukupuolen vaikutus oli selvä - oireita oli eniten naisilla. Tutkittujen käyttämä näönkorjaus (yksitehot, progressiiviset, bifokaalit, trifokaalit) ei vaikuttanut merkittävästi oireiden ilmenemiseen. Tutkijat jaottelivat näönrasitusoireet kahteen pääryhmään: akkommodaatioon liittyviin ja kuivaan silmään liittyviin. Myös Blehm ym. (2005) mainitsevat taustatekijöiksi päätteiden aiheuttaman näönrasituksen merkittäväksi taustatekijäksi silmään liittyvät syyt, silmän pinnan poikkeavuudet ja akkommodaatiohäiriöt mukaan lukien. He kuitenkin huomauttavat, että osa rasitusoireista voi johtua huonosta ergonomiasta.

Agarwalin ym. (2013: 333) tutkimuksessa yleisin oire päätteitä käytettäessä oli silmien rasittuminen, josta kärsi noin puolet tutkituista. Päänsärky oli oireena lähes yhtä yleinen. Muita tyypillisiä oireita olivat kaukonäön hämärtyminen ja silmien vetistäminen, jotka vaivasivat kolmasosaa tutkituista sekä silmien punoitus, polttelu, kutina ja kaksoiskuvat. Wang ym. (2013: 125) mainitsevat Agarwalin ym. (2013) tavoin yleisimmäksi näönrasitusoireeksi silmien rasittumisen. Heidän tutkimuksessaan tyypillisiä oireita olivat Agarwal ym. (2013) tutkimuksen tavoin ärsytys, polttava tunne silmässä, punoitus, sumea näkeminen ja kaksoiskuvat. Edellä mainittujen lisäksi Barthakur (2013: 1) ja Rosenfield (2011: 502) mainitsevat kirvelyn ja kuvan tarkentumisen hidastumisen. Amerikkalaisen toimialajärjestön Vision Councilin tuoreessa raportissa mainitut älylait-

teiden liialliseen käyttöön yhdistetyt oireet ovat hyvin samantyyppisiä kuin edellä esitellyissä tutkimuksissa. Raportti kertoo jopa joka kolmannen älylaitteita paljon käyttävän kärsivän näön rasittumisesta sekä niskan-, hartioiden ja selän kivuista. Päänsärkyä, näön hämärtymistä ja silmien kuivumista esiintyi joka neljännellä. Silti lähes kolmannes tällaisista oireista kärsivistä ei ryhdy minkäänlaisiin toimiin niiden ehkäisemiseksi. (Hindsight is 20/20/20 2015: 1.) Toisaalta Rosenfieldin, Gurevichin, Wickwaren ja Layn (2010) tutkimuksessa ilmeni, että vaikka tutkittavat kokivat päätetyöskentelyn aiheuttavan monenlaisia jo mainitun tyyppisiä oireita, ne olivat pääasiassa lieviä tai kohtalaisen lieviä (ks. taulukko 3).

Oire	Keskiarvopisteet	Sanallisesti
Näkemisen sumeus näyttöä katsottaessa	2.36	lievä
Näkemisen sumeus kauas katsottaessa	2.96	lievä
Vaikeus tai hitaus silmien uudelleenkohdistamisessa katseluetäisyyden muuttuessa	3.00	lievä
Ärtyneet tai polttelevat silmät	3.40	lievähäkö
Kuivat silmät	4.04	kohtalainen
Näönrasitus	4.32	kohtalainen
Päänsärky	1.80	heikko
Väsyneet silmät	4.44	kohtalainen
Valonarkuus	2.20	lievä
Epämukavuudentunne silmissä	3.48	lievähäkö
Kaikkien oireiden keskiarvopisteet	3.29	lievähäkö

Taulukko 3. Päätetyön aiheuttamat oireet. Pisteytysasteikko 0 = oireeton - 10 = hyvin vakava. Mukailtu Rosenfield ym. (2010: 120) tutkimuksesta.

Väsynyt olotila, huono terveydentila, tiettyjen lääkkeiden käyttäminen, valonarkuus sekä taipumus migreeneihin voivat osaltaan vaikuttaa näönrasitusoireiden syntymiseen. Myös psykologiset tekijät, kuten ahdistunut ja/tai hermostunut persoonallisuus, stressitaso ja työmotivaatio voivat olla yhteydessä silmien rasittumiseen. Vaikka yksilölliset tekijät voivat lisätä oireiluriskiä, oireiden syyt piilevät useammin ympäristön ja työtehtävän laadussa sekä ominaisuuksissa. Päätetyöhön tottumaton työntekijä saattaa alkaa kärsiä rasitusoireista, koska uudentyyppinen työ päätteen ääressä vaatii keskittymistä

ja asettaa uudenlaisia haasteita näkemiselle ja ergonomialle. Yleensä oireet saattavat helpottua työympäristön ja tehtävien tultua tutuiksi. (North 2001: 125–126.)

Näönrasitusoireiden ilmeneminen voi johtua esimerkiksi pitkittyneestä lähityöskentelystä, riittämättömästä akkommodaatiolaajuudesta tai korjaamattomasta kaukotaitteisuudesta (Millodot 2014). Päätteen ääressä yhtäjaksoisesti vietetty aika vaikuttaa oireiden esiintyvyyteen (Logaraj ym. 2014; Portello ym. 2012). Mitä pidempi aika päätettä katsellaan, sitä todennäköisemmin oireita esiintyy (Logaraj ym. 2014; North 2001: 122). Sheedy, Hayes ja Engle (2003) huomasivat, että tietyistä rasitusta aiheuttavista tekijöistä seuraa johdonmukaisesti samantyyppisiä oireita. Rasittumista aiheuttavia tekijöitä olivat silmien pitäminen auki ja räpyttelyn vähyys, häikäistyminen, ylöspäin suuntautunut katse, pieni kirjainkoko ja valon epätasaisuus (flickering). Niistä seuraavia oireita olivat puolestaan polttava ja ärsyttävä tunne silmissä, vetistys ja silmien kuivuminen erityisesti sarveiskalvon etu- ja alaosaan. Näkemiseen vaikuttavia rasitustekijöitä olivat akkommodaatioon ja silmien yhteistoimintaan vaikuttavat tekijät, kuten lyhyt katseletäisyys, akkommodaatiomäärän vaihtelu ja korjaamaton hajataitto. Niistä seurasi tyypillisesti silmien särkyä ja väsymistä sekä erityisesti silmien taakse kohdistuvaa päänsärkyä (Sheedy ym. 2003). Älylaitteita käytettäessä on läsnä useita tutkijoiden havaitsemista rasitusta aiheuttavista niin ulkoisista kuin sisäisistäkin tekijöistä - näönrasitusoireiden ilmeneminen onkin tässä valossa hyvin ymmärrettävää (ks. taulukko 4).

Oireet	Mahdollisia aiheuttajia
<b>Astenooppiset oireet</b> Näkörasitus Väsyneet silmät Kipeät silmät	Binokulariteettiongelmat Akkommodaatio-ongelmat
<b>Silmän pintaan liittyvät oireet</b> Kuivat silmät <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polttelu ja ärsytys</li> <li>- Vetistys</li> <li>- Kuivuus erityisesti sarveiskalvon etu- ja alaosaan</li> </ul> Piilolinssiongelmat	Suuri kuivumiselle altistunut pinta-ala Vähäinen räpyttely Häikäistyminen Ylöspäin suuntautunut katse Pieni kirjainkoko ja välkyntä
<b>Näkemisen oireet</b> Näkemisen sumeus Silmien seudun särky ja väsyminen	Akkommodaatio-ongelma <ul style="list-style-type: none"> <li>- Jousto</li> <li>- Spasmi</li> </ul>

Tarkennuksen muuttamisen hitaus Kaksoiskuvat Ikänäkö Silmien taakse kohdistuva päänsärky	- Väsyminen Binokulariteettiongelmat - Vergenssinhäiriöt Taittovirhe, korjaamaton hajataitto Lyhyt katseluetäisyys
<b>Oireet, jotka eivät liity silmiin</b> Niskakipu Selkäkipu Olkapääkipu	Sopimaton ikänäönkorjaus Huono ergonomia

Taulukko 4. Näönrasitusoireiden syitä ja ilmenemismuotoja mukailtuna Blehmin ym. (2005: 254) ja Sheedyn ym. (2003) tutkimuksista

Muutoksia akkommodaatiossa ja vergensseissä eli silmän kääntymiskyvyssä on usein ehdotettu merkittäviksi rasitusoireiden aiheuttajiksi (ks. esim. North 2001: 121 ja taulukko 4). Akkommodaation ja vergenssien määrää sekä laatua on myös ehdotettu subjektiivisen näkörasituksen objektiivisiksi mittareiksi (Blehm 2005: 255). Näyttöpäätetyön vaikutuksesta akkommodaatioon ja vergenssiin sekä niiden roolista näkökuormituksen synnyssä ei kuitenkaan ole yksiselitteisiä tutkimustuloksia. Silmän toimintojen heikentymistä päätetyöntekijöillä ei ole pystytty yhdistämään juuri näyttöjen katseluun, vaan akkommodaation ja vergenssien muutokset saattavat selittyä myös iän tuomilla normaaleilla vaikutuksilla. (Wang – Awad – Yee 2013: 125–126; Rosenfield ym. 2010: 119.) Käsittelemme akkommodaation ja vergenssin yhteyttä näönrasitusoireisiin yksityiskohtaisemmin alaluvussa 4.2.

Pientenkin taittovirheiden korjaaminen on olennaista paljon älypuhelinta käytävillä. Epätarkka verkkokalvokuva stimuloi akkommodaatiota, joka liiallisena ja yhtäjaksoisesti pitkään jatkuessaan aiheuttaa näköjärjestelmän rasittumista. Pienten kohteiden tarkkana näkemisen ja tarkkuuden säilyttämisen vuoksi on tärkeää korjata likitaitteisuus ja kaukotaitteisuus turhan akkommodoinnin välttämiseksi. (Rosenfield 2011: 504.) Rosenfield ym. (2012) viittaavat Wigginsin tutkimuksiin kirjoittaessaan jopa 0,5 - 1,0 dioptrian korjaamattoman hajataitteisuuden aiheuttavan merkittävässä määrin näönrasitusoireita päätteiden käyttäjillä. Korjaamattoman hajataitteisuuden on todettu aiheuttavan merkittävän paljon silmien rasittumisen tunnetta ja silmäoireita näytöltä lukemisen jälkeen (Rosenfield – Hue – Huang – Bababekova 2012; Collier – Rosenfield 2011: 438). Myös aikaisemmin huomioimatta jääneet silmien toiminnalliset häiriöt ja kuivasilmäisyys saattavat vähäisinäkin aiheuttaa merkittäviä oireita pitkittyneessä näytön katselussa (Rosenfield 2011: 505, 512).

Ikääntyessä akkommodaatiokyky vähenee. Riittämätön akkommodaatio voi puolestaan johtaa astenooppisiin oireisiin etenkin niillä ikänäköisillä, joilla ei ole käytössä riittävää lähinäönkorjausta (North 2001: 121). Näyttöpäätetyötä tehtäessä monitehosilmälasiä käyttäjillä ilmenee paljon näönrasitusoireita. Ne vähentyvät, kun käytetään näönkorjaustarpeen mukaisia erityistyölaseja. Syväterävät silmälasit vähentävät erityistyölaseista eniten näönrasitusoireita. (Vuorenmaa 2010.) Etenkin yksityisen sairaanhoidon puolella hiljalleen yleistyvät monitehoiset tekomykiöt saattavat kuitenkin asettaa uusia haasteita ikänäköisille. Vaikka uusissa monitehotekomykiöissä välietäisyyksien katvealueet ovat pienentyneet, saattaa usein juuri välietäisyydellä sijaitsevalle päätteelle näkeminen olla haastavaa ja monitehotekomykiö onkin aina jonkinasteinen kompromissi. (Ilmaniemi 2015.) Kuten perusmoniteholinssit silmälasissa, myös keinomykiö toimii todennäköisesti lähietäisyydelle miellyttävämmän ja ergonomisemmin kuin päätteelle. Kiinteän päätteen ääressä työskenteleville on suositeltavaa mitoittaa erilliset päätelaseit, joiden linssisuunnittelussa ja voimakkuuksissa on huomioitu tarvittavat näköalueet. (Rosenfield 2011: 505, 506.) Näönkorjauksen tulisi luonnollisesti olla kohdillaan myös nuorilla. Kotegawa, Hara, Ono, Arimoto ja Mukuno (2008) tutkivat taittovirheen korjauksen suhdetta astenooppisiin oireisiin nuorilla päätetyöntekijöillä ja havaitsivat oikeanlaisen korjauksen vähentävän oireiden määrää ja parantavan akkommodaation toimintaa.

#### 4.1 Katseluetäisyys

Tyypillinen etäisyys painotekstiä luettaessa on noin 40 cm (Bailey 2006: 235). Älylaitteiden katseluetäisyydet ovat yleensä lyhempiä. Babekovan ym. (2011) tutkimuksessa älypuhelimien käyttöön ja tekstiviestin lukemiseen sopivaksi koettu katseluetäisyys oli keskimäärin 36 cm. Kolme neljästä käytti älypuhelimia mielellään 26–40 cm:n etäisyydeltä, joista joka neljäs lähempää kuin 30 cm:n etäisyydeltä. Luettaessa verkkosivuja älylaitteelta, katseluetäisyydet lyhenivät entisestään. (Bababekova ym. 2011: 796.) Kundartin, Momeni-Moghadamin, Nguyenin ja Hayesin (2012) tutkimuksessa älylaitetta käytettiin puolestaan mieluiten keskimäärinkin vain 29 cm:n etäisyydeltä.

Pienen tekstikoon on todettu lyhentävän katseluetäisyyttä, mutta etäisyyteen vaikuttaa myös se, mitä älylaitteella tehdään. Etäisyyden on todettu olevan merkittävästi lyhempi luettavan ollessa kognitiivisesti haastavaa tai visuaalisesti vaativaa. (Hayes ym. 2008) Enemmän keskittymistä vaativaa verkkosivua luetaan usein mieluummin lyhemmältä

etäisyydeltä kuin tekstiviestiä (Bababekova ym. 2011: 796). Taulukko 5 kuvaa katseluetäisyyden muuttumista tehtävästä ja kirjainkoosta riippuen.

Katseluun liittyvä motorinen toiminta lyhentää etäisyyttä, jolta älylaitteen käyttö koetaan miellyttäväksi (Hayes ym. 2008). Pelkkä näytöltä lukeminen tai muu passiivinen tekeminen onnistuu hyvin 50 cm:n etäisyydeltä, mutta tekstintuottoa vaativan käytön on todettu lyhentävän etäisyyttä 40 cm:in (Kundart 2012: 152). Myös yleisvalaistuksen aiheuttamat häiritsevät heijastukset lyhentävät merkittävästi katseluetäisyyttä (Ko – Mohapatra – Bailey – Sheedy – Rempel 2012), valaistusolosuhteiden merkityksestä näönrasitusoireisiin ks. alaluku 4.5.

	Tekstiviesti	Vaihteluväli	Internet-sivu	Vaihteluväli
Kirjainkoko (mm)	1,6 (± 0,35)	1,0 - 3,0	1,1 (± 0,34)	0,5 - 32,0
Kirjainkoko (M)	1.12 (± 0.24)	0.70 - 2.10	0.8 (±0.23)	0.3 - 14
Katseluetäisyys (cm)	36,2 (± 7,1)	17,5 - 58,0	32,2 (±7,41)	19,0 - 60,0

Taulukko 5. Tutkimushenkilöiden tekstiviestin ja verkkosivun lukemiseen valitsema kirjainkoko ja luonteva katseluetäisyys (Bababekova ym. 2011 ja Rosenfield 2011 mukailten)

Katseluetäisyyden lyheneminen lisää akkommodaation ja konvergenssin tarvetta (Kundart 2012: 152). Useiden tutkimusten mukaan muutokset akkommodaatiossa ja vergensseissä ovat yhteydessä rasitusoireisiin. Pitkittynyt lähityö lisää silmien kuormittamista ja älylaitteiden pieneltä näytöltä lukeminen vaatii erityisen paljon akkommodaatiota ja konvergenssiä (mm. Hue ym. 2014 ja Chu ym. 2011). Katseluetäisyyden aiheuttama akkommodaatorasitus on merkittävä tekijä näönrasitusoireiden ilmenemisessä (Agarwal ym. 2013: 334). Myös Toshan ym. (2009) tutkimuksen mukaan 20 cm:n etäisyydelle katseleminen aiheuttaa enemmän näönrasitusoireita kuin 33–50 cm:n etäisyyksille katseleminen. Lisäksi akkommodaatiiovasteen on todettu heikentyvän katselun pitkittyessä, kun etäisyys on ollut 20–25 cm. (Tosha 2009.) Akkommodaatiiovasteen hiipumisesta voi seurata rasitusoireita. Rosenfield ym. (2010) huomauttavatkin, että pelkkä käytettävissä oleva akkommodaation määrä ei välttämättä kerro koko totuutta näkemisen miellyttävyydestä.

#### 4.2 Akkommodaatio, konvergenssi ja näönrasitus

Akkommodaatio tarkoittaa silmän kykyä muuttaa taittovoimaansa terävän kuvan tuottamiseksi ja säilyttämiseksi eri etäisyyksille katsottaessa (Ciuffreda 2006: 93). Mykiön



taittovoiman mukauttaminen akkommodoimalla on näkemisen tahdosta riippumatonta hienosäätöä. Kohteen siirtyessä lähemmäksi, on silmän lisättävä taittovoimaansa kuvan säilyttämiseksi tarkkana verkkokalvolla. (Teräsvirta 2011: 210.) Kohteen sijaitessa 40 cm:n etäisyydellä silmän pitää lisätä taittovoimaansa 2,5 dioptriaa (Grosvenor 2007: 82). Älypuhelimien keskimääräiselle katseluetäisyydelle, joka on Kundartin ym. (2012) mukaan 28,6 cm, taittovoimaa tarvitsee lisätä vielä dioptrian verran enemmän. Erityyppisten näyttöjen yleistymisen myötä vaatimukset silmille ja näköjärjestelmälle monipuolistuvat entisestään (ks. esim. Oliveira – Jorge – González-Méijome 2012). Vergensseillä tarkoitetaan silmien liikkeitä, joiden tarkoituksena on saada molempien silmien kuvat muodostumaan sellaiselle verkkokalvon alueelle, josta ne voidaan yhdistää. Konvergenssissä silmät kääntyvät sisäänpäin ja divergenssissä hieman ulospäin. Konvergenssin määrä on huomattavasti suurempi ja sen rooli erityisesti lähikatselussa on divergenssiä merkittävämpi. Vergenssiilikkeissä esiintyy herkästi toiminnallisia häiriöitä (Daum – McGormack 2006: 160, 162.) Tällaiset silmien yhteistoiminnan häiriöt aiheuttavat usein silmien- ja näön rasittumista (ks. esim. Grosvenor 2007).

Akkommodaatiolaajuudesta (kaukaisimman ja lähimmän tarkkana nähtävän pisteen dioptriaalinen ero) voidaan yleensä käyttää miellyttävästi noin puolet. Pitkäkestoinen akkommodointi saattaa aiheuttaa eri tavoin oirehtivia häiriöitä ja silmien rasittumista, etenkin kun tarvittava akkommodaatio ylittää miellyttävästi käytössä olevan akkommodaatiolaajuuden. (Grosvenor 2007: 89, 267.) Yeowin ja Taylorin tutkimuksessa havaittiin, että alle 40-vuotiailla päätetyöntekijöillä akkommodaatiolaajuus laski enemmän kuin päätettä käyttämättömillä (Wang ym. 2013: 125).

Rosenfield ym. (2010) suhtautuvat kriittisesti pelkkään akkommodaation ja konvergenssin määrän mittaamiseen silloin, kun on tarkoitus määrittää niiden osuutta näön kuormittumisessa. Tutkijoiden mielestä tulisi mitata myös akkommodaation joustoa ja silmien sisään- ja ulospäinkääntymiskykyä. (Rosenfield ym. 2010.) Tämä on tärkeää, sillä päätteen katselun oletetaan yleisesti alentavan akkommodaation- ja vergenssin toiminnan joustavuutta pitkittyneen käytön aiheuttaman väsymyksen vuoksi, mikä voi johtaa näönrasitusoireisiin. Rosenfieldin ym. (2010: 120–121) tutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan vahvista oletusta näyttöpäätteiden aiheuttaman näkörasituksen ja akkommodaatiopoikkeavuuksien yhteydestä. Rosenfield päätyi samankaltaiseen tulokseen myös myöhemmin Collierin kanssa tekemässään tutkimuksessa (Collier – Rosenfield 2011).



Tosha, Borsting, Ridder ja Chase (2009) tutkivat akkommodaatiiovasteen ja näönrasitusoireiden yhteyttä ja huomasivat, että normaalin akkommodaation vajauksen (*lag of accommodation*) lisääntyminen aiheuttaa näön rasittumista ja oireiden lisääntymistä. Normaali akkommodaatiovaje tarkoittaa, että akkommodoimme yleensä 0,50–0,75 dioptriaa vähemmän kuin mitä lähietäisyydellä olevan kohteen tarkkana näkemiseksi vaaditaan. Näköjärjestelmä tarkentaa siis hieman kohteen taakse ja vaste on pienempi kuin ärsyke. Mikäli vajuus kuitenkin on enemmän kuin 0,75 dioptriaa, saattaa akkommodaatiiovaste olla heikentynyt esimerkiksi lähiesoforian, akkommodaatioheikkouden tai korjaamattoman kaukotaitteisuuden vuoksi. Normaalin akkommodaatiovajeen ollessa vähemmän kuin 0,50 dioptriaa, kyseessä saattaa puolestaan olla merkittävä yliakkommodointi lähiesoforiasta tai akkommodaatiospasmista johtuen. (Campbell – Benjamin – Howland 2006: 710–711.)

Silmän sädelihaksen pitkäkestoinen supistuminen, eli akkommodaatiospasmi, saattaa aiheuttaa ohimenevää valelikitaitteisuutta pitäessään mykiön supistustilassa (Lindberg 2014: 168; ks. myös. Huhtakallio 2014). Lyhyt katseluetäisyys vaatii enemmän akkommodaatiota ja sen ylikäyttö saattaa edesauttaa sädelihaksen supistustilan pitkittymistä aiheuttaen moninaisia oireita (Agarwal ym. 2013: 334). Akkommodaatiospasmi saattaa ilmentyä akkommodaation joustokyvyn puutteena tai -vähentymisenä. Spasmitilaan voi liittyä liiallista konvergenssiä eli silmien sisäänpäin kääntymistä. Yleisiä oireita ovat näöntarkkuuden vaihtelu ja kaukonäön hämärtyminen, erilaiset näönrasitusoireet sekä pitkittynyt silmien ympäristön kipu ja päänsärky. Akkommodaatiospasmiin liittyvän näöntarkkuuden vaihtelu voi liittyä muutoksiin vireystilassa tai työtehtävässä. Jopa vuorokauden aika saattaa vaikuttaa. Taittovirheen määrittämisessä tulokset saattavat vaihdella, eikä taittovirheen korjaaminen välttämättä paranna näöntarkkuutta. Valelikitaitteisuuden määrä voi olla suurikin. Myös korjaamaton kaukotaitteisuus saattaa aiheuttaa kyvyttömyyttä rentouttaa sädelihasta, jolloin akkommodaation joustavuus vähennee. (Lindberg 2014: 168, 170.)

Näönrasitusoireista kärsivillä henkilöillä akkommodaatiiovasteen todettiin hiipuvan katselutehtävän aiheuttaman rasituksen vuoksi enemmän kuin oireettomilla. Kahden tai kolmen dioptrian (etäisyyksille 40 cm ja 33 cm) akkommodointi ei aiheuttanut merkittävää akkommodaation heikentymistä suorituksen aikana. Sen sijaan neljän ja viiden dioptrian (etäisyyksille 25 cm ja 20 cm) akkommodointi osoittautui merkittäväksi tekijäksi akkommodaatiovajauksen lisääntymiselle ja tästä johtuvien näönrasitusoireiden syntymiselle. (Tosha ym. 2009) Myös Harbin, Thornin ja Troilon (2006: 2588) tutkimuksen mukaan akkommodaatiovajuus lisääntyy merkittävästi sitä mukaa, mitä lähem-

mäksi katse pitää tarkentaa. Älylaitteiden käyttöetäisyydet ovat hyvin lyhyitä, joten akkommodaatiiovasteen heikentymisen voidaan olettaa vaikuttavan näön rasittumiseen niitä käytettäessä.

Collier ja Rosenfield (2011) tutkivat sekä akkommodaatiota että konvergenssiä päätetyön aikana suhteuttaen ne tutkimushenkilöiden kokemiin silmien- ja näönrasitusoireisiin. Tutkimuksessa akkommodaatiiovaste säilyi muuttumattomana eikä sillä ja koetuilla rasitusoireilla ollut merkittävää yhteyttä. Tutkimuksen tulokset viittaavatkin siihen, että epämukavuuden tunne ja silmien rasittuminen päätetyössä ovat yhteydessä nimenomaan lähityön vaatimaan suurempaan konvergenssimäärään. Oireita oli enemmän niillä tutkituilla, joilla katseen kohdistaminen toimii hyvin tarkasti eli ei ollut fiksaatioidisparaatiota. Henkilöillä, joilta mitattiin exoforista fiksaatioidisparaatiota, oli vähiten näönrasitusoireita. (Collier – Rosenfield 2011: 437.) Exoforisessa fiksaatioidisparaatiossa katseen tarkennus kohdistuu hieman kohteen taakse sen sijaan, että silmien näkölinjat kohtaisivat tarkalleen katseltavan kohteen tasossa. Näkölinjojen poikkeamasta huolimatta kuva voidaan fuusioda yhdeksi. Jokaista silmän verkkokalvokohtaa vastaa alue myös toisen silmän verkkokalvolla. Silmien verkkokalvokuvat voidaan yhdistää, vaikka ne eivät osuisikaan täysin vastaaville verkkokalvokohdille. Tällöin niiden tulee kuitenkin osua tarpeeksi lähelle vastinpisteitä eli niin kutsutulle Panumin fuusionaaliselle alueelle. (Grosvenor 2007: 84, 87, 485.) Collier ja Rosenfield (2011) totesivat tutkimuksessaan, että pienin mahdollinen konvergenssimäärä, jolla verkkokalvokuvat saadaan Panumin alueelle, saattaa tuottaa päätetyöskentelyn kannalta miellyttävämmän silmien asennon kuin silmänliikkeiden täsmällinen toiminta. (Collier – Rosenfield 2011.) Jaschinski (2002) arvelee sen sijaan, että lähityöhön liittyvä rasitus on yhteydessä exoforisen fiksaatioidisparaation lisääntymiseen sitä enemmän mitä lähempänä katseltava kohde on.

Gur ja Ron (1992) selvittivät näköongelmien esiintyvyyttä näyttöpäätetyöntekijöillä sekä arvioivat neljä päivää kestäneen näyttöpäätteen käytön vaikutusta konvergenssiin. Työntekijöillä esiintyi merkittävässä määrin exoforiaa, konvergenssin heikkoutta ja heillä oli alhaiset fuusionaaliset reservit. Katseltava laite ei Ferreiran, Liran ja Francon (2011) tutkimuksen mukaan vaikuta konvergenssin määrään. Kahden LCD-näytön, vanhemman CRT-näytön ja paperin katselussa konvergenssin määrässä ei ollut eroja eikä niitä tullut ilmi myöskään silmien asentopoikkeamia mitattaessa. (Ferreira ym. 2011.)

Epätarkan kuvan tarkentamiseksi käytetyn niin kutsutun refleksiakkommodaation merkitys korostuu etenkin pitkittyneessä lähikatselussa. Akkommodaatiiovasteen ollessa tavallista suurempi, myös konvergenssin määrä lisääntyy, koska akkommodaatio ja konvergenssi esiintyvät aina yhdessä. Tämä aiheuttaa näköjärjestelmälle suurempaa kuormitusta. (Daum ym. 2006: 166, 176.) Kundart, Momeni-Moghadam, Hamed, Nguye ja Hayes (2012) olettivat, että älylaitteen käyttäjät saattavat välttää liiallista konvergenssiä säästyäkseen kuormittumisesta aiheutuville rasitusoireille. Yksinkertaisesti sulkemalla toisen silmän kuvan pois käytöstä voidaan estää kaksoiskuvien näkemistä, näön sumentumista ja silmien väsymistä. Kundartin ym. (2012) tutkimuksessa tutkittavat lukivat lyhyen tekstin paperilta, elektroniselta lukulaitteelta ja uudelta IPS-LCD-näytölliseltä älypuhelimelta. Lukuetaisyys mitattiin alussa ja supression mahdollista esiintymistä tutkittiin lukutehtävän aikana. Painotekstiä luettaessa supression esiintyvyys oli keskimäärin 27 %, e-lukijalla 73 % ja älypuhelimella vain 18 %. Tuloksissa erityisen kiinnostavaa on se, että supressiota esiintyi eniten e-lukijalta luettaessa vaikka siinä on suurempi näyttö kuin älypuhelimessa. Painotekstiä luettaessa supression pienempi esiintyvyys selittynee pisimmällä katseluetäisyydellä. Sen sijaan älypuhelimelta lukemisen ja kuvan poissulkemisen välinen yhteys on vaikeammin selitettävissä. Lukuetaisyys oli lyhyin (26,8 cm), mutta siitä huolimatta supression todennäköisyys pienin. Yksi syy tähän saattaa olla älypuhelimien näyttössä oleva taustavalaisu. Eri laitteiden välillä on myös proprioseptiivisiä eroja, sillä niitä käytetään eri asennoissa ja erilaisilla liikkeillä. Vaikka kaikkia lukuvälineitä pidetään kädessä, vaatii älypuhelimien käyttö enemmän liikkeitä ja näytön koskettamista. Älypuhelimessa sivua käännettäessä ruutua pyyhkäistään läheltä keskeisintä katseen kohdistamiskohtaa. Tällä saattaa olla merkitystä supression esiintyvyyden kannalta. (Kundart ym. 2012: 152–154.)

Älylaitteiden päivittäisen käytön määrän lisääntyminen sekä näönrasitusoireiden yleisyys tulisi huomioida näöntutkimuksessa ja näönkorjauksen määrityksessä. On tärkeää tiedostaa, että lähinäön tutkimisen ei tule rajoittua vain 40 cm:n tutkimusetäisyydelle. Lähivoimakkuuden määrityksessä täytyy ottaa huomioon nykypäivän näkövaatimukset, sillä etäisyydet, katselusuunnat ja -kulmat saattavat vaihdella suurestikin eri älylaitteita käytettäessä. (Rosenfield – Howarth – Sheedy – Crossland 2012: 364; Rosenfield 2011: 505, 512; Bababekova ym. 2011.) Optikon tulee huomioida vaihtelevat katselutilanteet jo näöntarkastuksen aikana ja käyttää foropterin lisäksi myös koekehysisiä luonnollisemman ja monipuolisemman katselun mahdollistamiseksi. Huolellinen silmien toimintojen ja liikkeiden sekä yhteisnäön tutkiminen oireiden selvittämiseksi ja helpottamiseksi saattaa olla tarpeen. Älypuhelimien käyttäjän tavallista lyhempi katseluetäis-

syys tulee ottaa huomioon näön tutkimisten lisäksi myös astenooppisten oireiden hoidon yhteydessä. (Rosenfield: 2011: 505, 512; Bababekova ym. 2011.) Oireiden hoidon tulee olla yksilöllisesti suunniteltua ja toteutettua (Bali ym. 2014: 62).

### 4.3 Katselukulma ja silmän kuivuminen

#### 4.3.1 Katselukulma

Katselukulmalla tarkoitetaan katselinjan suuntaa vaakaa- tai pystytasoon nähden. Katselukulman suuruudesta näyttöpäätetyöskentelyssä on asetettu kansainvälisissä ergonomiasuosituksissa muun muassa niskan ja hartiaseudun rasittumisen ehkäisemiseksi ja visuaalisen ergonomian parantamiseksi (esim. ISO-9214 ja ANSI/HFSE 100). Mobiilit älylaitteet ovat työmaailmassa vielä niin tuore työkalu, että vastaavia virallisia suosituksia niiden ergonomia-asetuksista ei ole. (Long ym. 2014.) Älylaitteiden käyttöympäristö ja käyttöolosuhteet ovat yleisesti ottaen huomattavasti vaihtelevampia kuin pöytätietokonetta käyttäessä, jolloin pitkäkestoista staattista kuormitusta ei synny yhtä herkästi. Silmäoireita, etenkin rasittumista, on huomattu esiintyvän vähemmän, kun näyttöä pidetään silmien tasoa alempana ja katselinja suuntautuu alaviistoon (Agarwal ym. 2013: 333). Tämä voi olla yhteydessä siihen, että akkommodaatiolaajuus on suurin kun silmät on käännetty katsomaan alas- ja sisäänpäin (Ciuffreda 2006: 130). Yhdysvalloissa optisen alan yritysten tuottamassa raportissa (Hindsight is 20/20/20 2015: 12) älylaitteen käyttäjää ohjeistetaan paitsi katselemaan näyttöä miellyttävältä etäisyydeltä, myös pitämään laitetta hieman silmien tasoa alempana.

Älylaitteiden katselukulmat ovat jyrkempiä kuin perinteisiä näyttöpäätteitä katseltaessa, eli katse suuntautuu vaakatasosta voimakkaammin alaviistoon (mm. Young ym. 2012: 88; Albin – McLoone 2014). Katseluetäisyyden lyhentyessä myös katselukulma jyrkkee (Sheedy – Shaw-McMinn 2003). Näyttöpäätteen katselukulmaksi suositellaan 10–20 astetta alaviistoon suorasta katselinjasta ja se koetaan usein miellyttäväksi (mm. Sheedy – Shaw-McMinn 2003). Lisäksi silmien rasittumista ilmenee vähemmän näytön yläreunan sijaitessa silmien tasoa alempana (Agarwal ym. 2013: 333). Mobiiliin älylaitteen katselukulmaksi suositellaan yleisesti 20–50 astetta. Tutkimuksissa miellyttävimmäksi koettu katselukulma kuitenkin vaihtelee jonkin verran. Shiehin ja Leen (2007) tutkimuksessa miellyttävintä kulma oli keskimäärin 29,5 astetta. Albinin ja McLoonen (2014) tutkimuksessa tabletin käyttäminen oli tutkimushenkilöistä miellyttävintä keski-

määrin 34 asteen kulmassa. Leen, Kangin ja Shinin (2014) tutkimuksessa yleisin katselukulma älypuhelinta käytettäessä oli 33–45 astetta.

Tehtävällä ja asennolla on merkittävät vaikutus siihen, mistä kulmasta älypuhelinta katsellaan. Katselukulma on suurin tekstiviestiä kirjoitettaessa ja internetiä käytettäessä, videon katselussa se on yleensä loivempi. (Lee ym. 2014: 7.) Älylaitteiden etu kiinteisiin näyttöihin nähden on Longin ym. (2014: 3) mukaan se, että katselukulma ja katseen suunta vastaavat usein tavallista lukuasentoa ja pää on neutraalissa asennossa keskilinjaan nähden. Tämän vuoksi älylaitteita käytävillä ikänäköisillä yleiskäytössä olevat monitehosilmälasit toimivat mitoituksen puolesta yleensä hyvin (Long ym. 2014: 3). Lyhyt katseluetäisyys älylaitteita käytettäessä saattaa kuitenkin kasvattaa tarvittavan lähiläsnäkömäärää (Rosenfield 2011).

Young, Trudeau, Odell, Marinelli ja Dennerlein (2012: 88) havainnoivat tutkimuksessaan tablettia käyttävien tutkimushenkilöiden pään ja niskan asentoa eri tehtävien aikana erilaisissa asennoissa. Heidän mukaansa asennot eivät usein ole neutraaleja ja luonnollisia toisin kuin esimerkiksi edellä mainitussa Longin ym. (2014) tutkimuksessa. Young ym. (2012) tutkimuksesta käy kuitenkin ilmi, että tabletin sijainnilla ja sen suojakotelon tuen asetuksilla on huomattava merkitys katseen suuntaamiselle ja sen myötä myös pään ja niskan asennoille. Lähellä olevan älylaitteen katselu vaakatasossa johtaa jyrkkään pään ja niskan alaspäin taivuttamiseen ja katselukulmaan. Laitteen kallistaminen pienentää tätä kulmaa, jolloin käyttö kuormittaa vähemmän niskaa. (Young ym. 2012: 88; Albin – McLoone 2014.) Laitteen kallistaminen vaakatasosta käyttäjää kohti helpottaa katselua, sillä katseltaessa näyttöä kohtisuoraan tai lähes kohtisuoraan häiritseviä heijastuksia esiintyy vähemmän, värit toistuvat todenmukaisemmin ja kuvautuminen on laadukkaampaa etenkin vanhemmissa näytöissä (ks. esim. Maloney - Spano 2014). Katselukulmaan kannattaakin kiinnittää huomiota älylaitetta käytettäessä, sillä oikeanlaisella kulmalla voidaan vähentää silmien rasittumista.

#### 4.3.2 Silmien kuivuminen

Kuivasilmäisyys on hyvin yleinen ilmiö (Kari 2009: 845). Sitä esiintyy väestön keskuudessa 5 - 20 prosentilla (Pensyl 2008: 263). Suuren päätetyömäärän ja kuivasilmäisyyden välillä on voimakas yhteys (Wang ym. 2013: 130). Pitkittyneen päätteen katselun tiedetään aiheuttavan silmien kuivumista (Uschino ym. 2008) ja sitä kautta näönrasitusoireita (Blehmin ym. 2005). Portellon ym. (2012) mukaan henkilöt, joilla on kui-

viksi todetut silmät kokevat vielä enemmän näönrasitusoireita päätetyössä. Päätteiden, kuten älylaitteiden näyttöjen, parissa vietetty aika on jatkuvasti kasvussa, joten kuivan silmän oireiden voidaan ennustaa yleistyvän entisestään (Barthakur 2013). Jo nyt arvioidaan, että silmien kuivuminen on taustalla jopa neljäsosassa tutkimuskäynneistä optometristien ja silmälääkäreiden luona. (Pensyl 2008: 263.)

Kyynelneste peittää ja suojaa sarveiskalvoa silmän etupinnalla. Se koostuu kolmesta kerroksesta. Uloimpana on lipidikerros, jonka alla on vesimäinen nestekerrostuma. Lähimpänä silmän pinta on limamainen musiinikerros. Kuivasilmäisyys johtuu kyynelneesten nestekerroksen haihtumisesta. Lipidikerros suojaa nestekerrosta ehkäistensä haihtumista. Lipidikerroksen tuottavat luomireunoissa sijaitsevat Meibomin rauhaset. Kyynelneste levittyy tasaisesti silmän pinnalle räpyttelyn ansiosta. Räpyttelytiheyden lasku vähentää myös lipidieritystä Meibomin rauhasista, sillä lipidi erittyy räpyttelyn yhteydessä. Kyynelneesten normaalin koostumuksen häiriintyminen nopeuttaa sen haihtumista silmän pinnalta ja aiheuttaa silmien kuivumista. (Wang ym. 2013: 126.) Silmän alueella käytettävä kosmetiikka saattaa tukkia Meibomin rauhasia ja aiheuttaa muutoksia lipidikerrokseen, jolloin kyynelneste pääsee helpommin haihtumaan silmän pinnalta ja silmä kuivuu. (Blehm ym. 2005.)

Silmän pinnan oireiluun ja kuivasilmäisyyteen vaikuttavat yllättävän monet taustatekijät, joista Blehm (2005: 255–256) nostaa esille ympäristön, harventuneen räpyttelytiheyden, kuivumiselle altistuvan alueen koon, sukupuolen, iän, yleissairaudet, aineenvaihduntaan vaikuttavan lääkityksen, piilolinssien käytön, silmäsairaudet ja kosmetiikan. Lemp ja Benitez del Castillo (2013: 21) mainitsevat edellisten lisäksi myös refraktiivisen kirurgian. Naissukupuolen on huomattu altistavan kuivan silmän oireille. Kuivasilmäisyyttä pahentavat tutkimusten mukaan myös ikääntyminen ja muutokset hormonitoiminnassa. (Lemp – Benitez del Castillo 2013: 21.) Sarveiskalvo kuivuu herkästi ympäristön ja kemikaalien vaikutuksesta (Blehm 2005: 255). Kuiva ilma, ilmastointi ja ilmassa olevat pienhiukkaset pahentavat tilannetta (Anshel 2005a: 29). Vaikka kyynelneesten tuotanto yleensä vähenee iän myötä, myös nuoret voivat kärsiä kuivasilmäisyydestä (Blehm ym. 2005: 266). Lääkkeistä etenkin nesteenpoistolääkkeet, antihistamiinit, mielialalääkkeet ja verenpainelääkkeet lisäävät silmän kuivumista. Kuivasilmäisyys tulisi huomioida myös piilolinssien käytön yhteydessä, sillä linssien käyttömukavuus laskee silmän kuivuessa, kun linssin aiheuttama kitka silmän pinnalla kasvaa. (Wang ym. 2013: 127.) Päätetyössä piilolinssien käyttö lisää kuivasilmäisyysriskiä entisestään (Uchino ym. 2011).

Kari (2009) nostaa kuivasilmäisyyden taustatekijänä esille silmien kasvavan räsituksen töissä, tarkkaa näkemistä vaativan näyttöpäätetyön ja yleensäkin kiristyneen työtahdin. Aina kuivasilmäisyyteen ei kuitenkaan löydetä selkeää syytä. Suomessa silmien kuivumista pahentavat vielä entisestään pohjoinen pakkasilma ja pitkä lämmityskausi, joiden seurauksena myös sisäilma on kuivaa. (Kari 2009, 845, 850.) Silmien kuivuminen aiheuttaa monenlaisia oireita. Niistä merkittävimpiä ovat kuivuuden- tai roskan tunne silmässä, kirvely, kutina ja vetistely, joka johtuu ärsytyksen aikaansaamista refleksi-kyyneleistä. Silmien väsyminen ja näön vaihtelevuus ovat niin ikään tyypillisiä kuivan silmän oireita, vaikka niiden taustalla voi olla myös muita vaikuttavia tekijöitä. Yleensä oireet ovat pahimmillaan aamulla tai pahenevat iltaa kohden. (Kari 2009: 848.)

Päätteellä työskenneltäessä näytön sijainti ja säädöt vaikuttavat silmien kuivumiseen. Liian ylhäällä olevaa kohdetta katsottaessa katselinja kulkee vaakatasossa tai jopa sen yläpuolella. Tällaisessa katselinjassa silmä avautuu enemmän, mikä altistaa suuremman osan sen pinnasta kuivumiselle. (Wang ym. 2013: 126; Rosenfield ym. 2012b: 363; Bali ym. 2014: 63.) Tämä lisää kyynelnesteen haihtumista ja kuivan silmän oireita (Anshel 2005a: 28; Blehm ym. 2005: 256; Yan ym. 2008: 2035). Älylaitteita, kuten myös perinteisiä painettuja materiaaleja, luetaan yleisesti ottaen katse alaspäin suuntautuneena, jolloin yläluomi peittää silmän pintaa enemmän kuin suoraan eteenpäin katsoessa (Wang ym. 2013: 126; Rosenfield ym. 2012b: 363; Bali ym. 2014: 63). Alaspäin suuntautunut katselinja vähentää sarveiskalvon altistumista kuivumiselle, mikä puolestaan vähentää näönrasitusoireiden ilmenemistä (Hue ym. 2014; Rosenfield 2011: 737).

Alaspäin suuntautuneen katseen eli suuremman katselukulman voisi olettaa olevan eduksi varsinkin silloin, kun räpyttelytiheys on pieni tai räpäytykset jäävät vajaiksi. Näyttöjen katselun ja niiden ääressä työskentelyn on useissa tutkimuksissa (mm. Schlote ym. 2004; Nakamori – Odawara – Nakajima – Mizutani – Tsubota 1997; Hayes ym. 2008; Blehm ym. 2005) huomattu alentavan silmien räpyttelytiheyttä. Kun räpyttelytiheys laskee, kyynel neste ei pääse levittymään yhtä tiuhaan silmän pinnalle (Yaginuma – Yamada – Nagai 1990) ja se myös haihtuu nopeammin, jolloin silmä kuivaa. (Yaginuma ym. 1990.)

Tutkijat ovat kuitenkin erimielisiä räpyttelytiheyden roolista näönrasitusoireiden aiheuttajana. Portellon, Rosenfieldin ja Chun (2013) mukaan tutkimushenkilöt räpyttivät



päätteeltä luettaessa silmiään keskimäärin 11,6 kertaa minuutissa. Myös räpätysten laatua arvioitiin ja vajaiden räpätysten määrän huomattiin olevan keskimäärin 16 %, pahimmillaan jopa 56,5 %. Lukutehtävän päätyttyä tutkimushenkilöt arvioivat kokemiinsa näönrasitusoireita. Vajaiden räpätysten määrällä ja rasitusoireiden esiintyvyydellä oli vahva yhteys. Tutkimuksen toisessa osassa henkilöitä ohjeistettiin räpättämään äänimerkistä, jotta räpätysten tiheys kasvaisi, mutta lisääntynyt räpättely ei vähentänyt koettujen oireiden määrää. Tutkijoiden näkemyksen mukaan vajaa räpätysliike voikin olla merkittävämpi syy näönrasitusoireiden esiintymiseen kuin räpättelytiheyden lasku. (Portello ym. 2013.) Vajaaksi jäävällä räpättelyllä onkin todettu olevan yhteys kyynelnesteen epätasaisuuteen ja nopeaan haihtumiseen (Harrison ym. 2008).

Chu, Rosenfield ja Portello (2014) vertasivat silmien räpättelyn määrää paperilta ja näyttöpäätteeltä luettaessa. Lukutehtävä oli täsmälleen sama ja olosuhteet oli asetettu vastaaviksi etäisyyden, valaistuksen ja katselukulman osalta. Merkittävää eroa räpättelytiheydessä ei havaittu. Tutkijoiden mukaan aikaisemmissa tutkimuksissa paljastuneet räpättelytiheyden muutokset saattavat johtua vakinaistamattomista testiolosuhteista ja eroista katselutehtävän vaativuudessa - ei niinkään tekstin esitystavasta sellaisenaan. Myös tässä tutkimuksessa huomattiin näytöltä lukiessa vajaiden räpätysten määrän kasvavan huomattavasti tarkemmin määrittämättömästä syystä.

Gowrisankaran ym. (2007) huomasivat räpättelytiheyden laskevan, kun katseltavan kohteen kontrasti alenee. Sen sijaan heijastusten tai taittovirheen aiheuttama kuvanlaadun heikentyminen sai tutkittavat räpättämään silmään useammin. Tämä johtuu siitä, että niiden aiheuttamaa haittaa on mahdollista helpottaa silmien siristelyllä, joka puolestaan nostaa räpättelytiheyttä. Silmien siristelyn ja silmän kehälihaksen aktivoimisen on tämän vuoksi epäilty olevan osa astenooppisia oireita aiheuttavaa mekanisme. (Gowrisankaran ym. 2007.)

Karin (2009: 851) mukaan näyttöpäätetyöntekijän kuivasilmäoireita voidaan usein helpottaa parantamalla ergonomiaa. Katseen tulisi suuntautua alaspäin, eikä ruudulle saisi tulla häiritseviä ylimääräisiä valoheijastuksia. Myös sisäilman laadulla on merkitystä. Se ei saisi olla liian kuumaa ja paperipölyä tulisi vähentää. Oireilevan pitäisi myös kiinnittää huomiota siihen, että hän räpättäisi silmiään useammin. Kari suosittelee lisäksi pitämään silmien lepuutustauon kerran tunnissa tai useammin. Samoja keinoja soveltamalla voitaisiin yhtä hyvin helpottaa älylaitteiden käyttäjien kuivasilmäoireilua. Vaikka katselinja on älylaitteiden kohdalla jo valmiiksi suotuisampi kuin perinteisemmässä



näyttöpäätetyöskentelyssä, myös älylaitteiden käyttäjien kannattaa tauottaa työskentelyään. Silmien kokeminen rasittuneiksi ja tunne silmän pinnan polttelusta on yleisempää henkilöillä, jotka eivät pidä taukoja työskentelynsä aikana (Agarwal ym. 2013: 333). Vision Council suosittelee 20/20/20 -muistisääntöä katselun tauottamiseen: 20 minuutin välein 20 sekuntia katselua 20 jalan päähän eli noin kuuteen metriin (Hindsight 20/20/20 2015: 12).

#### 4.4 Valaistusolosuhteiden vaikutus

Ympäristön valaistus voi aiheuttaa epämiellyttävältä tuntuva häikäisyä, jota ei aina edes suoranaisesti huomaa, mutta joka jatkuessaan aiheuttaa väsymyksen tunnetta (North 2001: 112). Heijastusten aiheuttamaan pitkäkestoiseen häikäisyyn tulee kiinnittää erityistä huomiota. Voimakkaan valon arvellaan olevan jopa yksi tärkeimmistä näyttöpäätetyön aiheuttaman näönkuormituksen syntyyn vaikuttavista tekijöistä (Cheng – Chen – Hsiang-Jui: 2014). Elliot (2006: 271) määrittelee häikäisyn yksinkertaisesti ”voimakkaaksi, epämiellyttäväksi valoksi”. Häikäistymistä aiheuttava valo voi olla suoraa, auringosta tai lampusta tulevaa tai epäsuoraa, esimerkiksi kiiltävistä ja heijastelevista pinnoista, kuten älylaitteiden näytöiltä, tulevaa. Se voidaan jakaa kolmentyyppiin: sokaisevaan, kiusalliseen ja valoadaptaatiosta johtuvaan häikäisyyn. Sokaiseva häikäisy on hetkellistä ja osittaista näön menettämistä. Sitä ilmenee silmään tulevan valon määrän ja voimakkuuden ollessa suuri. Kiusahäikäisy tuntuu epämiellyttävältä, mutta ei välttämättä haittaa yksityiskohtien näkemistä niin huomattavasti kuin sokaiseva häikäisy. Jälkihäikäisyä syntyy, kun katse käännetään pois kirkkaasta valosta. Se on kirkkaan valon häiritsevä haamukuva, joka johtuu valoadaptaation hitaudesta (Elliot 2006: 271–272, North 2001: 112, Launis – Lehtelä 2011: 94.)

Epäsuoran, tasaisen valon kirkkaus ja näytön kirkkaus vaikuttavat älypuhelimien näytöltä katseltavan kuvan laatuun, luonnollisuuteen sekä katselun miellyttävyyteen (Pölonen – Salmimaa – Häkkinen 2011). Älypuhelimien ja tabletin näyttö saattavat päätteen lailla heijastaa häikäisevää valoa ja saada aikaan kiusahäikäisyä. Niiden käyttäminen ja käyttöympäristö ovat kuitenkin vaihtelevampia ja näytön asentoa on mahdollista muuttaa parempien katseluolosuhteiden aikaansaamiseksi, jolloin häikäisyäkin on helpompi vähentää. (Long ym. 2014: 4; Saha ym. 2008: 422.) Samanlaista pitkään kestävä ja väsymystä aiheuttavaa häikäistymistä kuin näyttöpäätetyössä ei pääse syntymään, sillä yleensä käyttäjä pyrkii luontaisesti kääntämään laitetta tai muuttamaan asentoaan niin, että haittaavat heijastukset poistuvat tai vähenevät. Näytön kallistaminen onkin

tehokas, helppo ja ergonominen tapa vähentää kiusahäikäisyä. (Albin – McLoone 2014.)

Liu, Zafar ja Badano (2014) tutkivat kahden AMOLED-näytöllisen älylaitteen käytettävyyttä ja toimivuutta erilaisissa valaistusolosuhteissa. He huomasivat, että laitteiden käytettävyyks heikkenee kiusahäikäisyn vuoksi huomattavasti siirryttäessä hämärästä kirkkaampiin olosuhteisiin. Samalla kontrasti alenee (ks. esim. Saha ym. 2008). Huono kontrasti rasittaa silmiä ja johtaa lyhempään katseluetäisyyteen, joka puolestaan lisää akkommodaation ja konvergenssin tarvetta. (Liu ym. 2014.) Myös Yang ym. (2011) tutkimuksessa huomattiin kirkkaamman yleisvalaistuksen pidentävän katseluetäisyyttä. Lukeminen tuntui lisäksi epämukavammalta ja rasitti enemmän silmiä. North (2011:114) kehottaa suosimaan mattapintoja kiiltävien ja heijastelevien sijaan kiusahäikäisyn vähentämiseksi.

Yleisvalaistuksen aiheuttama näytön heijastelu ja sen kiusahäikäisyvaikutus vaikuttavat Kon, Mohapatran, Baileyn, Sheedyn ja Rempelin (2012: 2378) mukaan erityisesti katseluetäisyyteen. Heidän tutkimuksessaan eri-ikäiset tutkittavat suoriutuivat tarkkuutta vaativasta tehtävästä häikäisystä huolimatta, mutta se vaati katseluetäisyyden huomattavaa lyhentämistä. Heijastelu vaikutti eniten iäkkäiden suorituksiin kaihin aikaansaamasta valon siroamisesta johtuen. Lähempää katseltaessa häikäisyn aiheuttama kontrastin pienenemisvaikutus on vähäisempi. (Ko ym. 2012.)

Mikäli valon määrään tai näytön asetteluun ei ole mahdollista vaikuttaa, voi heijastelua vähentävästä ja kontrastia parantavasta kalvosta olla hyötyä silmien rasittumisen vähentämiseksi (Wang 2013: 128). Heijastelua vähentävän kalvon käyttö päätetyössä suojaa silmiä häikäisyltä ja ehkäisee räpyttelytiheyden laskua. Kalvoa käyttäneet työntekijät kokivat viidenneksen vähemmän astenooppisia oireita kuin muut. (Miyake-Kashima ym. 2005.) Talwarin, Kapoorin, Purin, Bansalin ja Singhin (2009) tutkimuksessa häikäistymisen vähentämisen ansiosta näönrasitusoireiden esiintyvyys pieneni lähes kolmanneksella. Myös Agarwalin ym. (2013: 333) tutkimuksessa silmien väsymistä ja ärtymistä esiintyi merkittävästi enemmän henkilöillä, joiden näytössä ei ollut heijastuksenestoa. Heijastukseneston hyödyt korostuvat erityisesti tiloissa, joissa yleisvalaistus on huono (Talwar ym. 2009). Näytön kirkkauden säätäminen ja tarvittaessa näytön heijastuksenesto voivat siis tehdä työskentelystä miellyttävämpää. Tämä on myös suositeltavaa silmien rasitusoireiden vähentämiseksi.

Kosketusnäyttöissä älylaitteissa on usein erillinen näyttökerros ja kosketuskerros, joiden väliin jäävä ilmakerros saattaa aiheuttaa häikäisyä aikaansaamalla ylimääräisiä heijastuksia. Markkinoilla on kuitenkin nykyään älylaitteita, joissa on vain yksi näyttökerros. Tällaisella rakenteella pyritään ehkäisemään häikäisyvaikutusta. Yksikerroksinen näyttö toimii paremmin erityisesti kirkaassa auringonvalossa. (Galaxy S: AMOLED-tekniikan uusi aikakausi 2011.) LCD-näytöissä heijastuksenesto voidaan toteuttaa AR- (*Anti Reflection*) tai AG (*Anti Glare*) -kalvon avulla. Heijastuksenesto (AR) toteutetaan useammalla kerroksella eri paksuisia kalvoja, joiden avulla pinnalta heijastuneiden valonsäteiden aallonpituudet saadaan kumoamaan toisensa. Häikäisyneston (AG) tarkoituksena on hajauttaa tulevat valonsäteet polarisaattorin pinnalla olevalla ohuella ”sahalaitaisella” filmillä niin, ettei häiritseviä peiliheijasteita synny. (Kinnunen 2014: 37.) Näillä tekniikoilla pyritään minimoimaan ympäristön valaistusolosuhteiden aikaansaatamat häiritsevät heijastukset.

#### 4.5 Päänsärky ja silmien särky

Mobiililaitteiden käyttö saattaa aiheuttaa päänsärkyä (Balickci – Oxcan – Tirgüt-Balik – Balik 2005). Jamalín, Sedien, Khadijahin ja Hafizin (2012) tutkimuksessa vajaa neljännes tutkimushenkilöistä kertoi älypuhelimien käytön aiheuttavan kroonista päänsärkyä. Acharya ym. (2013) tutkimuksessa päänsärky oli yleisin matkapuhelinten käytön aiheuttamista rasitusoireista. Siitä kärsi hieman yli puolet tutkituista, kun silmien rasitusoireet vaivasivat useampaa kuin joka kolmatta. Osa digitaalisten laitteiden käyttäjien kokemista näönrasitusoireista johtuu huonosta ergonomiasta (Blehm ym. 2005). Älylaitteita katsellaan yleensä suhteellisen jyrkästä kulmasta. Liian jyrkkä katselukulma aiheuttaa painetta ylävartalon luusto- ja lihasrakenteille ja altistaa erilaisten kipujen, kuten päänsärlyn, esiintymiselle. (Lee ym. 2014: 7.) Agarwal ym. (2013: 334) havaitsivat tutkimuksessaan että päätetyötä tekevien kokema päänsärky ja silmien rasittuminen olivat yhteydessä liian lyhyeen työskentelyetäisyyteen, jollaiseksi heidän tutkimuksessaan katsottiin alle 51–61 cm:n suosituksen oleva etäisyys päätteeseen. Näytön ääressä työskentelevillä päänsärky on useimmiten jännityspäänsärkyä (Anshel 2005a).

Jännityspäänsärlyn syynä voivat olla huonot työskentelyolosuhteet: häikäisy, huono valaistus ja työpisteen huono ergonomia. Jännityspäänsärkyt ovat voimakkuudeltaan miedosta keskivahvaan. Ne ilmenevät joko toispuoleisena tai pään molemmilla puolilla, eivät pahene fyysisen aktiivisuuden seurauksena ja oireilevat yleensä päivän alku- tai keskivaiheessa. Särky voi jatkua puoli tuntia tai loppupäivän. Oireet kuitenkin helpottu-

vat levon tai unen ansiosta. Päänsärkyyn ei liity auroja tai valonvälähdyksiä, ja päänsärky on oireiltaan hyvin erilainen viikonloppuisin kun työviikon aikana, jos oireita ylipäättään ilmenee muulloin kuin viikolla. Kroonistuneena jännityspäänsäryillä on suurin piirtein sama oireenkuva, mutta särkyä voi esiintyä hyvinkin usein. Jännityspäänsäryn taustalla voi olla paitsi huono ergonomia, myös stressi, korjaamaton kaukotaitteisuus tai hajataitto. (Anshel 2005a: 25–26; päänsäryn ja taittovirheiden yhteydestä ks. Akinci ym. 2008.) Silmien toimintaa ja terveyttä tutkimalla voidaan kartoittaa mahdollisia päänsäryn aiheuttajia (Amster 2011: 37, 40).

Thorud ym. (2012) tutkivat silmäoireiden, kuten kivun, kutinan, valonarkuuden ja kuivumisen esiintyvyyttä kahden tunnin tietokoneella työskentelyn aikana. Jopa kahdella kolmesta tutkimushenkilöstä oli silmien kipua ja lähes kolmasosalla esiintyi kipua silmien ympäristössä. Oireita esiintyi työskentelyn alusta saakka, mutta vain silmien väsyminen ja näön sumeneminen lisääntyivät pitkäkestoisessa työskentelyssä. (Thorud ym. 2012: 457.) Strakerin, Pollockin, Zubrickin ja Kurinczukin (2006) tutkimuksen mukaan jopa 5-vuotiaat lapset huomasivat tietokoneen käytön aiheuttavan lihasten ja silmien väsymistä ja arkuutta. Lapset eivät kuitenkaan itse keskittyneinä kiinnitä huomiota asentoihinsa, häiritseviin heijastuksiin tai huonoon valaistukseen, eivätkä siihen, kuinka kauan ovat viettäneet aikaa median parissa. Mahdolliset rasitusoireet jäivätkin helposti huomiotta. (Bali ym. 2014: 67; Doherty 2011.)

Laajassa pohjoismaisessa tutkimuksessa (Torsheim ym. 2010) kävi ilmi, että nuorilla ruutuajalla ja päänsärkyjen esiintyvyydellä on johdonmukainen yhteys - mitä enemmän ruutu-aikaa, sitä todennäköisemmin esiintyy särkyä. Kotimaisessa koululaisten hyvinvointi ja tietotekniikka -tutkimuksessa lähes yksi kymmenestä nuoresta kertoi kokeneensa viikoittaisia silmäoireita viimeisen puolen vuoden aikana. Päivittäisiä silmäoireita ja päänsärkyä esiintyi pienellä osalla oppilaista. Koska älylaitteita käyttävät myös pienet lapset, niiden aiheuttamien oireiden ennaltaehkäisyyn tulee kiinnittää huomiota jo alle kouluikäisillä. (Hakala 2012: 9, 66.) Lasten älylaitteiden käytön määrään ja käytöstä seuraaviin näkö- ja terveyshaittoihin on onneksi alettu kiinnittää mediassakin yhä enemmän huomiota (ks. esim. Kallionpää 2015 ja Valtavaara 2014).

## 5 Älylaitteet ja silmien altistuminen siniselle valolle

Linssivalmistajat kehittävät jatkuvasti uutta teknologiaa auttaakseen väestöä sopeutumaan digitaalisten laitteiden käyttöä vaativaan toimintaympäristöön sekä edistääkseen silmien terveyttä ja vähentääkseen älylaitteiden aikaansaamia rasituseireita (Hindsight is 20/20/20 2015: 3; Digiteyzed 2014: 3). Markkinoille on hiljattain tullut näkyvän sinisen valon aallonpituuksia suodattavia silmälasilinspinnoitteita ja valmistajasta riippuen niitä markkinoidaan joko erityisesti digitaalisten laitteiden aktiivikäyttäjille ja näyttöpäätetyötä tekeville kontrastia parantavana ja silmää rentouttavana vaihtoehtona (ks. esim. BlueControl n.d.) tai yhdistyneenä uv-valon suodattamiseen yleisesti silmiensä terveydentilasta huolehtimisesta kiinnostuneille keinona ehkäistä kaihia ja silmänpohjan ikärappeumaa kuitenkin häiritsemättä vuorokausirytmien säätelyjärjestelmää (Essilor launches Crizal® Previncia 2013).

Näyttöteknologioita käsittelevästä luvusta 3.2. käy ilmi, että esimerkiksi älylaitteissa käytettyjen LCD-näyttöjen taustavalon on lähes aina valkoista LED-valoa. (Schiesser 2012.) Myös OLED-näytöissä hyödynnetään LED-tekniikkaa (Poor 2004). LED-tekniikkaa hyödyntävät näytöt säteilevät valoa, jonka huippu on näkyvän lyhytaaltoisen sinisen valon alueella (noin 460 nm) (Cajochen ym. 2011). Epäillään, että liiallinen altistuminen HEV-valolle (sanoista High-Energy Visible Light) olisi yksi syy silmien raskautumiselle nimenomaan näyttöjä katseltaessa. Korkeaenerginen säteily aiheuttaa imeytyessään enemmän kudosaivourioita, kuin muun tyyppinen säteily. Lyhytaaltoisin, sinisävyisenä havaittava valo sisältää näkyvän valon aallonpituuksista eniten energiaa. Kaikista eniten energiaa optisen säteilyn tyypeistä sisältää kuitenkin silmälle näkymättömän ultraviolettivalon. (Schwartz 2010: 20–21.) UV-valon haittavaikutuksista verkkokalvolle on vankkaa tieteellistä näyttöä (Edwards - Gibson, 2010).

Liiallinen altistus näkyvälle korkeaenergiselle valolle voi mahdollisesti olla haitallista silmille, kuten myös näkemiselle ja vuorokausirytmien säätelylle. Tämä kannattaa huomioida, sillä yhä suurempi joukko kaiken ikäisiä ihmisiä viettää pitkiä aikoja HEV-valoa säteileviä älylaitteita katsellen. Sininen valo saattaa olla osallisena verkkokalvon solujen rappeutumisessa ja pitkittynyt altistus esimerkiksi LED-valojen tuottamille näkyvän sinisen valon korkeaenergisille aallonpituuksille voi mahdollisesti aiheuttaa verkkokalvovaurioita (Chamorro ym. 2013: 470–472). Epäilläänkin, että HEV-valoaltistus olisi yhteydessä verkkokalvon ikärappeuman syntyyn (ks. esim. Walker – Vollmer-Snarr – Eberting 2012: 130). Näkyvän, lyhytaaltoisen sinisen valon osuutta silmänpohjan ikä-

rappeuman kehitymisessä ei ole kuitenkaan kyetty todistamaan aukottomasti ja tiedossa on monia muitakin taudin syntymiseen vaikuttavia tekijöitä. (Artigas – Felipe – Artigas – García-Domene 2011; Mainster – Turner 2009; Coleman – Chan – Ferris – Chew 2008; Evans 2001.) Mainster ja Turner (ks. myös taulukko 6) huomauttavat, että UV-valo on selvästi sinistä ja violettiä valoa haitallisempaa verkkokalvon soluille (Mainster – Turner 2010).

Silmälasilinssein tapahtuvasta sinisen valon suodattamisesta ja sen vaikutuksista silmän terveyteen on saatavilla hyvin vähän tutkimustietoa. Näkyvää lyhytaaltoista valoa suodattavia sävytettyjä silmänsisäisiä tekomykiöitä on ollut markkinoilla 1980-luvun loppupuolelta alkaen (Simunovic 2012: 919) ja niiden vaikutuksia on tutkittu paljon. Tarkastellessamme HEV-valon suodattamisen mahdollisia vaikutuksia silmän terveyteen, olemme käyttäneet lähteinä pitkälti oranssiksi sävytettyjä HEV-valoa suodattavia tekomykiöitä koskevia tutkimuksia, tiedostaen, että tekomykiöt ja silmälasilinsit poikkeavat monin tavoin toisistaan.

Useimmat tekomykiöt asennetaan kaihileikkauksen yhteydessä mykiön tilalle silmään, jolloin linsien mahdollinen suodatusominaisuus vaikuttaa jatkuvasti käyttäjäänsä. Silmälasit ovat puolestaan ulkoinen apuväline, joiden käyttäjä voi periaatteessa itse valita haluamansa käyttötilanteet. Silmälasit eivät ole tekomykiöiden tavoin välttämättä keskeytystä käytössä. Verrattaessa silmälasilinssejä ja tekomykiöitä HEV-valon suodattamisen näkökulmasta tulee huomioida, että mykiö kellastuu luonnostaan ikääntymisen myötä. Ikääntyessämme ja mykiön kellastuessa se suodattaa yhä enemmän lyhytaaltoista valoa. Silmää tulevasta sinisestä valosta 50-vuotiaalla enää viidennes pääsee mykiön läpi verkkokalvolle (Dillon – Zheng – Merriam – Gaillard 2004.) Ikääntyminen myös pienentää pupillikokoa ja näiden tekijöiden yhteisvaikutuksesta ikääntyneen henkilön silmään tulee lähes 10 kertaa vähemmän valoa kuin nuoren silmään vastaavissa valaistusolosuhteissa (Charman 2003). Optikon tulisin huomioida etenkin niiden iäkkäiden silmälasien käyttäjien kohdalla, joita ei ole kaihileikattu, että mykiö itsessään suodattaa suuren osan silmään tulevasta HEV-valosta (mykiön suodatusominaisuuksista eri-ikäisillä ks. Dillon ym. 2004), joten sinistä valoa suodattavista linsseistä ei kenties ole merkittävää hyötyä.

Monet HEV-valoa suodattavat tekomykiöt pyrkivät, usein vaihtelevin tuloksin, jäljittelemään ikääntyvän mykiön suodatusominaisuuksia (Brockmann 2008). HEV-valoa suodattavia tekomykiöitä koskeviin tutkimuksiin perehtyessämme huomasimme, että ne on

toteutettu erilaisia tekomykiöitä käyttäen, eikä linssien ominaisuuksia tai voimakkuutta ole yleensä tarkemmin yksilöity tutkimuksissa. Eri valmistajien HEV-valoa suodattavat tekomykiöt kuitenkin poikkeavat toisistaan esimerkiksi suodatusominaisuuksiltaan (Edwards – Gibson 2010: 394; Brockmann 2008; van de Kraats – van Norren, 2007, Artigas ym. 2011). Lisäksi eri vahvuisilla tekomykiöillä on erilainen keskipaksuus, joka vaikuttaa osaltaan suodatusominaisuuksiin (van de Kraats – van Norren 2007). Osa tekomykiöistä estää sinisten aallonpituuksien (450 nm saakka) pääsyn verkkokalvolle, toiset suodattavat pois vain violetit aallonpituudet (410 nm–420 nm), mutta päästävät sinisen valon silmään (Edwards – Gibson 2010: 394). Vastaavasti myös HEV-valoa suodattavia, kirkkaita silmälasilinssejä on eri valmistajien valikoimissa. Oletettavasti myös niiden kohdalla eri valmistajien linsseillä on keskenään erilaiset suodatusominaisuudet.

### 5.1 Sinisen valon suodattamisen vaikutuksia

HEV-valon suodattamiseen liitettyjä positiivisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi näön selkeys (Rosenblum ym. 2000), häikäisyn väheneminen (Gray – Hill – Neuman – Houtman – Potvin 2012; Leat – North – Bryson 1990) sekä kontrastiherkkyuden paraneminen eri valaistusolosuhteissa kromaattisen aberration vähentyessä (Nilsson 2004; Rosenblum ym. 2000, Henderson – Grimes 2009). Vaikka hämärässä havaitaan herkimmin sinertävä valo, häikäisyriski kasvaa, sillä olemme häikäisyherkempiä valolle, jossa on suhteellisen korkea pitoisuus sinertäviä aallonpituuksia (Behar-Cojen ym. 2011: 249). HEV-valon häikäisevyys perustuu siihen, että se hajoaa voimakkaasti silmän optisen järjestelmän läpi kulkiessaan (Meslin 2010: 45). Suodattamalla tällainen valo pois voidaan vähentää valon sirontaa silmän väliaineissa (Leat ym. 1990). Tarkasteltaessa erilaisilla suodatinlinssillä tehtyjä tutkimuksia on havaittu viitteitä siitä, että linssit parantavat hämärään sopeutumista, mutta samalla heikentävät värinäköä. Suodatinlinssien arvioitiin parantavan näkemistä subjektiivisesti, mutta objektiiviset tutkimustulokset olivat ristiriitaisia (Eperjesi – Fowler – Evans 2002.)

Digren (1986) mukaan valon siniset aallonpituudet aiheuttavat etenkin valoherkille ihmisille enemmän häikäisyn tunnetta, kuin muut aallonpituudet. Sinistä valoa suodattavien linssien on todettu vähentävän valoyliherkyyttä, jonka taustalla on usein kuivasilmäisyys. (Digre 1986.) Chen, Chen ja Hsiang-Jui (2014) tutkivat sinisuotimien käytön vaikutusta kuivasilmäoireisiin näyttöpäätetyössä. He toteuttivat kolmella suodinvahvuudella varustetuilla silmäsuojilla näyttöpäätetyötestin kuivasilmäisille ja ei-kuivasilmäisille



potilaille. Mikään testin sinisuotimista ei merkittävästi lisännyt kyyneltuotantoa kummassakaan ryhmässä. Kuivasilmäisyydestä kärsineet kuitenkin kokivat sinisen valon suodattamisen lisäävän näkötilanteen mukavuutta käytetyn suodattimen voimakkuudesta riippumatta. Ei-kuivasilmäinen verrokkiryhmä ei puolestaan havainnut työskentelymukavuudessa minkäänlaista muutosta suotimia käytettäessä. (Cheng – Chen – Hsiang-Jui: 2014.) Tutkimuksessa ei käytetty sinistä valoa suodattavia optisia linsejä, vaan varsinaisia sinisuotimia, joten suoraan optikkoliikkeessä myytäviä sinisuodinlinsejä koskevia johtopäätöksiä ei tulosten perusteella voida tehdä. Työskentelymukavuuden parantuminen on mielenkiintoinen löydös kuivasilmäisten elämänlaadun kannalta, sillä erilaisten näyttöjen käyttämisestä on nykymaailmassa todella hankala välttää.

Sinisen valon suodattamisen on epäilty vaikuttavan näöntarkkuuteen, kontrastiherkyyteen ja värinäköön (ks. esim. Newton ym. 2011). HEV-valoa ja UV-valoa suodattavien kellertävien tekomykiöiden ja vain UV-valoa suodattavien kirkkaiden tekomykiöiden välillä on tehty lukuisia vertailututkimuksia (esim. Newton ym. 2011; Mester – Holz – Kohnen – Lohmann – Tetz 2008; Schmidinger – Menapace – Pieh 2008; Schmack ym. 2012; Wang – Wang – Fan – Wang 2010; Neumaier-Ammerer ym. 2010; Ao ym. 2009; Wirtitsch ym. 2009; Khokhar – Jindal – Agarwal – Panda 2011; Newton – Lopes Jardim – de Oliveira Leme – Dall'Col – Susanna Júnior 2006; Greenstein ym. 2007; Muftuoglu – Karel – Duman 2007; Espindle ym. 2005; Yuan – Reinach – Yuan 2004) Näissä tutkimuksissa näkemisen eri osa-alueisiin keskittyvissä tutkimuksissa on saatu toisistaan poikkeavia tuloksia sinisen valon suodattamisen vaikutuksista.

Osa tutkijoista (Mester ym. 2008; Schmack ym. 2012) havaitsi HEV-valoa suodattavien linssien heikentävän värinäköä. Toiset tutkijoista panivat merkille tutkimushenkilöiden värinäön heikentyneen suodatuksen vaikutuksesta nimenomaan hämärissä olosuhteissa (Wang ym. 2010; Neumaier-Ammerer ym. 2010; Ao ym. 2009). Tutkittavat eivät kuitenkaan aina itse olleet havainneet ongelmia värinäössään (esim. Schmack ym. 2012). Tutkitut, joilla oli HEV-suotimelliset tekomykiöt tekivät tutkimuksissa tyypillisesti enemmän virheitä värispektrin sini-kelta -suunnassa, kuin ne tutkitut, joilla oli kirkkaat tekomykiöt (esim. Neumaier-Ammerer ym. 2010). Toisaalta Newtonin ym. (2006) tutkimuksessa HEV-valoa suodattavan linssin ei todettu vaikuttavan sini-kelta -spektrisuunnan -havaintokykyyn. Espindlen ym. (2005) tutkimuksessa suodattimellisen linssin koettiin parantaneen värinäköä.

Monessa muussa tutkimuksessa (Newton ym. 2011; Marshall ym. 2004; Schmidinger ym. 2008; Khokhar ym. 2011; Greenstein ym. 2007; Muftuoglu ym. 2007) HEV-valoa suodattavilla tekomykiöillä ei havaittu olevan merkittävää vaikutusta värinäköön tai kontrastiherkkyteen valaistusolosuhteista riippumatta. Lisäksi Khokhar ym. (2011) eivät tutkimuksessaan havainneet tiettyä toistuvaa värvirhettä sinisuotimellisia linsskejä käyttävien tutkittujen värinäkötestituloksissa. Osassa tutkimuksista HEV-valon suodattamisella todettiin olevan positiivisia vaikutuksia. Kun Wirtitsch ym. (2009) havaitsivat HEV-valon suodattamisen heikentävän kontrastiherkkyttä, Yuan ym. (2004) puolestaan totesivat niiden tekomykiöiden parantavan kontrastia. Saman tutkimuksen mukaan HEV-valon suodattaminen lisäksi vähensi häikäisyä. Tulosten ristiriitaisuutta voi osaltaan selittää se, että eri valmistajien HEV-valoa suodattavien tekomykiöiden suodatinominaisuudet ovat keskenään erilaisia (Edwards – Gibson 2010, 394; Brockmann 2008; van de Kraats – van Norren, 2007, Artigas ym. 2011).

Hendersonin ja Grimesin (2009) laajan HEV-valoa suodattavien tekomykiöiden visuaalisiin ominaisuuksiin pureutuvan artikkelikatsauksen mukaan sinisen valon suodattamisesta ei ole haittaa näöntarkkuudelle, värinäölle ja kontrastiherkkyydelle, eikä se vaikuta merkittävästi näkökykyyn erilaisissa valaistusolosuhteissa. Mainsterin ja Turnerin (2010, ks. myös Schwiegerling 2006) mukaan HEV-valon suodattamisella voi olla vaikutuksia hämäränäkemiseen, sillä lyhytaaltainen violetti- ja sininen valo vastaavat yhdessä lähes puolesta hämärässä tapahtuvan valon aistimisen valoärsykeistä. Violetin valon osuus hämärässä tapahtuvista valoistimuksista on noin kymmenys ja sinisen valon reilun kolmannes (Mainster – Turner 2010; ks. Taulukko 6). Greensteinin ym. (2007) mukaan HEV-suotimellisella tekomykiöllä ei kuitenkaan ollut merkittäviä vaikutuksia hämäränäkemiseen. Heidän käyttämänsä linssin suodatinominaisuuksia ei kuitenkaan ole eritelty tutkimuksessa, vaikka niillä voi olla merkitystä juurikin hämäränäkemisen kannalta (ks. taulukko 6; Mainster 2006; Mainster – Turner 2010).

Hämäränäkö heikkenee luonnostaan iän myötä. Tämä johtuu osin ikääntymisen aikaansaamasta pupillikoon pienenemisestä ja osin silmän väliaineiden muutoksista, jotka vähentävät verkkokalvolle tulevan valon kokonaismäärää. Ikäihmisten oletetaan hyötyvän sinisestä valosta, sillä se ilmeisesti lisää havaintoherkkyttä hämärässä. (Edwards – Gibson 2010.) Muftuoglun ym. (2007) tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että hämäränäkeminen ja sinisen värin erottelukyky heikkenivät iän myötä kummankin tekomykiötyypin käyttäjillä - ei siis ainoastaan niillä, joilla oli käytössään HEV-valoa suodattava tekomykiö.

## 5.2 HEV-valo ja verkkokalvon ikärappeuma

Valokemiallisia vaurioita ilmenee, kun valoaltistus on aallonpituudeltaan korkeaenergisemmän näkyvän valon alueella (Chamorro ym. 2013: 470). On olemassa todisteita siitä, että verkkokalvon ikärappeuma on yhteydessä lyhytaaltoiselle elektromagneettiselle säteilylle altistumiseen (Dillon ym. 2004). Lyhytaaltoinen säteily pitää käsitteenä sisällään paitsi violetin ja sinisen valon aallonpituudet myös ultraviolettivalon, jonka haittavaikutuksista verkkokalvolle on vankkaa tieteellistä näyttöä (Edwards – Gibson 2010). Ultraviolettivalon suodattamisen tärkeydestä ollaan varsin yksimielisiä (van de Kraats – van Norren 2007: 885), sinisen valon suodattaminen on paljon ristiriitaisempi kysymys. Suodatinlinssien käyttö perustuu teoreettiselle oletukselle, jossa siniselle valolle altistuminen ja verkkokalvon ikärappeuma kytketään yhteen. (Edwards – Gibson 2010.)

Eläinkokeissa saadut todisteet osoittavat sinisen valon olevan vahingollista silmänpohjan soluille (ks. esim. Ueda – Nakashini-Ueda – Yasuhara – Koide – Dawson 2009). Tulokset eivät kuitenkaan ole suoraan sovellettavissa ihmissilmään ja silmänpohjan ikärappeuman syntymiseen ihmisillä. (Margrain, ym. 2004.) Margrain ym. (2004) huomauttavat tutkimuksessaan ihmissilmää koskevien tutkimustulosten viittaavan siihen, että sininen valo voi olla ikärappeuman riskitekijä, vaikka eivät kiistattomasti vahvista tätä todeksi. Useammassa laajassa väestötutkimuksessa on saatu ristiriitaisia tuloksia tutkittaessa valoaltistuksen kerrannaisvaikutusten yhteyttä silmänpohjan ikärappeumaan (Edwards – Gibson 2010). Nilssonin (2004) mukaan sekä lyhyt- että pitkäkestoiset väestötutkimukset osoittavat, että HEV-valo voi aiheuttaa verkkokalvon ikärappeumaa. Boyce (2011) toteaa sinisen valon ja verkkokalvon ikärappeuman välisen yhteyden olevan edelleen pikemminkin oletus kuin todistettu tosiasia, koska tutkimustulokset aiheesta ovat keskenään ristiriitaisia. Lavric ja Pompe (2014) eivät löytäneet todisteita HEV-valon suodattamisen silmänpohjaa suojaavista vaikutuksista ja myös Newton ym. (2011) totesivat seurantatutkimuksessaan suodattamisen suojaavan vaikutuksen verkkokalvon soluille jääneen epäselväksi.

Mainster ja Turner (2011) eivät pidä HEV-valoa suodattavien tekomykiöiden asentamista silmänpohjan ikärappeuman riskin pienentämiseksi tutkimustiedon valossa perusteltuna. (Mainster – Turner 2011; myös Dong ym. 2009.) Todisteista keskusteltaessa on silti hyvä pitää mielessä, että säteilyaltistuksen, kuten HEV-valolle altistumisen, vaikutusta verkkokalvon ikärappeuman kehittymiselle elävissä olennoissa on hankala tutkia. Säteilyn vaikutuksen riippuvat monesta erillisestä tekijästä, kuten valon aallonpi-

tuusjakaumasta, säteilyn voimakkuudesta ja altistuksen kestosta. Jotta luotettavia johdopäätöksiä voitaisiin tehdä, pitäisi kaikkia näitä tekijöitä pystyä kontrolloimaan suuressa väestöryhmässä riittävän kauan. Tämä puolestaan on tutkijan kannalta vähintäänkin haastavaa. (Artigas ym. 2011: 3.) Keskustelu siitä, onko HEV-valolla silmään päästessään merkitystä silmänpohjan ikärappeuman synnylle käy kiivaana (ks. esim. Mainster 2005; Mainster – Turner 2011 & 2009; Margrain – Boulton – Marshall – Sliney 2004; Simunovic 2012; Evans 2001: 243–245). Verkkokalvoa mahdollisesti suojaavan vaikutuksensa ohella suodattaminen voi vaikuttaa aistitoimintoihin, joka synnyttää keskustelua puolesta ja vastaan (Mainster 2005 – Turner 2010; ks. taulukko 6).

Se, mitä aallonpituuksia HEV-valosta suodatetaan ei ole merkityksetöntä. Lyhytaaltoista valoa suodattavia tekomykiöitä paljon tutkinut Mainster (2005) kannattaa lyhytaaltosimman valon poissuodattamista. Mainsterin mukaan pidempi- ja lyhempiaaltoisen HEV-valon (sinisen ja violetin valon) vaikutukset silmän terveydelle ja vuorokausirytmien säätelylle ovat hyvin erilaisia (ks. taulukko 6). Näkyvän valon violetit aallonpituudet ovat silmän terveyden kannalta haitallisempia kuin siniset aallonpituudet. Samanaikaisesti sininen valo on tärkeämpää erilaisten aistivälitteisten säätelymekanismien, kuten vuorokausirytmien säätelyn kannalta. (Mainster 2006: 789)

Aallonpituus (nm)	Luokka	Merkitys
280–380	UV-valo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Näkemisen kannalta tarpeetonta.</li> <li>- Niin lyhyttä aallonpituudeltaan, ettei silmä ei pysty havaitsemaan (Meslin 2010: 44.)</li> <li>- Voi vaurioittaa silmän kudoksia sekä altistaa kaihille, ja mahdollisesti silmänpohjan ikärappeumalle (Schwartz 2010: 23).</li> </ul>
100–280	UV-C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Imeytyy sarveiskalvoon (Behar-Cojen ym. 2011).</li> </ul>
280–320	UV-B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sarveiskalvo suodattaa pois UV-valon alle 300 nm aallonpituusalueella (ks. esim. Young – Sands 1998) ja läpäisee UV-valoa, jonka aallonpituus on yli 300 nm (Boettner – Reimer 1962, 779).</li> <li>- UV-B -valo on verkkokalvolle pääsevistä valosta potentiaalisesti haitallisinta (Ham ym. 1982).</li> </ul>
320–400	UV-A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Läpäisee sarveiskalvon (Boettner – Reimer 1962: 779).</li> <li>- Mykiö suodattaa UV-valon 300 nm ja 400 nm välillä (ks. esim. Young ym. 1998).</li> <li>- Nuorella aikuisella mykiöön imeytyvät maksimaalisesti aallonpituudet 365 nm ympäristössä (Behar-Cojen 2011: 244–245).</li> <li>- Sauvasolut, S-tappisolut ja verkkokalvon valoa aistivat gangliosolut ovat herkkiä UV-A -säteilylle (Mainster – Turner 2010: 273).</li> <li>- Vain alle 1 % UV-A -säteilystä kulkeutuu verkkokalvolle (Anttila – Sauni – Pääkkönen 2011).</li> </ul>
400–500	HEV-valo	<p>Yhdessä vastaavat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lähes puolesta (45 %) kaikista hämärässä tapahtuvista valoistimuksista</li> <li>- Valtaosasta (94 %) S-tappien valon aistimisesta</li> <li>- Suuresta osasta (83 %) vuorokausirytmiiin vaikuttavasta valohavainnoinnista (Mainster 2006.)</li> <li>- Terveen ihmissilmän mykiö kellastuu iän myötä, jolloin se suodattaa luontaisesti sinistä valoa (ks. esim. Espindle ym. 2005: 1953).</li> <li>- Lapsilla yli 65 % sinisestä valosta pääsee verkkokalvolle.</li> <li>- Noin 25-vuotiailla osuus on pienempi: 20 % valosta aallonpituuksilla 400–460 nm ja puolet aallonpituuksista 400–500 nm pääsee verkkokalvolle.</li> <li>- Iäkkäämmällä lähes kaikki sininen valo pysähtyy kellastuneeseen mykiöön.</li> <li>- 60-vuotiaalla mykiöön imeytyvät maksimaalisesti aallonpituudet 400 nm:n ympäristössä. (Behar-Cojen 2011: 244–245.)</li> <li>- 70-vuotiaalla silmän mykiö antaa kolme kertaa paremman suojan lyhytaaltoista valoa vastaan, kuin mykiö 20-vuotiaalla, mutta samalla menetetään aistijärjestelmille tärkeää tietoa (van de Kraats – van Norren 2007: 886).</li> </ul>
400–440	Violetti valo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kymmenes hämärässä tapahtuvasta valon aistimisesta</li> <li>- Kolmannes (28 %) vuorokausirytmiiin vaikuttavasta valon aistimisesta</li> <li>- Merkittävän osa (62 %) S-tappien valoärsykkeistä</li> <li>- Silmissä, joissa on keinomykiö, 18 % lyhytaaltoisen valon potentiaalisista terveyshaitoista violetin valon aiheuttamia. (Mainster 2006.)</li> </ul>
440–500	Sininen valo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kolmannes (35 %) hämäränäkemisen valon aistimisesta,</li> <li>- Yli puolet (55 %) vuorokausirytmiiin vaikuttavasta valon aistimisesta</li> <li>- Kolmannes S-tappisolujen valoärsykkeistä</li> <li>- Seitsemäsosa (14 %) lyhytaaltoisen valon potentiaalisista terveyshaitoista silmissä, joissa on tekomykiö (Mainster 2006.)</li> </ul>

Taulukko 6. Lyhytaaltoisen valon merkitys silmälle - pohjana Mainster – Turner (2010: 273)

### 5.3 Vaikutus vireystilaan

Valo on tärkein vuorokausirytmien säätelyyn vaikuttavista tekijöistä. Itsevalaisevien elektronisten laitteiden, kuten älypuhelimien ja tablettien tuottama valo vaikuttaa sisäiseen kelloon ja vuorokausirytmien ja vireystilan säätelyyn. (Cajochen ym. 2011.) Valomäärän aistiminen tapahtuu silmissä sijaitsevien valoherkkien aistinsolujen välityksellä (Mainster – Turner 2010: 277). Valon vaikutusta vuorokausirytmille voidaan mitata melatoniinihormonin muutoksina, sillä valo vähentää melatoniinin erittymistä. Melatoniini-tuotannon säätelymekanismi reagoi herkimmin nimenomaan valon sinisille aallonpituuksille (huippu n. 460 nm), jotka vähentävät hormonieritystä kaikkein voimakkaimmin. (Fucci ym. 2005; Bennett – Alpert – Kubulins – Hansler 2009.)

Itsevalaisevat elektroniset laitteet tuottavat optista säteilyä matalilla aallonpituuksilla, lähellä melatoniinisuppressioherkkyyden huippua (Figueiro – Wood – Plitnick – Rea 2011). Tämän vuoksi niihin on yhdistetty kasvava unihäiriöriski (Wood ym. 2013), etenkin jos laitteita käytetään yöllä. Vuorokausirytmien säätelymekanismi reagoi valoon eri tavoin riippuen vuorokaudenajasta, jolloin altistus tapahtuu. Mekanismi on herkin illalla, jolloin valoaltistus todennäköisimmin sekoittaa vuorokausirytmien ja voi vaikuttaa uneen. (Cajochen ym. 2011: 1432.)

Chang, Aeschbach, Duffy ja Czeisler (2015) tutkivat ennen nukkumaan menoa tapahtuvan lukemisen vaikutuksia uneen ja vireystilaan vertaamalla e-kirjaa ja perinteistä kirjaa. E-kirjaa lukeneilla erittyi vähemmän melatoniinia, nukahtaminen kesti kauemmin ja he myös heräsivät väsyneimpinä. Jamal ym. (2012) älypuhelimien käyttöä koskevassa tutkimuksessa lähes kahdella kolmasosalla tutkimushenkilöistä oli puhelimen käytön sivuvaikutuksena unihäiriöitä - unettomuutta ja toisaalta pitkittynyttä unta ja lähes puolet kertoi viime aikoina kokeneensa hetkellisiä muistiongelmia (Jamal ym. 2012).

Wood ym. (2013) huomattavat, että itsevalaisevia älylaitteita käytettäessä on tärkeää kiinnittää huomiota paitsi siihen, kuinka kauan laitteita käytetään, myös siihen, miten niitä käytetään. Suurempien kauempana olevien näyttöjen, kuten taulutelevisioiden sekä lähellä silmää käytettävien pienempinäyttöisten laitteiden, kuten älypuhelimien voidaan olettaa aktivoivan vuorokausirytmien säätelymekanismia suhteellisen paljon. Woodin (ym.) katseluetäisyys ja käytön kesto tulisikin ottaa huomioon arvioitaessa eri laitteiden vaikutuksia melatoniinieritykseen. Lisäksi he huomauttavat, että älylaitteiden

käyttö ennen nukkumaanmenoa voi vaikuttaa unenlaatuun myös muuten kuin melatoniinierityksen muutosten kautta. Laitteilla suoritettavat tehtävät voivat itsessään toimia virkeyttä edistävinä ärsykkeinä, jolloin seurauksena voi olla uniongelmia. Laitteiden valaistustaso kannattaa säätää mahdollisimman himmeäksi öiseen aikaan melatoniinierityksen häiriöiden ehkäisemiseksi ja laitteiden käyttöä olisi hyvä rajoittaa ennen nukkumaanmenoa. (Wood ym. 2013: 240.)

Wood ym. (2013) totesivat tutkimuksessaan älylaitteen pitkittyneen yhtäjaksoisen eli vähintään kaksi tuntia kestäneen käyttämisen vähentävän melatoniinieritystä (Wood ym. 2013). Cajochen ym. (2011) osoittivat, että viiden tunnin altistus LED-näyttörudulle vähensi merkittävästi melatoniintuotantoa verrattaessa LEDittömään näyttöön. Oranssiksi sävytetyistä, sinistä valoa suodattavista linssistä voi olla hyötyä LED-valon aikaansaamien vireysvaikutusten ehkäisyssä, sillä niiden on todettu ehkäisevän melatoniinintuotannon heikkenemistä (Sasseville – Paquet – Sévigny – Hébert 2006). Ilta-aikaan käytettyinä suodatinlinssit ovat huomionarvoinen keino estää valaistuksen vuorokausirytmille aiheuttamia ei-toivottuja vaikutuksia (Van der Lely ym. 2015). Tällaisten linssien käyttämisen ennen nukkumaanmenoa on myös todettu parantavan tutkittujen arvioita omasta unenlaadustaan (Sasseville ym. 2006).

HEV-valon jatkuvan suodattamisen vaikutuksia on käsitelty tekomykiöiden tutkimuksessa vaihtelevin tuloksin. Landersin, Tamblynin ja Perriamin (2009) tutkimuksissa HEV-valoa suodattavilla tekomykiöillä ei ollut vaikutusta tutkittavien unenlaatuun tai vuorokausirytmiiin. Sen sijaan Mainsterin ja Turnerin (2010) mukaan niillä on haitallisia vaikutuksia. Henderson ja Grimes (2009) puolestaan pitivät vaikutuksia hyvin pieninä ja mahdollisesti merkityksettöminä. HEV-valoa suodattavien kirkkaiden silmälasilinssien ja vuorokausirytmien säätelyn suhteesta ei sen sijaan löytynyt tutkimuksia.

HEV-valo on ilmeisesti yhteydessä suorituskykyyn. Cajochenin ym. (2011) mukaan altistuminen LED-taustavalaistulle näytölle illalla paitsi vähensi melatoniinin eritystä myös paransi keskittymiskykyä ja muistitoimintoja. Tutkimuksessa LED-näyttörudulla työskentely paransi suorituskykyä verrattaessa ei-LED -näyttöä käyttäviin. Myös LED-yleisvalaistusta koskevissa tutkimuksissa on todettu sinisävyisen valon parantavan keskittymiskykyä ja vähentävän virheiden määrää (Ferlazzo ym. 2014: 93; Keisa – Helbig – Streb – Hille 2014).



Sinisellä valolla näyttäisi tutkimusten valossa olevan vaikutusta niin vuorokausirytmien säätelyyn kuin vireystilaan. Tutkijat vaikuttavat olevan yksimielisiä siitä, että kirkkaiden itsevalaisevien näyttöjen katselua tulisi välttää iltaisin ennen nukkumaanmenoa. Toisaalta sininen valo voi silmään päästessään parantaa keskittymiskykyä ja lisätä vireyttä. Nämä vaikutukset olisi hyvä ottaa huomioon myös sinistä valoa säteileviä älylaitteita käytettäessä. Laitteisiin onkin saatavilla sovelluksia kirkkauden aiheuttamaa silmien väsymistä sekä sinisen valon ei-toivottuja vuorokausirytmivaikutuksia ehkäisemään.

## 6 Yhteenveto

### 6.1 Älylaitteiden erityispiirteet ja näönrasitus

Uuden sukupolven älypuhelimien ja tablettien näytöt on mahdollista säätää todella kirkkaiksi. Älylaitteen ominaisuuksista eniten rasitusta aiheuttavaksi tekijäksi onkin noussut näytön kirkkaus. Kirkkausasetuksiin olisi syytä kiinnittää huomiota, sillä kirkas näyttö saa aikaan huomattavan paljon silmien rasitusoireita, kuten silmien kirvelyä, ärtyneisyyttä, vetistämistä ja silmien seudun kipua (Benedetto ym. 2014; Yang ym. 2014). Käytössä olevan älylaitteen asetuksiin on hyvä tutustua, sillä useimmissa laitteissa näytön kirkkautta on mahdollista säätää. Joissakin laitteissa kirkkaus on mahdollista asettaa myös muuttumaan ympäristön valaistuksen mukaan, mikä onkin helppo tapa vähentää silmiin kohdistuvaa kirkkaudesta johtuvaa kuormitusta (Tien-Yan ym. 2012).

Älylaitteiden käyttöön voi liittyä kuivasilmäisyyttä, tosin sitä aiheuttavat tekijät ovat pitkälti samoja kuin silmän kuivumiseen muutenkin liitetyt seikat. Näytön kirkkaus on kuitenkin yksi taustatekijä, joka saattaa vaikuttaa silmien kuivumiseen erityisesti älylaitteita käytettäessä. Näytön kirkkaus laskee räpyttelytiheyttä, jolloin silmän pinta kuivuu herkemmin. (Benedetto ym. 2014.) Myös häikäisylähteen, esimerkiksi älylaitteen näytön koko, kirkkaus ja etäisyys vaikuttavat häikäistymisen voimakkuuteen (Launis – Lehtelä 2011). Koska älypuhelinta ja tablettia katsellaan hyvin läheltä, voi niiden kirkkaudella siis olla suurempi vaikutus silmien rasittumiseen ja kuivumiseen kuin esimerkiksi kauempaa katseltavalla televisiolla. Vaikka katseluetäisyydet ovat lyhyitä, älylaitetta katsellaan kuitenkin suotuisammassa katselukulmassa silmien kuivumisen kannalta. Katseen suuntautuessa alaviistoon, pienempi ala silmän pinnasta altistuu kuivumiselle. Laitteen sijainti vaakatason alapuolella ja alaviistoon suuntautuva katse vähentävät silmien

kuormitusta. (Agarwal ym. 2013.) Lisäksi pään ja niskan asennot ovat verrattain neutraaleja - tosin ikänäköisillä näönkorjauksen toimivuudella on tähän suuri vaikutus. Laitteen kallistamisella on mahdollista vaikuttaa katselun miellyttävyyteen. Älylaitetta käytettäessä häiritsevien heijastusten vähentäminen laitteen asentoa muuttamalla tapahtuu usein luonnostaan. Etenkin pitkäkestoisemmän työskentelyn aikana tabletin ja älypuhelimien asentoon on hyvä kiinnittää huomiota. Tableteilla on saatavilla monenlaisia suojakoteloita, joiden avulla näkemisen ergonomiaa voi parantaa.

Keskittymistä ja tarkkaa katselua vaativat tehtävät lyhentävät katseluetäisyyttä (Hayes ym. 2008). Sekä tekemiseen keskittyminen, että lyhyt etäisyys voidaan yhdistää läsnäolun tunteeseen silmien kuivumiseen (Kari 2009). Älylaitteiden käytössä, esimerkiksi vaativien pelien pelaamisessa yhdistyvät usein molemmat tekijät, minkä vuoksi silmien kuivuminen, kirvely ja ärtyminen voivat käytön myötä lisääntyä. Varsinkin lapset saattavat uppoutua esimerkiksi peliin tai tabletilta katsottavaan videoon niin, että lähikatseluun ei tule lainkaan taukoja. Silmien lepuuttaminen kauas katsomalla olisi kuitenkin tärkeää silmien ja näön rasittumisen ehkäisemisessä (Agarwal ym. 2013). Silmien- ja näön rasittumista ehkäistäkseen älylaitteita käyttävän olisi hyvä pitää säännöllisin väliajoin edes lyhyt tauko kaukaisuuteen katsellen (ks. esim. Hindsight is 20/20/20 2015).

Silmien räpyttelyyn voi olla hyvä tietoisesti kiinnittää huomiota kuivumisen ehkäisemiseksi (Hindsight is 20/20/20 2015: 12). Toisaalta liian voimakas ja korostunut räpyttely saattaa aiheuttaa silmien ympäristön rasittumista ja kipua (Gowrisankaran ym. 2007). Räpyttelytiheyden laskun ja vajaiden räpätysten sekä muiden älylaitetta käytettäessä läsnä olevien silmien kuivumista aiheuttavien tekijöiden vuoksi olisi suositeltavaa käyttää silmiä kosteuttavia ja liukastavia valmisteita. Kuivasilmäisyyden aiheuttamien epämiellyttävien tunteiden lisäksi vähäinen ja huonolaatuinen kyynelneste vaikuttavat olennaisesti myös näkemisen laatuun. Optikkokäynneistä jopa joka neljännen taustalla oli jo vuonna 2008 silmien kuivuus (Pansyl 2008). Älylaitteiden käytön lisääntyä viime vuosina huomattavasti, tällaisten käytien määrä tulee luultavasti kasvamaan entisestään.

Itsevalaisevia näyttöjä on helppo käyttää pimeässäkin. Tällöin kuitenkin näytön kirkkaus sekä sen aikaansaamat haittavaikutukset korostuvat. (Benedetto ym. 2014; Yang ym. 2014; Qiu ym. 2014.) Näytön ja ympäristön välinen suuri kirkkausero onkin yksi merkittävimmistä älylaitteiden käytöstä johtuvien rasitusoireiden syistä. Kirkkaan näytön katseleminen hämärässä rasittaa koko näköjärjestelmää ja vaatii siltä paljon sopeu-

tumiskykyä. Näyttöasetuksia muuttamalla tai yleisvalaistuksen lisäämisellä voidaan vähentää silmien rasittumista sekä häikäisyä. (Agarwal ym. 2014; Yang ym. 2014.) Laitteen kirkkauden säätämisen lisäksi kirkkaan taustan vaihtaminen valkoisesta vaaleanharmaaksi voi olla suositeltavaa (Hindsight is 20/20/20 2015: 12).

Silmä suojautuu liialliselta ja liian kirkkaalta valolta pienentämällä pupillikokoa. Pupillin pienenemisestä seuraa myös akkommodaatiota ja konvergenssiä ja näiden kolmen yliaktivoitumisesta on epäilty seuraavan näön kuormittumista ja silmien rasitusoireita. (Kundart ym. 2012.) Itsevalaiseva kirkas näyttö tai näytön pinnalta heijastuvat valot saattavat aiheuttaa myös silmien siristelyä. Siristelyn aiheuttama lihasten väsyminen ja sen aikaansaama korostunut räpyttely saattavat puolestaan pitkään kestäessään kuormittaa silmien seutua ja aiheuttaa säryn sekä epämukavuuden tunteita. Silmienympärysalueen rasittuminen voi olla osa astenooppisiin oireisiin johtavaa mekanismia. (Gowrisankaran 2007.) Pyrkimällä tasoittamaan luminanssieroja joko säätämällä näytön kirkkautta matalammaksi tai lisäämällä yleisvalaistusta voidaan merkittävästi vähentää silmiin kohdistuvaa rasitusta.

Silmien rasittumisen kannalta ajateltuna älylaitetta valittaessa on hyvä huomioida laitteen tulevat käyttöympäristöt ja pääasiallinen käyttötarkoitus. Huomiota kannattaa kiinnittää teknisten näyttöominaisuuksien lisäksi myös näytön pintaan. Näytön merkitystä käyttökokemukseen vertailtaessa esiin nousi näytön heijastelevuuden ja kiillon merkitys. Vähemmän kiiltävän näytön katselu koettiin miellyttävämmäksi. Häiritsevien heijastusten vähentymisen lisäksi kontrasti, kuvan terävyys ja kuvanlaatu paranivat ja katse- lusta tuli miellyttävämpää. (Saha 2008.) Näytöltä heijastuva yleisvalaistus aiheuttaa helposti häikäistymistä, joka tuntuu epämiellyttävältä, rasittaa silmiä ja lyhentää katse- luetäisyyttä (Ko ym. 2012; Yang ym. 2011). Ympäristön valaistusta tulisi siis muokata niin, että näytöltä tulevat häiritsevät heijasteet saadaan minimoitua. Silmälasilinssien heijastuksenestopinnalla heijasteiden haitta saattaa vähentyä. Saatavilla on myös näy- tölle asennettavia häikäisyä vähentäviä kalvoja. (Hindsight is 20/20/20 2015: 12). Li- säksi liian kiiltävää näyttöä olisi syytä välttää. Myös erilaisiin säätömahdollisuuksiin ja sovelluksiin on hyvä tutustua. Säätömahdollisuudet ja asetusten monipuolisuus ovat tärkeitä, koska oikeanlaisilla säädöillä voidaan vähentää näönrasitusta.

Osa tutkijoista on sitä mieltä, että näytön laadulla ei ole juurikaan merkitystä katselun miellyttävyyteen ja visuaaliseen suorituskyykyyn (esim. Kim ym. 2012). On totta, että nykyisissä älypuhelimissa on pääosin hyvä resoluutio, erinomainen kontrasti etenkin e-

paperiin verrattuna sekä korkea virkistystaajuus. Erot teknisissä ominaisuuksissa ovat huomattavasti pienempiä, kuin esimerkiksi kuvaputkinäytön ja LCD-näytön vertailussa. Uusien näyttöjen teknisten ominaisuuksien merkitys rasitusoireiden syntymiseen on varmasti vähäisempi kuin vanhempien. Näönrasitusoireiden ja käytetyn näyttöteknologian yhteydestä kuitenkin ei ole tutkittu riittävästi. Suurin merkitys näyttöteknologialla sellaisenaan lienee käyttäjän mieltymykseen. Osa käyttäjistä arvostaa hyvin pientä erotuskykyä, osa puolestaan parasta mahdollista kontrastia. Objektiivisesti mitattuna eri näyttötyyppien suorituskyvyssä on pieniä eroja. Esimerkiksi näöntarkkuus- ja kontrastimittauksissa on saatu eri näyttöteknologiaa hyödyntävillä älypuhelimilla toisistaan eriäviä tuloksia (ks. Yang ym. 2011 ja Kim ym. 2012). AMOLED-näyttö koetaan usein kokonaisuutena miellyttävämmäksi (Qiu ym. 2014), vaikka näöntarkkuustulokset eivät olisikaan aivan yhtä hyvät. Näytön katselun miellyttävyys riippuu hyvän näöntarkkuuden lisäksi - ja osin varmasti enemmänkin - näytön kontrasti, kuvan syväterävyys, värin luonnollisuus sekä teknisten ominaisuuksien lisäksi näytön pintamateriaali.

Eriyisesti uuden sukupolven LCD-näytöissä on jo pidempään ollut todella korkeat resoluutiot - niin korkeat, että keskustelu äärimmäisen korkearesoluutioisten näyttöjen mielekkyydestä on käynyt kuumana (ks. esim Beaudot 2014). Yang ym. (2011) tutkimuksessa kaikenikäiset tutkimukseen osallistuneet saivat paremmat näöntarkkuustulokset LCD-näytöltä, jossa oli korkeampi resoluutio verrattuna AMOLED-näyttöön, jossa oli pienempi resoluutio. Korkean resoluution ansiosta katseluetäisyyteen tulee joustavuutta. Nykyään kaikissa älypuhelimissa on pääsääntöisesti niin korkea resoluutio, että sen merkitys silmien rasituksessa on todennäköisesti pieni.

Matala kontrasti aiheuttaa silmien väsymistä ja ärtymistä. Epämukavuuden tunteet saattavat johtua silmien kuivumisesta, sillä räpyttelytiheys laskee kontrastin ollessa huono (Gowrisankaran ym. 2007). Huono kontrasti vaikuttaa myös katseluetäisyyteen, joka älylaitteita käytettäessä on usein ennestäänkin lyhyt (Tai ym. 2010). Pienten yksityiskohtien erottaminen on vaikeampaa kontrastin ollessa matala. Etenkin ikääntyneet, joiden kontrastiherkkyys on alentunut, hyötyvät hyvästä kontrastista. Iäkkäämmät käyttäjä kokevatkin korkean kontrastin älylaitteiden ja television katselussa miellyttäväksi (Ou 2014). Ympäristön valonmäärän mukaan asteittain muuttuvan kontrastitason on todettu vähentävän silmien rasittumista ja tekevän katselusta miellyttävää (Na 2014). Älylaitteen kirkkauden vähentäminen alentaa samalla myös kontrastia. Kirkkaus vaikuttaisi kuitenkin olevan merkittävämpi rasittumista aiheuttava tekijä, minkä vuoksi kirkkauden säätäminen kontrastin kustannuksella voi olla mielekäästä.

Älylaitteen pieni näyttö johtaa pieneen tekstiin, jonka katselu puolestaan saattaa johtaa katseluetäisyyden lyhentymiseen. Lyhyt katseluetäisyys kuormittaa näköjärjestelmää, mutta pienen tekstin lukeminen saattaa rasittaa sellaisenaankin. Älylaitteiden näytöltä katsellaan usein suosituksia pienempää tekstiä ja näytön kirjainkoolla on merkittävä vaikutus silmien väsymiseen ja näönrasitusoireiden syntyymiseen. (Bababekova ym. 2011.) Jotta lukeminen olisi miellyttävää myös kestäessään pidemmän aikaa, tulisi tekstikoon olla suurempi kuin pienin vielä luettavissa oleva tekstikoko on. Etenkin pitkään yhtäjaksoisesti kestäessään pienen tekstin lukeminen vaatii hyviä näöntarkkuusreservettä, sillä pitkäkestoinen lukeminen näöntarkkuuden äärirajalla aiheuttaa silmien rasittumista. (Bababekova ym. 2011; Sheedy – Shaw-McMinn 2003.) Näytöltä katseltavan tekstin kokoa kannattaa tarvittaessa suurentaa (Hindsight is 20/20/20 2015: 12). Älylaitteilta esimerkiksi verkkosivuja luettaessa voi kuitenkin olla vaikeaa muuttaa kirjainkokoja suuremmaksi. Tabletin kuvaa on helppo suurentaa, jolloin tekstin lukeminen voi olla sujuvampaa. Älypuhelimelta näkymän suurentaminen johtaa kuitenkin helposti siihen, että luettavissa on vain muutama sana kerrallaan. Tästäkin saattaa aiheutua näönkuormittumista - tai ainakin se vaatii enemmän keskittymiskykyä.

Älylaitteiden käyttöetäisyyksissä vaihteluväli voi olla suurikin. Tekstiviestiä luettiin 17–58 cm:n etäisyyksiltä ja verkkosivuja lukiessa vaihteluväli oli 19–60 cm:ä. (Bababekova ym. 2011.) Katseluetäisyyksien suuren vaihtelun voi huomata myös tarkkailemalla älylaitteiden käyttäjiä. Etenkin nuoret, joiden akkommodaatiolaajuuden pitäisi teoriassa olla laaja, katselevat älylaitteita huoletta todella läheltä. Käytettävissä olevan akkommodaation määrästä huolimatta lyhyt katseluetäisyys saattaa johtaa näönrasitusoireisiin akkommodaation pitkäkestoinen ylikäytön, väsymisen tai jouston vähenemisen vuoksi (Rosenfield ym. 2010; Grosvenor 2007). Katseen tarkentaminen pitkään samalle, hyvin lyhyelle etäisyydelle johtaa akkommodaation väsymiseen ylikäytön myötä (Tosha ym. 2009). Pitkäkestoinen yliakkommodointi saattaa johtaa akkommodaation pitkittyneeseen jännitystilaan. Tällainen akkommodaatiospasmi voi aiheuttaa jopa kaukonäön hämärtymistä. (Lindberg 2014.) Akkommodaatiohäiriön vuoksi kaukonäön heikentymistä kokevalle asiakkaalle saatetaan virheellisesti määrätä näönkorjaukseen miinusvoimakkuutta. Tällaisen valelikitaitteisuuden voi kuvitella lisääntyvän etenkin paljon älylaitteita käyttävillä nuorilla. Silmän toimintaa tukevien ja akkommodaatiota helpottavien niin kutsuttujen nuorisomonitehojen yleisyys vaikuttaisi olevan nousussa. Niiden avulla voidaan helpottaa akkommodaatorasitusta, jota syntyy älylaitteen käytöstä. Yliakkommodointi saattaa johtaa esoforiaan ja sitä kautta näköjärjestelmän kuormittumiseen, joten sen ehkäisy on perusteltavaa. On kuitenkin huomioitava, että nuori-

somonitehojen määrääminen rutiininomaisesti ei ole suotavaa, vaan akkommodaatio ja silmien yhteistoiminta tulee tutkia aina huolellisesti.

Tarkkojen etäisyys-suositusten antaminen ei ole mielekasta, sillä katseluetäisyyteen vaikuttaa moni tekijä. Esimerkiksi näköjärjestelmän ominaisuudet, kuten akkommodaatio ja vergenssi sekä niiden toiminnan joustavuus, ovat hyvin yksilöllisiä. Lisäksi miellyttävään katseluetäisyyteen vaikuttavat kehon mittasuhteet, lukutottumukset sekä laitteiden ominaisuudet vaihtelevat huomattavasti. Etenkin lapsilla ja nuorilla jo fyysiset tekijät, kuten käsien pituus rajoittavat katseluetäisyyden säätämistä. Myöskään *Hind-sight is 20/20/20* -raportissa (2015) ei tämän vuoksi määritetä suositeltavia etäisyyksiä, vaan ohjeistetaan katsomaan älylaitteita turvallisen etäisyyden päästä niin, että se tuntuu itsestä miellyttävältä. Kädessä pidettävästä älylaitteesta lukeminen koetaan usein miellyttävämmäksi kuin näyttöpäätteeltä (Bababekova ym. 2011). Älylaitteiden etäisyyteen, katselukulmaan ja asetukseen on helpompi vaikuttaa, minkä vuoksi niiden katseleminen saatetaan kokea helpommaksi. Katseen kohdistamisen, sopivan akkommodaatiovasteen ja konvergenssin täsmällisyyden yhteys liike- ja asentoaistiin on mielenkiintoinen seikka. Päätetyöskentelyyn verrattuna älylaitteiden käyttöön liittyy huomattavasti enemmän tuntoaistimuksen kautta saatua tietoa, minkä vaikutusta silmien toimintaan ja sitä kautta näönrasitusoireiden esiintymiseen olisi mielenkiintoista selvittää tarkemmin.

Älylaitteilla on useita näkemistä kuormittavia erityispiirteitä. Laitteiden ominaisuudet vaikuttavat näköön ja silmiin eri tavoin. Erityispiirteet, kuten katseluetäisyys ja kirkkaus aikaansaavat räsitystä eri syistä ja niiden yhteisvaikutukset voivat olla merkittäviä. Älylaitteiden käyttöön ja niiden ominaisuuksiin liittyviin räsitystä aiheuttaviin tekijöihin on mahdollista vaikuttaa suhteellisen vaivatta. Silmien- ja näönrasitusoireiden ehkäisyssä korostuvat katselun tauottamisen sekä laitteen asetusten säätämisen merkitys. Älylaitteiden käyttöön yhdistettyyn lyhyeen katseluetäisyyteen tulee kiinnittää huomiota, vaikkakin siihen voi olla käytännössä haastavaa vaikuttaa. Älypuhelimien pieni näyttö asettaa rajoituksia siihen, kuinka isoa tekstiä siltä voi lukea. Laitetta pidempään käytettäessä sen tukeminen kauemmaksi ja hyvään asentoon voi vähentää silmien kuormittumista huomattavasti. Älylaitteiden käyttäjien näönkorjauksen tulee olla ajan tasalla ja tarkoituksenmukainen myös silmien toiminnan huomioiden. Lisäksi yksilölliset näkötarpeet tulee huomioida. Myös ympäristön valaistuksen aiheuttamien häikäisyä aiheuttavien heijastusten vähentämiseen tulisi kiinnittää huomiota. Älylaitteen ominaisuuksista eniten räsitystä aiheuttavaksi tekijäksi osoittautui näytön kirkkaus. Kun ympäristön ja äly-

laitteen kirkkausero on suuri, silmät rasittuvat. Näytön kirkkaus ja häikäistyminen voivat aiheuttaa silmien kuivumista ja silmän seudun särkyä. Kuvanlaadun ja kontrastin heikentyminen heijastusten vuoksi voi lyhentää katseluetaisyyttä, mikä puolestaan kuormittaa näköä. Älylaitteen asentoon ja asetuksiin tulisikin kiinnittää huomiota etenkin pitkäkestoisemman työskentelyn aikana. Anamneesi on yksi optikon tärkeimmistä työkaluista ja sen tärkeys nousee esiin myös tässä työssä esiin tulleiden seikkojen valossa. Optikon rooli asiakkaan ohjeistamisessa näönkuormituksen välttämiseksi on tärkeä, ja korostuneet tulevaisuudessa entisestään.

## 6.2 Näkyvän korkeaenergisien lyhytaaltoisen valon vaikutuksista

Älylaitteissakin käytettyjen erilaisten LED-näyttöjen tiedetään säteilevän näkyvää lyhytaaltoista valoa. Tässä työssä läpikäydyistä tutkimuksista HEV-valoon ei yhdistetty varsinaisia näönrasitusoireita. Näkyvän lyhytaaltoisen valon mahdollisiin vaikutuksiin perehtyminen oli silti tärkeää, sillä sen on epäilty olevan yhteydessä esimerkiksi silmänpohjan ikärappeumaan. Sinistä valoa suodattavien tekomykiöiden tutkimuksista kävi kuitenkin ilmi, ettei tutkijoiden kesken vallitse yksimielisyyttä HEV-valon ja silmänpohjan ikärappeuman yhteydestä. Osa tutkimuksista viittaa siihen, että sininen valo voi olla ikärappeuman riskitekijä (ks. esim. Margrain 2004), kun taas toisissa tutkimuksissa tästä ei löytynyt todisteita (ks. esim. Newton 2011; Boyce 2011). Keskustelu siitä, onko HEV-valolla silmään päästessään merkitystä silmänpohjan ikärappeuman synnylle siis jatkuu. Tutkimusaineistomme perusteella UV-valon suodattaminen vaikuttaisi olevan silmän terveyden kannalta perustellumpaa kuin HEV-valon. HEV-valon suodattamisesta kiistellään, sillä verkkokalvoa mahdollisesti suojaavan vaikutuksensa ohella se voi vaikuttaa aistitoimintoihin - nämä vaikutukset kuitenkin riippuvat valon aallonpituudesta. Sinisenä havaittavat aallonpituudet ovat violetteja merkittävämpiä hämäränäkemisen ja vuorokausirytmien säätelyn kannalta. Samaan aikaan violetit aallonpituudet ovat potentiaalisesti sinisiä haitallisempia verkkokalvon soluille. (ks. Mainster – Turner 2010 ja taulukko 6.) Joidenkin tekomykiöiden tutkijoiden (em. Mainster 2005) mukaan HEV-valosta kannattaisikin suodattaa pois vain matalimmat ja korkeaenergisimmät aallonpituudet.

Merkittävin ero HEV-valoa suodattavien silmälasilinsien ja tekomykiöiden liittyy silmän omaan mykiöön. Kaihileikkauksissa silmään voidaan asentaa joko UV- ja HEV-valoa suodattava tekomykiö tai yksinomaan UV-valoa suodattava tekomykiö. Yleensä tekomykiö asennetaan kaihileikkauksen yhteydessä silmän oman mykiön tilalle, jolloin my-



kiön omat suodatinominaisuudet väistämättä menetetään. Monet HEV-valoa suodattavista tekomykiöstä pyrkivät itse asiassa jäljittelemään juuri mykiön luontaisia suodatinominaisuuksia (Brockmann 2008). Suurelle osalle silmälasilinssien käyttäjistä ei ole tehty kaihileikkausta ja silmässä on siis edelleen mykiö paikallaan. Silmän oma mykiö kellastuu asteittain ikääntymisen myötä ja suodattaa samalla enenevässä määrin HEV-valoa (Dillon ym. 2004). Etenkin ikääntyneemmillä tämä suodatinvaikutus on huomattava (Dillon ym. 2004), eikä sinistä valoa suodattavista linseistä kenties ole heille merkittävää hyötyä.

Kun silmän oma mykiö on kaihileikkauksessa korvattu HEV-valoa suodattavalla tekomykiöllä tilanne on itse asiassa HEV-valon suodattamisen näkökulmasta hyvin samankaltainen. Toisin on silloin, kun silmään on asennettu yksinomaan UV-valoa suodattava tekomykiö. Linssivalinnan tueksi kaivattaisiin tietoa siitä, millainen tekomykiö silmään on asennettu. Myös HEV-suodinlinssien suodatinominaisuuksien tuntemisella on merkitystä, sillä eri aallonpituuksilla on erilaisia vaikutuksia näköjärjestelmän kannalta (ks. taulukko 6). Kaikki linssivalmistajat eivät kuitenkaan erittele sinisuodinlinssiensä suodatinominaisuuksia. Tutkijoiden kannattaisi myös selvittää, mitä näkemiselle tapahtuu, jos HEV-valoa suodattavien tekomykiöiden lisäksi otetaan käyttöön HEV-valoa suodattavat silmälasit.

Tässä työssä käsitellyissä tutkimuksissa oli saatu ristiriitaisia tuloksia näkyvän lyhytaaltoisen valon suodattamisen vaikutuksista näkemiselle. Tutkimusten mukaan suodattaminen voi esimerkiksi vähentää sirontaa (Leat ym. 1990), joko heikentää värinäköä (Wang ym. 2010; Neumaier-Ammerer ym. 2010; Ao ym. 2010; Schmack ym. 2012), parantaa sitä (Espindle ym. 2005) tai ei vaikuta siihen lainkaan (Newton ym. 2011; Marshall ym. 2004; Schmidinger ym. 2008; Khokhar ym. 2011; Greenstein ym. 2007; Muftuoglu ym. 2007). Vastaavasti myös kontrastiherkkyys saattoi tutkimuksesta riippuen parantua (Yuan ym. 2004) tai heiketä (Wirtisch ym. 2009). Näidenkin tekomykiöitä koskevien tutkimustulosten kohdalla on hyvä pitää mielessä silmän oman mykiön mahdollinen vaikutus. Esimerkiksi kaihi saattaa lisätä valon sirontaa silmässä ja sitä kautta alentaa kontrastiherkkyttä linssileikkaamattomassa silmässä (ks. esim. Ko ym. 2012). Tekomykiötutkimuksista ei luonnollisestikaan selviä, voitaisiinko silmälasien sinisuodinlinseillä tällaisissa tilanteissa parantaa kontrastiherkkyttä ja vähentää häikäisyä. Tätä olisikin mielenkiintoista tutkia. HEV-valon suodattamisen mahdolliset edut ja haitat olisi hyvä tiedostaa myös linssivalinnan yhteydessä. Tulokset HEV-valon suodattamisen vaikutuksista ovat ristiriitaisia, eikä selkeää konsensusa suotimien vaikutuksista esi-

merkiksi kontrastiherkkyteen ja värierottelukykyn ole löytynyt. Optikon olisikin hyvä pitää mielessä, että tällaisia vaikutuksia ei voida täysin poissulkea. Etenkin sellaisten asiakkaiden kohdalla, joiden on tärkeää esim. ammattinsa takia nähdä värisävyt täydellisesti, kannattaa mahdollisesti suosia muuta kuin sinisuotimellista linssivaihtoehtoa ainakin kunnes linssien mahdollisista vaikutuksista erityisesti tutkimusten esiin nostamaan sini-keltasuunnan värierottelukykyn saadaan lisää tutkimustietoa.

Aineistomme tutkimuksissa (esim. Cajochen ym. 2011; Fucci ym. 2005; Bennett ym. 2009; Jamal ym. 2012; Wood ym. 2013) vaikuttaisi vallitsevan yksimielisyys siitä, että HEV-valo vaikuttaa vuorokausirytmien- ja vireystilan säätelyyn. Älylaitteet säteilemä sinisävyinen valo on hyvin lähelle melatoniinisuppressiota herkimmin aikaansaavaa aallonpituutta, mistä syystä niiden katselu ennen nukkumaanmenoa voi vaikeuttaa nukahdamista. Vaikutus ei välttämättä johdu pelkästään melatoniinisuppressiosta, myös sillä, mitä laitteilla tehdään, voi olla merkitystä. Toisaalta tutkimukset viittaavat siihen, että HEV-valolle altistuminen saattaa parantaa keskittymiskykyä ja vähentää virheiden määrää. (Cajochen ym. 201; Ferlazzo ym. 2014: 93; Keisa – Helbig – Streb – Hille 2014). Vuorokaudenajasta riippuen tällaiset vaikutukset voivat luonnollisesti olla joko toivottavia tai jopa haitallisia.

Jos altistus siniselle valolle mahdollisesti parantaa suorituskkyä, kannattaako sinistä valoa suodattavaa linssiä suositella päiväaikaan käytettäviin näyttöpäätelaseihin? Toisaalta HEV-valon suodattamisesta saattaa olla etua päätetyössä koetun häikäisyn ja kuivasilmäoireiden vähentämisessä (Cheng ym. 2014; Digre 1986). Näistäkin aiheesta kaivattaisiin kuitenkin vielä nimenomaan nykyisen tyyppisiä HEV-suodinlinssijä koskevaa tietoa. Silmälasien HEV-suodatinlinssien etuna on mahdollisuus käyttää niitä nimenomaan tietynlaisissa tilanteissa, esimerkiksi illalla älylaitteita käyttäessä, jolloin voivat ehkäistä valon ei-toivottuja piristäviä vaikutuksia. Toisaalta älylaitteisiin on tähän tarkoitukseen saatavilla sinivalosuodin-sovelluksia.

Käytännössä optikon on lähes mahdotonta huomioida kaikkia edellä mainittuja seikkoja. Esimerkiksi jos asiakas ei itse tiedä asennetun tekomykiön tyyppiä, optikko ei voi mitenkään arvioida tekomykiön ominaisuuksia, jolloin niiden huomioiminen linssivalinnassa on mahdotonta. Aiheesta tarvitaan kuitenkin lisää tutkimustietoa nimenomaan HEV-valoa suodattavien silmälasilinssien osalta.

## 7 Pohdinta

Koska älylaitteet ovat yhä yleisempiä ja niiden parissa myös kulutetaan koko ajan enemmän aikaa (Noppi 2014; Peltola 2014), optikon olisi hyvä tuntea älylaitteiden erityispiirteiden silmille ja näköjärjestelmälle asettamat haasteet. Kuten tutkimuksemme käy ilmi, älylaitteiden ominaisuudet voivat vaikuttaa näkemiseen ja silmiin. Eriyisesti laitteiden lyhyt katseluetäisyys ja niiden näyttöjen kirkkaus aikaansaavat rasitusta eri syistä, ja eri rasitusta aiheuttavien tekijöiden yhteisvaikutukset voivat olla merkittäviä. Oireiden ennaltaehkäisyn kannalta onkin oleellista tietää, kuinka edellä mainitut tekijät saattavat vaikuttaa silmiin ja aiheuttaa näön rasittumista. Tämän työn valossa optikon työn kannalta esille nousee erityisesti huolellisen anamneesin tärkeys sekä asiakkaan ohjeistus niin tarvittaessa. Mikäli anamneesissa tai tutkimuksen aikana tulee ilmi, että asiakas käyttää hyvin paljon älylaitteita, optikon olisi syytä tutkia silmien toimintoja kuten akkommodaation määrää ja joustavuutta sekä silmien yhteistoimintaa huolellisesti. Kuivasilmäisyyden ollessa hyvin yleistä, ja koska se voidaan liittää myös älylaitteiden käyttöön, on silmän etuosan terveyttä hyvä seurata. Aineistostamme esiin nousseiden seikkojen perusteella asiakasta kannattaa ohjeistaa tauottamaan laitteen katselua, säätämään käyttämänsä laitteen kirkkaus käyttöympäristön mukaan sekä kokeilemaan sinisuodinsovellusta, mikäli hän käyttää laitetta illalla ennen nukkumaanmenoa.

Aineistomme perusteella älylaitteiden säteilemä näkyvä lyhytaaltainen valo vaikuttaa vireystilan säätelyyn (ks. esim. Cajochen ym. 2011) ja laitteiden käyttö illalla ennen nukkumaanmenoa voi aiheuttaa ei-toivottua virkistymistä ja vaikeuttaa nukahtamista. Tutkijat (esim. Wood ym. 2013) suosittelivatkin älylaitteiden käytön välttämistä illalla ennen nukkumaanmenoa. Aineistossamme esiin nousseiden HEV-valon virkitysvaikutusten osalta kaivattaisiin tietoa esimerkiksi älylaitteisiin saatavilla olevien sinisuodinsovellusten vaikutuksista. Kyseeseen voisi tulla tutkimus, jossa vertailtaisiin tutkittavien kokemuksia optikkoliikkeissä myytävien sinisuotimellisten kirkkaiden silmälaslinssien sekä älylaitteiden näkyvää lyhytaaltoista valoa suodattavien sovellusten sovellusten käyttämisestä ilta-aikaan ennen nukkumaanmenoa. Vähentävätkö eri vaihtoehdot valon aikaansaamaa virkistymistä? Onko niiden välillä havaittavissa eroja?

Näkyvän lyhytaaltoisen valon suodattamisen vaikutuksista silmän terveydelle sen sijaan keskustellaan kiivaasti. Tutkimustulokset ovat ristiriitaisia erityisesti koskien HEV-valon suodattamisen merkitystä silmänpohjan ikärappeuman ehkäisyssä (ks. esim.

Newton ym. 2011; Lavric – Pompe 2014; Nilsson 2004; Margrain ym. 2004). Tutkimustulokset suodattamisen vaikutuksista näkemiseen ja aistitoimintoihin ovat nekin ristiriitaisia. Koska tutkimustulokset sinisuotimellisten tekomykiöiden vaikutuksesta värierottelukykyyn (erityisesti kelta-sinisellä akselilla) ja kontrastiherkyyteen hämärässä poikkeavat merkittävästi toisistaan, on vastaavasti hyvin vaikeaa tehdä johtopäätöksiä sinisuotimellisten silmälasilinssien vaikutusta näkemiseen. Olisikin mielenkiintoista tutkia, millaisia tuloksia saadaan tutkittaessa vastaavia ominaisuuksia sinisuotimellisten silmälasilinssien kohdalla niin nuorilla kuin iäkkäämilläkin tutkimushenkilöillä, joilta ei ole poistettu mykiötä linssileikkauksessa. Tutkimuksessa voisi suorittaa esimerkiksi 100 hue –värinäkötestin sekä kontrastiherkkyystestit ryhmälle tutkittavia, joista osalla on perinteiset ja osalla sinisuotimelliset linssit.

Koska tutkimuksia älylaitteiden ja näönrasitusoireiden yhteydestä on todella vähän, olisi mielenkiintoista toteuttaa kyselytutkimus näönrasitusoireiden esiintyvyydestä ja niiden laadusta älylaitteiden käytön yhteydessä. Tutkimuksessa tulisi vakioida näyttöasetukset ja käyttöolosuhteet, sillä niillä on todettu olevan vaikutusta katselun rasittavuuteen sellaisenaan (mm. Benedetto ym. 2014). Toisaalta kontrolloitu tutkimus siitä, millaisia vaikutuksia älylaitteiden yhtäjaksoisella käyttämisellä on akkommodaatioon, konvergenssiin, silmienkääntökyvyn reserveihin ja forioiden määrään antaisi objektiivista tietoa älylaitteen katselun vaikutuksista silmien toimintaan. Tapaustutkimus silmän toimintaa tukevien niin kutsuttujen nuorisomonitehojen vaikutuksista silmien rasittumiseen sekä muutoksiin akkommodaatioon älylaitteiden pitkittyneen käytön yhteydessä olisi hyödyllinen, sillä tällaisten linssien suosio vaikuttaa olevan kasvussa.

Optikkoliikkeissä myytävien, älylaitteiden käyttöä silmälläpitäen markkinoitujen sinisuodinpinnoitettujen linssien vaikutusta näön rasittumiseen sekä koettuihin kuivasilmäoireisiin olisi mielenkiintoista tutkia. Tutkittaville voitaisiin toteuttaa kyselynä linssien subjektiivinen vertailu selvittäen, koetaanko vähentävän silmärasitusta ja oireilua. Kyselytulokset voitaisiin suhteuttaa kuivasilmäisyystutkimusten (esim. kyynelneesten break up time ja mikroskoopin avulla tapahtuva kyynelneesten määrän- ja laadun arviointi) tuloksiin. Olisi kiinnostavaa tietää, koetaanko linssit samanlaisiksi kuivasilmäisten ja ei-kuivasilmäisten ryhmässä, sillä erään aineistomme tutkimuksen (Cheng ym. 2014) mukaan kuivasilmäiset kokivat sinisuodatuksen parantavan päätetyöskentelymukavuutta, mutta ei-kuivasilmäiset eivät.

Työmme tutkimusaihe oli luonteeltaan tekninen. Voidaksemme käsitellä näönrasitusoireiden syitä, meidän oli väistämättä perehdyttävä laitteiden eri teknisiin ominaisuuksiin ja niiden määritelmiin. Näiden asioiden selvittäminen vei odottamattoman paljon aikaa laitteiden aikaansaamaan näönrasitukseen perehtymiseltä. Työssämme esiteltyjen älylaitteissa käytettyjen näyttöteknologioiden ymmärtäminen ja esittely osoittautui todella haastavaksi. Aiheen tuntemuksemme oli niiden osalta työn alkuvaiheessa lähes olematonta ja teknisten ominaisuuksien hahmottaminen ja niiden kuvailussa käytetyn sanaston tulkinta ei ollut maallikolle millään muotoa helppoa. Koska tavoitteena oli pohjustaa laitteiden ominaisuuksista aiheutuvaa näönrasitusta, yritimme käsitellä tekniikan yksinkertaistaen ja riittävän yleisellä tasolla. Aihepiirin vieraudesta johtuen tekstiin on saattanut tulla jopa väärinymmärryksestä johtuvia asiavirheitä, vaikka niitä pyrimmekin välttämään.

Valittu tutkimusmenetelmä osoittautui myös haasteelliseksi. Tietyistä työmme teemoista – etenkin sinisen valon suodattamisen vaikutuksista – löytyi niin valtavasti aineistoa, etteivät aika ja resurssit olisi millään riittäneet kaiken läpikäymiseen. Näkyvän, korkeenergisen, lyhytaaltoisen valon vaikutusten käsittelyn osalta aineistomme koostuu pääasiassa tunnustetuissa lääketieteellisissä julkaisuissa ilmestyneistä tekomykiöitä koskevista tutkimusartikkeleista. Koska tämän työn puitteissa ei ollut mahdollista tutustua kaikkiin mahdollisiin aiheesta julkaistuihin tutkimuksiin, aineiston valinta on vaatinut erityisen paljon lähdekriittisyyttä, joka on kuitenkin aihepiirin tiettyjen osien vierauden vuoksi ollut ajoittain hankalaa. Pyrimme ratkaisemaan tämän haasteen tukeutumalla osittain katsaus-artikkeleihin, joissa aihetta on jo valmiiksi koottu yhteen sekä painottamalla työssämme sellaisia tutkimuksia, joihin viitattiin toistuvasti muissa tutkimuksissa. Aiheeseen tutustuessa on siis hyvä muistaa, että se on herättänyt tutkimusjulkaisuissakin paljon keskustelua, joka jatkuu edelleen.

## Lähteet

- Aaltonen, Viljakaisa – Pölonen, Monika 2009. The effect of viewing duration on visual comfort with near-to-eye displays. *SID Symposium Digest of Technical Papers* 40 (1). 812–814.
- Acharya, Jayanti – Acharya, Indranil - Waghrey, Divya. 2013. A Study of some of the common health effects of cell-phones amongst college students. *Community Medicine and Health Education*. 3 (4). 214-217.
- Active-Matrix 2011. The Tech-Terms Computer Dictionary. Verkkodokumentti. <<http://www.techterms.com/>> Luettu 20.7.2014.
- Advanced High performance In-Plane Switching (AH-IPS) 2013. LG Display Newsroom. Artikkele. Verkkodokumentti. <<http://lgdnewsroom.com/products-solutions/it-mobile/640>> Luettu 29.10.2014.
- Agarwal, Smita – Goel, Dishanter – Sharma, Anshu 2013. Evaluation of the factors which contribute to the ocular complaints in computer users. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 7 (2). 331–335.
- Akinci, Arsen – Güven, Alev – Degerliyurt, Aydan – Kibar, Esin – Mutlu, Murad – Citirik, Mehmet 2008. The correlation between headache and refractive errors. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus* 12 (3). 290–293.
- Albin, Tom – McLoone, Hugh 2014. The effect of tablet tilt angle on users' preferences, postures, and performance. *Work* 47 (2). 207–211.
- Alters, Sandra – Schiff, Wendy 2011. Essentials concepts for healthy living update. 5. painos. Mississauga: Jones and Bartlett Publishers.
- Amster, Deborah 2011. When Stress Strains Vision. *Review of Optometry* 148 (7). 37–43.
- Anshel, Jeffrey 2005a. Computer vision syndrome. Teoksessa Anshel, Jeffrey (toim.) *Visual ergonomics handbook*. Boca Raton: Taylor & Francis. 23–36.
- Anshel, Jeffrey 2005b. Windows to the world. Teoksessa Anshel, Jeffrey (toim.) *Visual ergonomics handbook*. Boca Raton: Taylor & Francis. 1–4.
- Anttila, Anniina – Sauni, Riitta – Pääkkönen, Rauno 2011. Mitä työterveyslääkärin tulee tietää optisesta säteilystä? *Työterveyslääkäri*. 29 (2). 97–102.
- Ao, Mingxin – Chen, Xiaoyong – Huang, Chen – Li, Xuemin – Hou, Zhiqiang – Chen, Xue – Zhang, Chun – Wang, Wei 2009. Color discrimination by patients with different types of light-filtering intraocular lenses. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 36 (3). 389–395.
- Artigas, Jose – Felipe, Adelina – Navea, Amparo – Artigas, Cristina – García-Domene, Maria. 2011. Spectral transmittance of intraocular lenses under natural and artificial illumination. Criteria analysis for choosing a suitable filter. *Ophthalmology* 118 (1). 3–8.

- Arunthavaraja, Mathangi. – Vasudevan, Balamurali – Ciuffreda, Kenneth J. 2010. Nearwork-induced transient myopia (NITM) following marked and sustained, but interrupted, accommodation at near. *Ophthalmic & Physiological Optics* 30 (6). 766–775.
- Bababekova, Yuliya – Rosenfield, Mark – Hue, Jennifer E. – Huang, Rae R. 2011. Font Size and Viewing Distance of Handheld Smart Phones. *Optometry & Vision Science* 88 (7). 795–797.
- Bailey, Ian L. 2006. *Visual Acuity*. Teoksessa Benjamin, William J. (toim.) *Borish's Clinical Refraction*. 2. painos. St. Louis: Butterworth Heinemann Elsevier. 217–246.
- Bali, Jatinder – Neera, Naveen – Bali, Renu 2014. Computer vision syndrome: A review. *Journal of Clinical Ophthalmology and Research* 2 (1). 61–68.
- Balikci, Kemal – Ozcan, Cem I. – Turgut-Balik, Dilek – Balik, Hasan H. 2005. A survey study on some neurological symptoms and sensations experienced by long term users of mobile phones. *Pathologie Biologie* 53 (1). 30–34.
- Barthakur, Rimli 2013. Computer vision syndrome. *Internet Journal of Medical Update* 8 (2). 1–2.
- Beaudot, William 2010. Apple "Retina Display" in iPhone 4: a Vision Scientist Perspective. Display Technology. KyberVision. Verkkodokumentti. <<http://www.kybervision.com/Blog/files/AppleRetinaDisplay.html>> Luettu 3.3.2015.
- Behar-Cojen, B. – Martinsons, C. – Viénot, F. – Zissis, G. – Barlier-Salsi, A. – Cesarini, J.P. – Enouf, O. – Garcia, M. – Picaud, S. – Attia, D. 2011. Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: Any risks for the eye? *Progress in Retinal and Eye Research* 30 (4). 239–257.
- Benedetto, Simone – Carbone, Andrea – Draï-Zerbib, Véronique – Pedrotti, Marco – Baccino, Thierry 2014. Effects of luminance and illuminance on visual fatigue and arousal during digital reading. *Computer in Human Behavior* 41. 112–119.
- Bennett, Shoshana – Alpert, Martin – Kubulins, Vilnis – Hansler, Richard 2009. Use of modified spectacles and light bulbs to block blue light at night may prevent postpartum depression. *Medical Hypotheses* 73 (2). 251–253.
- Bhanderi, Dinesh J. – Choudhary, Sushikumar – Doshi, Vikas G. 2008. A community-based study of asthenopia in computer operators. *Indian Journal of Ophthalmology* 56 (1). 51–55.
- Blehm, Clayton – Vishnu, Seema – Khattak, Ashbala – Mitra, Shrabanee – Yee, Richard W. 2005. Computer vision syndrome: A review. *Survey of Ophthalmology* 50 (3). 253–62.
- BlueControl n.d. Hoya. Verkkodokumentti. <<http://www.bluecontrol.eu/en/home/>> Luettu 5.3.2015.
- Boettner, Edward – Reimer, Wolter 1962. Transmission of the ocular media. *Investigative Ophthalmology* 1 (6). 776–783.
- Boyce, Peter 2011. Blue light and age-related macular degeneration (AMD): avenues for research. Research Discussion Paper 6. London: Thomas Pocklington Trust.



Braunstein, Richard – Sparrow, Janet 2005. A blue-blocking intraocular lens should be used in cataract surgery. *Archives of Ophthalmology*. 123 (4). 547–549.

Brigham and Women's Hospital 2014. Light Emitting e-readers before bedtime can adversely impact sleep. Verkkodokumentti ScienceDaily-sivustolla. Päivitetty 22.12.2014. <[www.sciencedaily.com/releases/2014/12/141222131348.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2014/12/141222131348.htm)>. Luettu 25.2.2015.

Brockmann, Claudia 2008. Transmittance characteristics of ultraviolet and blue-light-filtering intraocular lenses. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 34 (7). 1161–1166.

Buchner, Axel – Mayr, Susanne – Brandt, Martin 2009. The advantage of positive text-background polarity is due to high display luminance. *Ergonomics* 52 (7). 882–886.

Burkhart, Kimberly – Phelps, James 2009. Amber lenses to block blue light and improve sleep: a randomized trial. *Chronobiology International* 26 (8). 1602–1612.

Cajochen, Christian – Fey, Sylvia – Anders, Doreen – Späti, Jakub – Bues, Matthias – Pross, Achim – Mager, Ralph – Wirz-Justice, Anna – Stefani, Oliver. 2011. Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)-backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. *Journal of Applied Physiology* 110 (5). 1432–1438.

Cajochen, Christian 2007. Alerting effects of light. *Sleep Medicine Reviews* 11 (6). 453–464.

Calucar-Pot, Cornealia – Lee, Paul 2013. The state of the global mobile consumer. Divergence deepens. Kysely. Deloitte-asiantuntijaorganisaatio.

Campbell, Charles E. – Benjamin, William J. – Howland, Howard C. 2006. Teoksessa Benjamin, William J. (toim.): *Borish's Clinical Refraction*. 2. painos. St. Louis: Butterworth Heinemann Elsevier. 683–764.

Chamorro, Eva – Bonnin-Arias, Cristina – Pérez-Carrasco, María Jesús – Muñoz de Luna, Javier – Vázquez, Daniel – Sánchez-Ramos, Celia 2013. Effects of light-emitting diode radiations on human retinal pigment epithelial cells in vitro. *Photochemistry and Photobiology* 89 (2). 468–473.

Chang, Anne-Marie – Aeschbach, Daniel – Duffy, Jeanne F. – Czeisler, Charles A. 2015. Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 112 (4). 1232–1237.

Charman, W. N. 2003. Age, lens transmittance, and the possible effects of light on melatonin suppression. *Ophthalmic and Physiological Optics* 23 (2). 181–187.

Cheng, Hong-Ming – Chen, Shyan-Tarng – Hsiang-Jui, Liu 2014. Does blue light filter improve computer vision syndrome in patients with dry eye? *Life Science Journal* 11 (6). 612–615.

Chu, Christina – Rosenfield, Mark – Portello, Joan 2014. Blink pattern: reading from a computer screen versus hard copy. *Optometry and Vision Science* 91 (3). 297–302.

Chu, Christina – Rosenfield, Mark – Portello, Joan K. – Benzoni, Jaclyn A. – Collier, Juanita D. 2011. A comparison of symptoms after viewing text on a computer screen and hardcopy. *Ophthalmic and Physiological Optics* 31 (1). 29–32.

Ciuffreda, Kenneth J. – Lee, Melissa 2002. Differential refractive susceptibility to sustained nearwork. *Ophthalmic and Physiological Optics* 22 (5). 372–379.

Ciuffreda, Kenneth J. 2006. Accommodation, the Pupil, and Presbyopia. Teoksessa Benjamin, William J. (toim.) *Borish's Clinical Refraction*. 2. painos. St. Louis: Butterworth Heinemann Elsevier. 93–144.

Coleman, Hanna – Chan, Chi-Chao – Ferris, Frederik – Chew, Emily 2008. Age-related macular degeneration. *The Lancet* 327 (22). 1835–1845.

Collier, Juanita – Rosenfield, Mark 2011. Accommodation and convergence during sustained computer work. *Optometry* 82 (7). 434–440.

Darroch, Iain – Goodman, Joy – Brewster, Stephen – Gray, Phil 2005. The effect of age and font size on reading text on handheld computers. Teoksessa Costabile, M. – Paternò, F. (toim.) *Human-Computer Interaction – INTERACT*. Lecture Notes in Computer Science 3585. 253–266.

Daum, Kent M. – McGormack Glen L. 2006. Fusion and Binocularity. Teoksessa Benjamin, William J. (toim.) *Borish's Clinical Refraction*. 2. painos. St. Louis: Butterworth Heinemann Elsevier. 145–191.

Digitized: The daily impact of digital screens on the eye health of Americans 2014. The Vision Council. Verkkodokumentti. <<http://www.thevisioncouncil.org/sites/default/files/TVCDigitEYEzedReport2014.pdf>> Luettu 16.2.2015.

Digre, Kathleen 1986. Patient Handout: Photophobia. University of Utah. Moran Eye Center. Verkkodokumentti. <<http://content.lib.utah.edu/utills/getfile/collection/EHSL-NOVEL/id/2014/filename/1986.pdf>> Luettu 23.2.2015.

Dillon, James – Zheng, Lei – Merriam, John – Gaillard, Elizabeth 2004. Transmission of light to the aging human retina: possible implications for age related macular degeneration. *Experimental Eye Research* 79 (6). 753–759.

Doherty, Rina 2011. Looking closely at e-Learning: Vision research reveals ways to improve children's experiences. Verkkodokumentti. *User Experience Magazine* 10 (1) <[http://uxpamagazine.org/looking\\_closely\\_elearning/](http://uxpamagazine.org/looking_closely_elearning/)> Luettu 25.2.2015.

Dong, L. – Stark, W. - Jefferys, J. – Al-Hazzaa, S. – Bressler, S. – Solomon, S. - Bressler, N. Progression of age-related macular degeneration after cataract surgery. *Archives of Ophthalmology* 2009 127 (11). 1412–1419.

Edwards, Keith - Gibson, Anthony 2010. Intraocular lens short wavelength light filtering. *Clinical and Experimental Optometry* 2010 93 (6). 390–399.

Elliot, David B. 2006. Contrast sensitivity and glare testing. Teoksessa Benjamin, William J. (toim.) *Borish's Clinical Refraction*. 2. painos. St. Louis: Butterworth-Heinemann. 247–288.

Eperjesi, Frank – Fowler, Colin – Evans, Bruce J. W. 2002. Do tinted lenses improve visual performance in low vision? A review of the literature. *Ophthalmic and Physiological Optics* 22. 68–77.

Espindle, Derek – Crawford, Bruce – Maxwell, Andrew - Rajagopalan, Krithika – Barnes, Rod – Harris, Blake – Hileman, Kendra 2005. Quality-of-life improves in cataract patients with bilateral blue light-filtering intraocular lenses: Clinical trial. *Journal of Cataract and Refractive Surgery* 31 (10). 1952–1959.

Essilor launches Crizal® Previncia™: the first preventive lenses offering selective protection from harmful blue light and UV rays. 2013.  
[http://www.essilor.com/en/Press/News/Documents/2013/ESSILOR\\_Press\\_Release\\_Crizal\\_Previncia\\_28022013.pdf](http://www.essilor.com/en/Press/News/Documents/2013/ESSILOR_Press_Release_Crizal_Previncia_28022013.pdf). Luettu 3.2.2015.

Evans, Jennifer 2001. Risk factors for age -related macular degeneration. *Progress in Retinal and Eye Research* 20 (2). 227–253.

Ferlazzo, F. – Piccardi, L. – Burattini, C. – Barbalace, M. – Giannini, A. – Bisegna, F. 2014. Effects of new light sources on task switching and mental rotation performance. *Journal of Environmental Psychology* 39. 92–100.

Ferreira, Andreia – Lira, Madalena – Franco, Sandra 2011. Accommodative and convergence response to computer screen and printed text. *International Conference on Applications of Optics and Photonics* 8001 (39). SPIE The International society for optics and photonics. Verkkodokumentti  
 <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=1264353>> Luettu 9.3.2015.

Figueiro, Mariana G. – Wood, Brittany – Plitnick, Barbara – Rea, Mark S. 2011. The impact of light from computer monitors on melatonin levels in college students. *Neuroendocrinology Letters*. Volume 32 (2). 158–163.

Fucci, Robert – Gardner, James – Hanifin, John – Jasser, Samar – Byrne, Brenda – Gerner, Edward – Rollag, Mark – Brainard, George 2005. Toward optimizing lighting as a countermeasure to sleep and circadian disruption in space flight. *Acta Astronautica* 56 (9–12). 1017–1024.

Galaxy S: AMOLED-tekniikan uusi aikakausi 2011. Samsung verkkouutinen 14.10.  
 <<http://www.samsung.com/fi/article/galaxy-s-a-new-era-in-amoled-technology>> Luettu 29.10.2014.

Glasziou, Paul – Irwing, Les – Bains, Chris – Colditz, Graham 2001. *Systematic reviews in health care: A practical guide*. New York: Cambridge University Press.

Goldstein, Joseph H. – Schneekloth, Barbara B. 1996. Spasm of the near reflex: A spectrum of anomalies. *Survey of Ophthalmology* 40 (4). 269–278.

Gong, Rui – Xu, Haisong 2013. Impacts of appearance parameters on perceived image quality for mobile-phone displays. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics* 125 (11). 2554–2559.

Gowrisankaran, S – Sheedy, James – Hayes, John 2007. Eyelid squint response to asthenopia-inducing conditions. *Optometry and Vision Science* 84 (7). 611–619.

Gray, Rob – Hill, Warren – Neuman, Brooke – Houtman, Diane – Potvin, Richard 2012. Effects of a blue light-filtering intraocular lens on driving safety in glare conditions. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 38 (5). 816–822.

Greenstein, Vivienne – Chiosi, Flavia – Baker, Paul – Seiple, William – Holopigian, Karen – Braunstein, Richard – Sparrow, Janet 2007. Scotopic sensitivity and color vision with a blue-light-absorbing intraocular lens. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 33 (4). 667–672.

Greenstein, Vivienne – Chiosi, Flavia – Baker, Paul – Seiple, William Seiple – Holopigian, Karen – Braunstein, Richard – Sparrow, Janet 2007. Scotopic sensitivity and color vision with a blue-light-absorbing intraocular lens. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 33 (4). 667–672.

Grosvenor, Theodore 2007. *Primary care optometry*. 5. painos. St Louis: Butterworth-Heinemann.

Gur, S. – Ron S. 1992. Does work with visual display units impair visual activities after work? *Documenta Ophthalmologica* 79 (3). 253–259.

Gur, S. – Ron, S. Heicklen-Klein, A. 1994. Objective evaluation of visual fatigue in VDU workers. *Occupational Medicine*. 44 (4). 201–204.

Haak Marcial, Laura 2010. A comparison of screen size and interaction technique: Examining execution times on the smartphone, tablet and traditional desktop computer. A Literature Review. University of North Carolina at Chapel Hill. School of Library and Information Science.

Hakala, Paula 2012. Tietokoneen sekä muun informaatio- ja kommunikaatioteknologian käyttö ja nuorten tuki- ja liikuntaelinoireet. Väitöskirja. Tampereen yliopisto. Terveystieteiden yksikkö.

Ham, William – Mueller, Harold – Ruffolo, John Jr. – Guerry, DuPont – Guerry, Kennon 1982. Action spectrum for retinal injury from near-ultraviolet radiation in the aphakic monkey. *American Journal of Ophthalmology* 93 (3). 299–306.

Harb, Elise – Thorn, Frank – Troilo, David 2006. Characteristics of accommodative behavior during sustained reading in emmetropes and myopes. *Vision Research* 46 (16). 2581–2592.

Harrison, Wendy W. – Begley, Carolyn G. – Liu, Haixia – Chen, Minhua – Garcia, Michelle – Smith, Janine A. 2008. Menisci and fullness of the blink in dry eye. *Optometry and Vision Science* 85 (8). 706–714.

Hayes, John – Kundart, James – Laukkanen, Hannu 2008. Viewing distance and visual discomfort while using handheld displays. Luentotiivistelmä. The American Academic of Optometry. Pacific University. School of Optometry.

Hemingway, Pippa – Brereton, Nic 2009. What is a Systematic Review? What is...? – series. *Evidence-based Medicine*. 2. painos. Lontoo: Hayward Group Ltd.

Henderson, Bonnie – Grimes, Kelly 2009. Blue-blocking IOLs: A complete review of the literature. *Survey of Ophthalmology* 55 (3). 284–289.

Himebaugh, NL. – Begley, CG. – Bradley, A. –Wilkinson JA. 2009. Blinking and tear break-up during four visual tasks. *Optometry and Vision Science* 86 (2). 106–114.

Hindsight is 20/20/20: Protect your eyes from digital devices 2015. 2015 Digital eye strain report. The vision council. Verkkodokumentti.  
<[http://www.thevisioncouncil.org/sites/default/files/VC\\_DigitalEyeStrain\\_Report2015.pdf](http://www.thevisioncouncil.org/sites/default/files/VC_DigitalEyeStrain_Report2015.pdf)> Luettu 16.2.2015.

Hirsjärvi, Sirkka – Remes, Pirkko – Sajavaara, Paula 2009. Tutki ja kirjoita. 15. painos. Helsinki: Tammi.

Hue, Jennifer E. 2013. Reading from an electronic reading device versus hardcopy text. State University of New York. State College of Optometry. Tutkimusartikkeli. Master of Science in Vision Science.

Hue, Jennifer – Rosenfield, Mark – Saá. Gianinna 2014. Reading from electronic devices versus hardcopy text. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation* 47(3). 303–307.

Huhtakallio, Satu. 2014. Älypuhelimet aiheuttavat myopiaa - vai aiheuttavatko? Opin- näytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Sosiaali- ja terveystieteiden koulutusohjelma.

Ilmaniemi, Tiia 2015. Optometrian koulutusohjelma Metropolia AMK. Medilaser Silmäkirurgia. Luento taittovirhe- ja kaihikirurgiasta 4.3.2015.

Jamal, Arwa – Sedie, Reham – Abdul Haleem, Khadijah – Hafiz, Najla 2012. Patterns of use of "smart phones" among female medical students and self-reported effects. *Journal of Taibah University Medical Sciences* 7(1). 45–49.

Jaschinski, W. 2002. The proximity-fixation-disparity curve and the preferred viewing distance at a visual display as an indicator of near vision fatigue. *Optometry and Vision Science* 79 (3). 158–169.

Johansson, Kirsi 2007. Kirjallisuuskatsaukset - Huomio systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. Teoksessa Johansson, Kirsi – Axelin, Anna – Stolt, Minna – Ääri, Riitta-Liisa (toim.) Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja. A, Tutkimuksia ja raportteja. Turku: Digipaino Turun Yliopisto.

Jones, Tina – Evans, David 2000. Conducting a systematic review. *Australian Critical Care*. 13 (2). 66–71.

Joukkoviestimet 2013. Finnish Mass Media. Tilastokeskus. Edita Publishing Oy: Helsinki.

Kallionpää, Katri 2015. Älypuhelimien sininen valo saattaa haitata lapsen yöunta. *Helsingin Sanomat* 7.1.

Kari, Osmo. 2009. Kuivasilmäisyys – lisääntyvä vaiva. *Duodecim* 125 (8). 845–854.

Keisa, Oliver – Helbig, Hannah – Streb, Judith – Hille, Katrin 2014. Influence of blue-enriched classroom lighting on students' cognitive performance. *Trends in Neuroscience and Education* 3 (3–4). 86–92.

Khalaf, Simon 2014. The rise of the mobile addict. Verkkodokumentti <<http://www.flurry.com/blog/flurry-insights/rise-mobile-addict#.VA7nlvmSx8E>> Luettu 9.9.2014.

Khokhar, Sudarshan Kumar – Jindal, Animesh – Agarwal, Tushar – Panda, Anita 2011. Comparison of color perception after tinted blue light-filtering and clear ultraviolet-filtering intraocular lens implantation. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 37 (9). 1598–1604.

Kim, Hyun Jae 2013. A Review of recent advances in backplanes and color patterning technologies for AMOLED display. Research highlights. IEEE Photonics Society. Verkkodokumentti. <[http://photonicsociety.org/newsletters/apr13/RH\\_Amoled.html](http://photonicsociety.org/newsletters/apr13/RH_Amoled.html)> Luettu 9.2.2015.

Kim, Ki Joon – Park, Eunil – Sundar, Shyam S. 2012. IPS vs. AMOLED: Effects of panel type on smartphone users' viewing and reading experience. Teoksessa Park, James J. – Jin, Qun – Yeo, Martin Sang-soo – Hu, Bin (toim.) *Human Centric Technology and Service in Smart Space: HumanCom 2012*. Springer Netherlands. 77–84.

Kinnunen, Teemu 2014. Näyttö- ja tulostustekniikat. Aalto yliopisto. Perustieteiden korkeakoulu. Luentomateriaali.

Ko, Peiyi – Mohapatra, Anand – Bailey, Ian – Sheedy, James – Rempel, David 2012. Effects of font size and reflective glare on text-based task performance and postural change behavior of presbyopic and nonpresbyopic computer users. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting September*. 56 (1). 12378–2382.

Kotegawa, Y. – Hara, N. – Ono, K. – Arimoto, A. – Mukuno, K. 2008. Influence of accommodative response and visual symptoms on visual display terminal adult operators with asthenopia through adequately corrected refractive errors. *Nihon Ganka Gakkai Zasshi*. 112 (4). 376–381.

Kundart, James – Momeni-Moghadam, Hamed – Nguyen, Jessica – Hayes, John 2012. Comparing binocular vision suppression on an e-reader versus a smartphone. *Journal of Behavioral Optometry*. Volume 23 (5–6). 152–155.

Kundart, James – Tai, Yu-Chi – Hayes, John – Sheedy, James 2010. Word recognition and the accommodative response to desktop versus handheld video displays (Handheld study #2). *Interface: The Journal of Education, Community and Values* 10 (7). 1–23.

Kunic, Srécko – Segó, Zoran 2012. OLED technology and displays. 54th international symposium ELMAR. Verkkodokumentti. <<http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.metropolia.fi/stamp/stamp.jsp?arnumber=6338465&tag=1>> Luettu 14.2.2015.

Kyrnin, Mark 2014. Guide to tablet displays. How to evaluate a screen when buying a tablet PC. AboutTechnology. Verkkodokumentti. <<http://compreviews.about.com/od/buyers/a/Tablet-PC-Display-Guide.htm>> Luettu 29.10.2014.



- Landers, John – Tamblyn, David – Perriam, Don 2009. Effect of a blue-light-blocking intraocular lens on the quality of sleep. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 35 (1). 83–88.
- Launis, Martti – Lehtelä, Jouni 2011. Näkeminen ja kuuleminen. Teoksessa Launis – Lehtelä (toim.) *Ergonomia*. 87–102. Työterveyslaitos. Tampere: Tammerprint Oy.
- Lavric, Alenka – Pompe, Manca Tekavcic. 2014. Do blue-light filtering intraocular lenses affect visual function? *Optometry & Vision Science* 91 (11). 1348–1354.
- Leat, S. J. North, R. V. – Bryson, H. 1990. Do long wavelength pass filters improve low vision performance? *Ophthalmic and Physiological Optics*. 10(3). 219–224.
- Lee, Soejong – Kang, Hwayeong – Shin, Gwanseob 2014. Head flexion angle while using a smartphone. *Ergonomics* 58 (2). 220–226.
- Lemp, Michael – Benitez del Castillo, Jose 2013. Definition and classification of dry eye disease. Teoksessa Benitez del Castillo, Jose – Lemp, Michael (toim.) *Ocular Surface Disorders*. London: JP Medical. 21–26.
- Lin, Chin-Chiuan – Huang, Kuo-Chen 2009. Effects of color combination and ambient illumination on visual perception time with TFT-LCD. *Perceptual and Motor Skills* 109 (2). 607–625.
- Lin, Hsuan – Wu, Fong-Gong – Cheng, Yune-Yu 2013. Legibility and visual fatigue affected by text direction, screen size and character size on color LCD e-reader. *Displays* 34 (1). 49–58.
- Lindberg, Laura 2014. Akkommodaati spasmi. Näin hoidan. *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim* 130 (2). 168–173.
- Liu, Peter – Zafar, Fahad - Badano, Aldo 2014. The effect of ambient illumination on handheld display image quality. *Journal of Digital Imaging*. 27 (1). 12–18.
- Logaraj, M. – Madhupriya, V. – Hegde, S. 2014. Computer vision syndrome and associated factors among medical and engineering students in Chennai. *Annals of Medical and Health Sciences Research* 4 (2). 179–185.
- Long, Jennifer – Rosenfield, Mark – Helland, Magne – Anshel, Jeffrey 2014. Visual ergonomics standards for contemporary office environments. *Ergonomics Australia* 10 (1). 1–7.
- Lu, Ruibo – Wu, Shin-Tson – Hong, Qi; Wu, Thomas X. 2006. Wide viewing angle multi-domain In-Plane Switching LCD. *Molecular Crystal and Liquid Crystal Science and Technology* 453 (1). 379–392.
- Lumme, Hanna 2014. Kärsiikö lapsesi päänsärystä? Syynä voi olla runsas ruutu-aika. *Ylen verkkouutinen* 20.1.  
<[http://yle.fi/uutiset/karsiiko\\_lapsesi\\_paansarysta\\_syyna\\_voi\\_olla\\_runsas\\_ruutu\\_aika/7037282](http://yle.fi/uutiset/karsiiko_lapsesi_paansarysta_syyna_voi_olla_runsas_ruutu_aika/7037282)> Luettu 9.3.2015.
- Mainster, Martin – Turner, Patricia 2009. Blue-blocking intraocular lenses: Myth or reality? *American Journal of Ophthalmology* 147 (1). 8–10.



Mainster, Martin – Turner, Patricia 2010. Blue-blocking IOLs decrease photoreception without providing significant photoprotection. *Survey of Ophthalmology* 55 (3). 272–283.

Mainster, Martin – Turner, Patricia 2011. Blue-blocking IOLs vs. short-wavelength visible light: Hypothesis-based vs. evidence-based medical practice. *Ophthalmology* 118 (1). 1–2.

Mainster, Martin 2005. Intraocular lenses should block UV radiation and violet but not blue light. *Archives of Ophthalmology*. 123 (4). 550–555.

Mainster, Martin 2006. Blue-blocking intraocular lenses and pseudophakic scotopic sensitivity. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 32 (9). 1403–1404.

Maloney, Adam – Spano, Ryan 2014. Organic Light Emitting Diode Displays: Enabling the next generation of electronics. Verkkodokumentti. <<http://136.142.82.187/eng12/Chair/pdf/4092.pdf>> Luettu 14.2.2015.

Margrain, T.H. – Boulton, M. – Marshall, J. – Sliney, D. H. 2004. Do blue light filters confer protection against age-related macular degeneration? *Progress in Retinal and Eye Research* 23 (5). 523–53.

Marshall, John – Cionni, Robert – Davison, James – Ernest, Paul – Lehmann, Robert - Maxwell, Andrew - Solomon, Kerry 2004. Clinical results of the blue-light filtering AcrySof Natural foldable acrylic intraocular lens. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 31(12), 2319–2323.

McBride, Eric 2012. Super AMOLED vs Retina vs OLED vs LCD vs IPS: What's the difference? *AndroidPit*. Artikkele. Verkkodokumentti. <<http://www.androidpit.com/super-amoled-vs-retina-display>> Luettu 28.10.2014.

Meslin, Dominique 2010. *Ophthalmic Optic Files: Materials and Treatments*. Paris: Essilor Academy.

Mester, Ulrich - Holz, Frank - Kohnen, Thomas - Lohmann, Chris - Tetz, Manfred 2008. Intraindividual comparison of a blue-light filter on visual function: AF-1 (UY) versus AF-1 (UV) intraocular lens. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 34 (4). 608–615.

Millodot, Michel 2014. *Dictionary of optometry and visual science*. Sähköinen Google-kirja. Elsevier Health Sciences. Verkkodokumentti <<http://books.google.fi/books?hl=fi&id=3gygBAAQBAJ&q=asthenopia#v=snippet&q=asthenopia&f=false>> Luettu 24.2.2015.

Miyake-Kashima, Minori – Dogru, Murat – Nojima, Takayuki – Murase, Masayuki – Matsumoto, Yukihiro – Tsubota, Kazuo 2005. The effect of antireflection film use on blink rate and asthenopic symptoms during visual display terminal work. *Cornea*. 24 (5). 567–570.

Mobile Behavior Report 2014. Combining mobile device tracking and consumer survey data to build a powerful mobile strategy. *SalesForce Marketing Cloud*. Verkkodokumentti. <<http://www.exacttarget.com/sites/exacttarget/files/deliverables/etmc-2014mobilebehaviorreport.pdf>> Luettu 1.2.2015.

Muftuoglu, Orkun – Karel, Fatih – Duman, Rahmi 2007. Effect of a yellow intraocular lens on scotopic vision, glare disability, and blue color perception. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 33 (4). 658–666.

Mutti, Donald – Zadnik, Karla 1996. Is computer use a risk factor for myopia? *Journal of the American Optometric Association*. 67 (9). 521–530.

Na, Nooree – Jiho, Jang – Hyeon-Jeong, Suk 2014. Dynamics of backlight luminance for using smartphone in dark environment. *Proceedings Article. Human Vision and Electronic Imaging 9014 (XIX)*. SPIE Digital Library. Verkkodokumentti <<http://proceedings.spiedigitallibrary.org/proceeding.aspx?articleid=1838217>>

Nakamori, Katsu – Odawara, Mikiko – Nakajima, Toshiaki – Mizutani, Taku – Tsubota, Kazuo 1997. Blinking is controlled primarily by ocular surface conditions. *American Journal of Ophthalmology* 124 (1). 24–30.

Näsänen, Risto 2007. *Visuaalisen käytettävyyden opas*. 3. painos. Aivot ja työ-tutkimuslaitos. Työterveyslaitos.

Neumaier-Ammerer, Beatrix – Felke, Stefan – Hagen, Stefan – Haas, Paulina – Zeiler, Florian – Mauler, Harald – Binder, Susanne 2010. Comparison of visual performance with blue light-filtering and ultraviolet light-filtering intraocular lenses. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 36 (12). 2073–2079.

Newton, Kara-Junior – Lopes Jardim, Juliana – de Oliveira Leme, Eliana – Dall'Col, Marcelo – Susanna Júnior, Remo 2006. Effect of the AcrySof Natural intraocular lens on blue–yellow perimetry. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 32 (8). 1328–1330.

Newton, Kara-Junior – Espindola, Rodrigo – Gomes, Beatriz – Ventura, Bruna – Smadja, David – Santhiago, Marcony. 2011 Effects of blue light-filtering intraocular lenses on the macula, contrast sensitivity, and color vision after a long-term follow-up. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 37(12). 2115–2119.

Nilsson, Sven Erik 2004. Are there advantages in implanting a yellow IOL to reduce the risk of AMD? *Acta Ophthalmologica Scandinavica* 82 (2). 123–125.

Noppiari, Elina 2014. *Mobiilimuksut. Lasten ja nuorten mediaympäristön muutos*. Osa 3. Tampere: Comet.

North, Rachel 2001. *Work and the eye*. 2 painos. Oxford: Butterworth Heinemann.

Nyman, Juhana 2014. Nuoret lähettävät tekstareita vain vanhemmilleen. *Aamulehti* 28.10.2014. Ihmiset B2–B3.

Ojanpää, Helena – Näsänen, Risto 2003. Effects of luminance and colour contrast on the search of information on display devices. *Displays* 24 (4–5). 167–178.

Oliveira, Sílvia. – Jorge, Jorge – González-Mèijome José M. 2012. Dynamic accommodative response to different visual stimuli (2D vs 3D) while watching television and while playing Nintendo 3DS console. *Ophthalmic and Physiological Optics* 32 (5). 383–389.

Ou, Li-Chen – Sun, Pei-Li – Huang, Hsin-Pou – Luo, Ronnier M. 2014. Visual comfort as a function of lightness difference between text and background: A cross-age study

using an LCD and a tablet computer. *Color Research & Application*. Julkaistu ennen lehden ilmestymistä. 5.3.2014.

Park, T.Y. – Lee, C.H. – Ha, Y.H. 2008. Evaluation of color reproduction characteristics of TFT-LCD and AMOLED for mobile phone. *The Journal of the Institute of Electronics Engineer of Korea* 45 (1). 29–37.

Peltola, Terhi 2014. Hoya. Myytkö tuotteen vai ratkaisun. Luento. Metropolia ammatti-korkeakoulu. 16.4.

Pensyl, Denise 2008. Preparations for dry eye and ocular surface disease. Teoksessa Jimmy Bartlett – Jaanus Siret (toim.) *Clinical Ocular Pharmacology*. Fifth edition. St. Louis: Butterworth Heinemann. 263–278.

Piepenbrock, Cosima – Mayr, Susanne – Mund, Iris – Buchner, Axel 2013. Positive display polarity is advantageous for both younger and older adults. *Ergonomics* 56 (7). 1116–1124.

Pisto, Ville. 2014. Näin katsot näyttöä oikein - silmien rasitus vie lapsia optikolle. Yle Kymenlaakso verkkouutinen  
<[http://yle.fi/uutiset/nain\\_katsot\\_nayttoa\\_oikein\\_\\_silmiens\\_rasitus\\_vie\\_lapsia\\_optikolle/7326074](http://yle.fi/uutiset/nain_katsot_nayttoa_oikein__silmiens_rasitus_vie_lapsia_optikolle/7326074)> Luettu 30.6.2014.

Pölönen, Monika – Salmimaa, Marja – Häkkinen, Jukka 2011. Effect of ambient illumination on perceived autostereoscopic display quality and depth perception. *Displays* 32 (3). 135–141.

Poor, Alfred 2004. What's new with displays? *PC Magazinen verkkouutinen*  
<<http://www.pcmag.com/article2/0,2817,1566095,00.asp>> Luettu 24.2.2015.

Portello, Joan K. – Rosenfield, Mark – Bababekova, Yuliya – Estrada, Jorje M. – Leon, Alejandro. 2012. Computer-related visual symptoms in office workers. *Ophthalmic & Physiological Optics* 32 (5). 375-382.

Portello, Joan K. – Rosenfield, Mark - Chu, Christina A. 2013. Blink rate, incomplete blinks and computer vision syndrome. *Optometry & Vision Science* 90 (5). 482–487.

Portello, Joan K. – Rosenfield, Mark 2010. Effect of Blink Rate on Computer Vision Syndrome. *Investigative Ophthalmology & Vision Science* 51 (E-abstract 950)  
<<http://abstracts.iovs.org/cgi/content/short/51/5/950>> Luettu 1.3.2015.

Qiu, Jingjing - Jin, Chun – Lin, Yandan – Gao, Yanpin – Tsou, Chungche 2014. Effects of display screen type on perception and visual performance. Does AMOLED screen perform better than LCD screen. *International Conference on Logistics Engineering, Management and Computer Science*. Shanghai: LEMCS.

Rempel, David – Willms, Kirsten – Anshel, Jeffrey – Jaschinski, Wolfgang – Sheedy, James 2007. The effects of visual display distance on eye accommodation, head posture, and vision and neck symptoms. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*. 49 (5). 830–838.

Rogerson, James 2014. Super AMOLED vs super LCD: top smartphone screens compared. What's so super about them. *Techradar*. Technology, Tested. Future Publishing Limited. Verkkodokumentti. <<http://www.techradar.com/news/phone-and->

communications/mobile-phones/super-amoled-vs-super-lcd-the-big-screens-compared-1226721> Luettu 18.2.2015.

Roine, Risto 1999. Systemaattisen kirjallisuuskatsaukset terveydenhuollon menetelmien arvioinnissa. Tieteestä käytäntöön. Systemaattiset kirjallisuuskatsaukset terveydenhuollossa. FinOHTAn raportti 11. Varonen Helena – Semberg, Virpi – Teikari, Martti (toim.) Helsinki: Stakesin monistamo.

Rosenblum, Y.Z. – Zak, P.P. – Ostrovsky, M. A. – Smolyaninova, I. L. – Bora, E. V. – Dyadina, U. V. – Trofimova, N. N. – Aliyev, A.-G. D. 2000. Clinical research note: Spectral filters in low-vision correction. *Ophthalmic & Physiological Optics* 20 (4). 335–341.

Rosenfield, Mark – Gurevich, Regina – Wickware, Elizabeth – Lay, Mark 2010. Computer Vision Syndrome: Accommodative & Vergence Facility. *Journal of Behavioral Optometry* 21 (5). 119–122.

Rosenfield, Mark – Hue, Jennifer – Huang, Rae – Bababekova, Yuliya 2012a. The effects of induced oblique astigmatism on symptoms and reading performance while viewing a computer screen. *Ophthalmic and Physiological Optics* 32 (2). 142–148.

Rosenfield, Mark – Howarth, Peter A. – Sheedy, James E. – Crossland, Michael D. 2012b. Vision and IT displays: a whole new world. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 32 (5). 363–366.

Rosenfield, Mark 2011. Computer Vision Syndrome. A review of ocular causes and potential treatments. *Ophthalmic and Physiological Optics* 31 (5). 502–515.

Saha, Anindita – Liang, Hongye – Vogel, Rebecca – Badano, Aldo 2008. Assessment of mobile technologies for displaying medical images. *Journal of Display Technology* 4 (4). 415–423.

Salminen, Ari 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. Opetusjulkaisuja 62. Julkisohtaminen 4. Verkkodokumentti <[http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-349-3.pdf](http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf)> Luettu 3.3.2015.

Sasseville, Alexandre – Paquet, Nathalie – Sévigny, Jean – Hébert, Marc 2006. Blue blocker glasses impede the capacity of bright light to suppress melatonin production. *Journal of Pineal Research* 41 (1). 73–78.

Savela, Sanna 2015. Voiko sinisen valon hurma olla silmien turma? Ylen verkkouutinen 15.2. <[http://yle.fi/uutiset/voiko\\_sinisen\\_valon\\_hurma\\_olla\\_silmien\\_turma/7802518](http://yle.fi/uutiset/voiko_sinisen_valon_hurma_olla_silmien_turma/7802518)>. Luettu 16.2.2015.

Schiesser, Tim 2012. Guide to smartphone hardware: Displays. Neowin. Verkkodokumentti. <<http://www.neowin.net/news/guide-to-smartphone-hardware-47-displays>> Luettu 30.6.2014.

Schindler, Sebastian 2014. How Finland's Online users consume content across mobile devices. ComScore. Mobile metrix unified digital measurement. Verkkodokumentti. <<http://www.comscore.com/Insights/Data-Mine/How-Finland-Online-Users-consume-Content-across-Mobile-Devices>> Luettu 1.2.2015.

Schlote, T. – Kadnor, G. – Freudenthaler, N. 2004. Marked reduction and distinct patterns of eye blinking in patients with moderately dry eyes during video display terminal use. *Graefe's Arch of Clinical and Experimental Ophthalmology* 242 (4). 306–312.

Schmack, Ingo – Schimpf, Matthias – Stolzenberg, Adrian – Conrad-Hengerer, Ina - Hengerer, Fritz - Dick, Burkhard 2012. Visual quality assessment in patients with orange-tinted blue light-filtering and clear ultraviolet light-filtering intraocular lenses. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 38(5). 823–832.

Schmidinger, Gerald – Menapace, Rupert – Pieh, Stefan 2008. Intraindividual comparison of color contrast sensitivity in patients with clear and blue-light-filtering intraocular lenses. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 34 (5). 769–773.

Schwartz, Steven 2010. *Visual perception: a clinical orientation*. 4. painos. New York: McGraw-Hill.

Schwiegerling, Jim 2006. Blue-light-absorbing lenses and their effect on scotopic vision. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 32 (1). 141–144.

Sheedy, James – Shaw-McMinn, Peter G. 2003. *Diagnosing and treating computer-related vision problems*. Amsterdam: Butterworth Heinemann.

Sheedy, James E. – Hayes, John – Engle, Jon 2003. Is all asthenopia the same? *Optometry and Vision Science* 80 (11). 732–739.

Sheedy, James E. – Smith, Rob – Hayes, John 2005. Visual effects of the luminance surrounding a computer display. *Ergonomics* 48 (9). 1114–1128.

Shieh, KK. – Lee DS. 2007. Preferred viewing distance and screen angle of electronic e-paper displays. *Applied Ergonomics* 38 (5). 601–608.

Simola, Jaana – Laarni, Jari – Näsänen Risto – Kojo, Ilpo 2002. Reading vertical text from a computer monitor: the role of eye movements. *Perception* 31 (supplement). 1–90.

Simunovic, Matthew 2012. On seeing yellow. The case for and against short-wavelength light -absorbing intraocular lenses. *Archives of Ophthalmology*. 130 (7). 919–926.

Straker, Leon – Pollock Clare – Zubrick, Stephen R. – Kurinczuk Jennifer J. 2006. The association between information and communication technology exposure and physical activity, musculoskeletal and visual symptoms and socio-economic status in 5-year-olds. *Child Care Health and Development* 32 (3). 343–351.

Subbaram, Venkiteshwar M. 2004. *Effect of display and text parameters on reading performance*. Väitöskirja. The Ohio State University. Doctor of Philosophy.

Suomen virallinen tilasto (SVT) 2013. Väestön tieto- ja viestintätekniikan käyttö. Yli neljännes 75–89-vuotiaista käyttää internetiä. Tilastokeskus: Helsinki. Verkkodokumentti.

<[http://www.stat.fi/til/sutivi/2013/sutivi\\_2013\\_2013-11-07\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/sutivi/2013/sutivi_2013_2013-11-07_tie_001_fi.html)> Luettu 23.7.2014.

Suomen virallinen tilasto (SVT) 2014. Väestön tieto- ja viestintätekniikan käyttö 2014. Puolet suomalaisista mukana yhteisöpalveluissa. Helsinki: Tilastokeskus. Verkkodokumentti. <[http://www.stat.fi/til/sutivi/2014/sutivi\\_2014\\_2014-11-06\\_fi.pdf](http://www.stat.fi/til/sutivi/2014/sutivi_2014_2014-11-06_fi.pdf)> Luettu 1.2.2015.

Tai, Yu-Chi — Sheedy, James – Corriveau, Philip 2010. Effects of font size and display quality on reading performance and visual discomfort of developmental readers. Tiivistelmä luennosta American Optometric Foundation -koulutuspäiviltä 17.11.2010. Vision Science. American Academy of Optometry.

Takala, Sami. 2014. Alle 30-vuotiaan silmät voivat olla kuin keski-ikäisellä. Helsingin Sanomien verkkouutinen <<http://www.hs.fi/terveys/a1403675061494>> Luettu 26.6.2014.

Talouselämä 2014. Riski terveydelle: Älypuhelimien käyttäjä ei räpäytä silmiään riittävän usein. Talouselämän verkkouutinen <<http://www.talouselama.fi/uutiset/riski+terveydelle+alypuhelimien+kayttaja+ei+rapayta+silmiaan+riittavan+usein/a2224205>> Luettu 23.2.2015.

Talwar, Richa – Kapoor, Rohit – Puri, Karan – Bansal, Kapil – Singh, Saudan 2009. A study of visual and musculoskeletal health disorders among computer professionals in NCR Delhi. Indian Journal of Community Medicine 34 (4). 326–338.

Tautiluokitus ICD-10 2011. Komulainen, Jorma (toim.) Luokitukset, termistöt ja tilasto-ohjeet. 3. painos. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Mikkeli: Edita.

Teräsvirta, Markku 2011. Mykiö ja sen taittovoima. Teoksessa Saari, Matti K. (toim.) Silmätautioppi. 6. uudistettu painos. Keuruu: Kandidaatikustannus.

Thorud, Hanne-Mari – Schiøtz, Helland Magne – Aarås, Arne – Kvikstad, Tor Martin – Lindberg, Lars Göran – Horgen, Gunnar 2012. Eye-related pain induced by visually demanding computer work. Optometry and Vision Science 89 (4). 452–464.

Tien-Yan, Ma – Chin-Yang, Lin – Shu-Wei, Hsu – Che-Wei, Hu – Ting-Wei, Hou 2012. Automatic brightness control of the handheld device display with low illumination. Computer Science and Automation Engineering. IEEE International Conference (2). 382–385. Shanghai: IEEE.

Tienhaara, Hilikka 2015. Led-valo voi aiheuttaa silmänpohjan rappeumaa. Iltalehden verkkouutinen <[http://www.iltalehti.fi/terveys/2015010518977105\\_tr.shtml](http://www.iltalehti.fi/terveys/2015010518977105_tr.shtml)> Luettu 6.1.2015.

Topelius, Tuuli 2014. Älypuhelimet pahasta? Jatkuva näppäily voi aiheuttaa "tekstariniskan". Iltasanomien verkkouutinen <<http://www.iltasanomat.fi/terveys/art-1288788575307.html>> Luettu 1.12.2014.

Torsheim, Torbjørn – Eriksson, Lilly – Schnohr, Christina W. – Hansen, Fredrik – Bjarnason, Thoroddur – Välimaa, Raili 2010. Screen-based activities and physical complaints among adolescents from the Nordic countries. BMC Public Health 10 (324). 1–8.

Tosha, C. – Borsting, E. – Ridder, WH. – Chase, C. 2009. Accommodation response and visual discomfort. Ophthalmic and Physiological Optics 29 (6). 625–633.



- Trusiewicz, D. – Niesluchowska, M. – Makszewska-Chetnit, Z. 1995. Eye-strain symptoms after work with a computer screen. *Klin Oczna* 97 (11-12). 343–345.
- Ueda, Toshihiko – Nakashini-Ueda, Takako – Yasuhara, Hajime – Koide, Ryohei – Dawson, William 2009. Eye damage control by reduced blue illumination. *Experimental Eye Research*. 89 (6). 863–868.
- Uchino, Miki – Nishiwaki, Yuji – Michikawa, Takehiro – Shirakawa, Kazuhiro – Kuwahara, Erika – Yamada, Mutsuko – Dogru, Murat – Schaumberg, Debra A. – Kawakita, Tetsuya – Takebayashi, Toru – Tsubota, Kazuo 2011. Prevalence and risk factors of dry eye disease in japan: Koumi study. *Ophthalmology* 118 (12). 2361–2367.
- Uchino, Miki – Schaumberg, Debra – Dogru, Murat – Uchino, Yuichi – Fukagawa, Kazumi – Shimmura, Shigeto – Satoh, Toshihiko – Takebayashi, Toru – Tsubota, Kazuo 2008. Prevalance of dry eye disease among japanese visual display terminal users. *Ophtamalogy* 115 (11). 1982–1988.
- Valtavaara, Marjo 2014. Puhelin tulee mukaan suihkuunkin. Vanhempien mielestä lasten ja nuorten puhelimen käyttöä on rajoitettava. *Helsingin Sanomat* 15.1. <<http://www.hs.fi/kotimaa/a1389735336119>> Luettu 19.2.2015.
- van de Kraats, Jan – van Norren, Dirk 2007. Sharp cutoff filters in intraocular lenses optimize the balance between light reception and light protection. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 33 (5). 879–887.
- van der Lely, Stéphanie – Frey, Silvia – Garbazza, Corrado – Wirz-Justice, Anna – Jenni, Oskar – Steiner, Roland – Wolf, Stefan – Cajochen, Christian – Bromundt, Vivien – Schmidt, Christina 2015. Blue blocker glasses as a countermeasure for alerting effects of evening light-emitting diode screen exposure in male teenagers. *The Journal of Adolescent Health* 56 (1). 113–119.
- Vesselkov, Alexandr – Riikonen, Antti – Hämmänen, Heikki 2014. Mobile handset population in Finland 2005–2013. *Selvitys. Aalto-yliopisto. Tietoliikenne- ja tietoverkko-tekniikan laitos.*
- Vuorenmaa, Niina 2010. Erytyisyölasien vaikutus näköön liittyviin rasituserisiin näytöpäätetyössä. Pro Gradu -tutkielma. Itä-Suomen yliopisto. Lääketieteellinen tiedekunta. Biolääketieteen laitos. *Ergonomia*.
- Walker, Daniel – Vollmer-Snarr, Heidi – Eberting, Cheryl Lee 2012. Ocular hazards of blue-light therapy in dermatology. *Journal of the American Academy of Dermatology* 66 (1). 130–135.
- Wang, David – Awad, John – Yee, Richard 2013. Computer vision syndrome. 125–131. Teoksessa Benitez del Castillo, Jose – Lemp, Michael (toim.) *Ocular Surface Disorders*. London: JP Medical.
- Wang, Haiwei – Wang, Jun – Fan, Wenying – Wang, Wenying 2010. Comparison of photochromic, yellow, and clear intraocular lenses in human eyes under photopic and mesopic lighting conditions. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 36 (12). 2080–2086.
- Wirtitsch, Matthias – Schmidinger, Gerald – Prskavec, Martin – Rubey, Martin – Skorpik, Florian – Heinze, Georg – Findl, Oliver – Karnik, Nadja 2009. Influence of



blue-light-filtering intraocular lenses on color perception and contrast acuity. *Ophthalmology* 116 (1). 39–45.

Wood, Brittany – Rea, Mark – Plitnick, Barbara – Figueiro, Mariana 2013. Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. *Applied Ergonomics* 44 (2). 237–240.

Wright, Lynn 2011. *Laptops and mobile devices made easy*. Lontoo: Which? Books.

Yaginuma, Yasuyuki – Yamada, Hiroto – Nagai, Hiroshi 1990. Study of relationship between lacrimation and blink in VDT work. *Ergonomics* 33 (6). 799–809.

Yan, Zheng – Hu, Liang – Chen, Hao – Lu, Fan. 2008. Computer vision syndrome: A widely spreading but largely unknown epidemic among computer users. *Computers in Human Behavior* 24. 2026–2042.

Yang, Sheu – Shuguang, Kuai – Weixi, Zhou – Sheng, Peng – Mi, Tian – Kangjun, Liu – Xingtao, Zhou 2014. Study of Preferred Background Luminance in watching computer screen in children. *Chinese Medical Journal* 127 (11). 2073–2077.

Yang, Shun-nan – Tai, Yu-Chi – Hayes, John R. – Sheedy, Jim 2011. Superior smartphone display quality enhances viewing performance and comfort. *Faculty Scholarship. Pacific University CommonKnowledge. College of Optometry*.

Ylönen, Raimo 2014. Vertailu: Älypuhelimet 350–700 euroa. *Tekniikan Maailma* (23). 10–17.

Young, Justin G. – Trudeau, Matthieu – Odell, Dan – Marinelli, Kim – Dennerlein, Jack T. 2012. Touch-screen tablet user configurations and case-supported tilt affect head and neck flexion angles. *Work* 41 (1). 81–91.

Young, Scott – Sands, Joshua 1998. *Sun and the eye: Prevention and detection of light-induced disease*. New York: Elsevier.

Yuan, Zhaoxu – Reinach, Peter – Yuan, Jiaqin 2004. Contrast sensitivity and color vision with a yellow intraocular len. *American Journal of Ophthalmology* 138 (1). 138–140.