



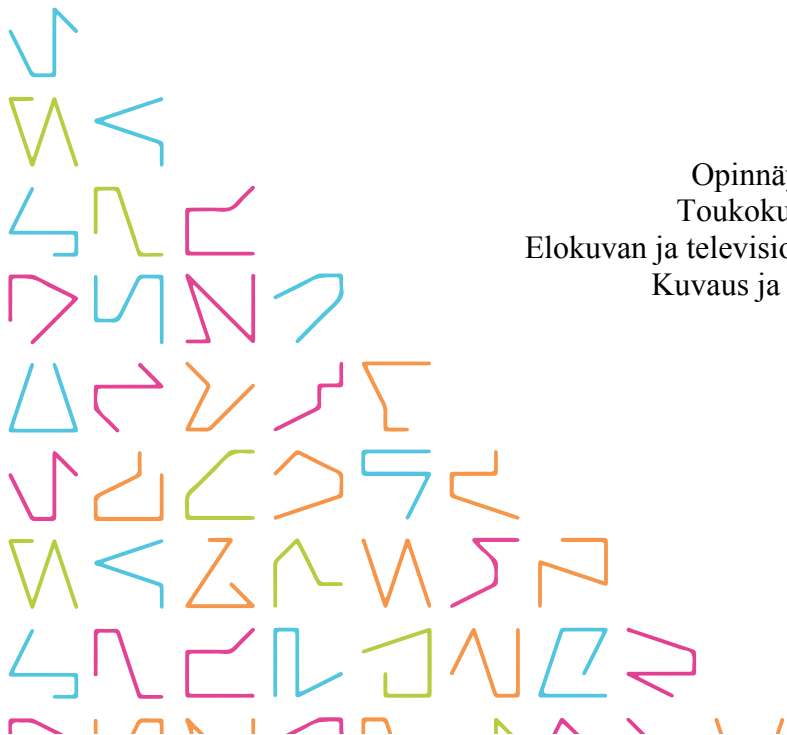
TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

OBJEKTIIVI, KAMERAN SILMÄ

Navigointiopas elokuvaobjektiivien maailmaan

Johanna Holvikallio

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018
Elokuvan ja television koulutusohjelma
Kuvaus ja kuvavalo



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Elokuvan ja television koulutusohjelma
Kuvaus ja kuvavalo

HOLVIKALLIO, JOHANNA:
Objektiivin, kameran silmä
Navigointioppas elokuvaobjektiivien maailmaan

Opinnäytetyö 71 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Toukokuu 2018

Opinnäytetyössä on pyritty esittelemään elokuvaobjektiiveja kattavasti ja luomaan lukijalle kuva objektiivin toiminnasta, erilaisista objektiivityypeistä ja objektiivin valintaan vaikuttavista tekijöistä. Opinnäyte on tarkoitettu oppaaksi elokuvaobjektiivin käyttäjälle, niitä erilaisiin tuotantoihin valitseville ja optisista ominaisuuksista kiinnostuneille. Opinnäyte on rakennettu sekä kirjallisista lähteistä että työssäni hankitusta kokemuksesta ammennetulle tietopohjalle. Tavoitteena on ollut luoda kattava, mutta rajattu kuvaus elokuvaobjektiiveista, eikä työssä ole näin ollen syvennytty esimerkiksi kameratekniikkaan, optisiin apuvälineisiin tai kuvaajien henkilökohtaisiin objektiivivalintoihin.

Objektiivin on yhdestä tai useammasta linssielementistä koostuva optinen laite, jonka tarkoituksena on kerätä siihen kohdistuvat valonsäteet ja taittaa ne kohtaamaan toisensa objektiivin takana. Objektiivin polttoväli ja polttotason koko määrittävät kuvan katselukulman. Erilaiset objektiivirakenteet, pinnoitteet ja –materiaalit muokkaavat objektiivin piirto- ja kuvakäyttöä. Objektiiveja voidaan arvioida ja vertailla paitsi silmämääräisesti, myös erilaisien apuvälineiden, kuten siirtofunktioiden, testitaulujen ja projisoinnin avulla. Työssä käsitellään objektiiveihin liittyviä lainalaisuuksia, objektiivityyppejä, piirtoon vaikuttavia tekijöitä, polttovälin dramaturgiaa ja objektiivien valintaan liittyviä teknisiä vaatimuksia.

Elokuvaobjektiivit ovat monimutkaisia optisia laitteita, joissa piilee monia hienovaraisia ja vaikuttavia ilmaisukeinoja. Objektiivivalintaa tehdessä tulisi aina ottaa huomioon paitsi objektiivin tekninen suorituskyky, myös monet tuotanto-, kamera- ja kuvaajakohtaiset vaatimukset. Elokuvakuvaajan ei tarvitse olla fyysikko tai ymmärtää tekniikkaa kuvanmuodostuksen takana yksityiskohtaisesti, mutta työvälineiden kunnollinen tunteminen auttaa käyttämään hyödyksi kokonaisvaltaisesti niiden ilmaisuvoimaa.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Culture and Arts
Film and Television

HOLVIKALLIO, JOHANNA:
The Eye of the Camera
Handbook to the World of Cine Lenses

Bachelor's thesis 71 pages, appendices 3 pages
May 2018

The Cinema Lens is the eye of the camera, a powerful tool for the cinematic storyteller. It's also usually one of the less understood parts of the imaging pipeline. There's a lot of hidden creative potential these sophisticated optical systems will provide for the cinematographer who knows how to use them. Currently there has not been written any comprehensive guide to understanding cinema lenses and their technical and creative properties in Finnish language.

This thesis aspired to shed a light to the main functionalities of a cinema lens with the basic physics and optic principles affecting them – not to forget the aesthetic and dramatic possibilities that the lenses can offer. The aim of this study was to be a guide to those wanting to understand and work with cinema lenses.

The main sources of this thesis consisted of optics reference books, photography guides, cinematography articles and publications by optical engineers. Thesis was written combining the theoretic knowledge and personal work experience as a Lens Technician to create a guide to choosing lenses for different cinematic productions and explaining the basic steps in choosing a lens.

Picking out the perfect lens for a film is often a personal one, but knowing the principles applying all lens systems will help the process. There's plenty of tools for estimating the quality and optic properties of lenses, like MTF-curves, lens projectors and test charts. However, nothing compares to a test shoot with the wanted subject and proper lighting. The human eye is the best tool for selecting an eye for the camera.

Key words: lens, optics, cinematography, focal length

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	OBJEKTIIVI.....	8
2.1	Elokuvaobjektiivien historia lyhyesti	8
2.2	Objektiivin toimintaperiaatteet	10
2.2.1	Valo.....	11
2.2.2	Linssi.....	12
2.2.3	Polttoväli.....	13
2.2.4	Aukko.....	14
2.2.5	Polttotaso ja piirtoympyrä.....	15
2.2.6	Tarkennus ja syväterävyys.....	16
2.3	Objektiivityyppejä	19
2.3.1	Prime – ja zoom-objektiivit	20
2.3.2	Anamorfiset objektiivit	21
2.3.3	Sfääriset ja asfääriset objektiivit	23
2.3.4	Erikoisobjektiivit.....	23
3	OBJEKTIIVIN PIIRTO	25
3.1	Aberraatiot – optiset poikkeamat.....	25
3.1.1	Palloaberraatio, koma ja hajataitto.....	25
3.1.2	Väriaberraatio	27
3.1.3	Tason kaareutuma	29
3.1.4	Vääristymä	30
3.2	Epäterävä alue ja bokeh	32
3.2.1	Bokehin muoto.....	33
3.3	Kontrasti ja resoluutio	34
3.4	Vinjetointi.....	34
3.5	Heijastukset: flare spotit ja aavekuvat	35
3.5.1	Linssien pinnoitus	36
3.5.2	Heijastusten välttäminen.....	37
3.5.3	Heijastumien dramaturginen käyttö	37
4	POLTTOVÄLIN DRAMATURGIA	39
4.1	Polttovälityypit ja kuvakulma.....	39
4.1.1	Normaaliobjektiivi	39
4.1.2	Laajakulmaobjektiivi	41
4.1.3	Kauko-objektiivi	42
4.2	Polttovälin dramaturginen käyttö	43
4.2.1	Kasvot.....	43

4.2.2	Etäisyydet, tila ja liike.....	44
4.2.3	Sama kuvakulma läpi elokuvan	47
5	ELOKUVAOBJEKTIIVIN VALITSEMINEN	49
5.1	Tekniset vaatimukset	49
5.1.1	Yhteensopivuus.....	49
5.1.2	Lähitarkennusetäisyys ja valovoima	50
5.1.3	Linssikotelo ja objektiivin fyysinen koko.....	51
5.1.4	Linssidata	53
5.2	Objektiivin optisten ominaisuuksien arviointi.....	53
5.2.1	Projisointi.....	55
5.2.2	Testitaulut	56
5.3	Testikuvaukset.....	58
5.3.1	Toiminnallisuus.....	60
5.3.2	Näyttelijät.....	60
5.3.3	Tuotannon tarpeet	61
5.3.4	Flaret ja bokeh.....	62
6	POHDINTA	63
	LÄHTEET.....	65
	LIITTEET	69
	Liite 1. Esimerkkejä monielementtisistä objektiivirakenteista	69
	Liite 2. Iiriksen muoto ja bokeh, Lensbaby.....	70
	Liite 3. Polttoväli ja kasvot	71

1 JOHDANTO

Elokuvan maailma näyttäytyy katsojalle ruutuun rajattuna. Katsomme toiseen maailmaan elokuvakameran silmän, objektiivin läpi. Se määrittää, mitä näemme, miten sen näemme ja mistä kulmasta. Jos objektiivi on sumea, on näkömmeikin sumentunut. Jos objektiivi häikäistyy, meidänkin katseemme on häikäistynyt. Jos objektiivi peitetään, olemme sokeita.

Objektiivi on yhdestä tai useammasta linssielementistä koostuva optinen laite, jonka tarkoituksena on kerätä siihen kohdistuvat valonsäteet ja taittaa ne kohtaamaan toisensa objektiivin takana. Vaikka objektiivit toimivat kaikki pohjimmiltaan samalla tavalla, erilaiset objektiivit toistavat kohteet eri lailla. Esimerkiksi objektiivin polttoväliä vaihtamalla hallitaan katselukulmaa: asioita voidaan rajata pois kuvasta, etäisyyksiä voidaan häivyttää tai liioitella tai kuvan mittasuhteita vääristää. Erilaiset objektiivit voivat myös toistaa kohteen vaikkapa pehmeämmin, tarkemmin tai kontrastisemmin. Elokuvaobjektiivi onkin valjastettuna voimakas työväline tarinoita kuvin kertovalle. Sitä voisi verrata taidemaalarin siveltimeen - valinnalla on hienovarainen, mutta kokonaisvaltainen vaikutus lopputulokseen.

Tämän opinnäytetyön aihevalinta on pohjimmiltaan hyvin henkilökohtainen: objektiivit ovat kiehtoneet minua vuosia valokuvaharrastajana ja tällä hetkellä työskentelen elokuvakalustovuokraamossa optiikkaan erikoistuen. Työelämässä huomasin, kuinka vähän keskimäärin ymmärrämme elokuvaobjektiveja, yhtä elokuvaajan yhtä tärkeimmistä työkaluista. Objektiveista on kirjoitettu kattavasti ja ymmärrettävästi verrattain vähän, elokuvaukseen tarkoitetuista objektiveista vielä vähemmän. Valokuvausoppaissa käsitellään yleensä perusteet ja tieteellisissä julkaisuissa käsitellään optiikkaa kaavojen ja lainalaisuuksien kautta, suunnittelijan näkökulmasta.

Opinnäytteen tavoite on toimia oppaana elokuvaobjektiveihin tutustuvalla, niitä erilaisiin tuotantoihin valitseville ja niiden ominaisuuksista kiinnostuneille. Opinnäyte pyrkii koostamaan tietoa elokuvaobjektiveista suomeksi yksien kansien sisään ja esitellä niiden ominaisuuksia käytännönläheisesti niin itselleni, kuin muillekin alan ammattilaisille ja opiskelijoille. En syvenny opinnäytetyössäni kameratekniikkaan, optisiin apuvälineisiin

tai objektiivien rakenteellisiin eroihin. En myöskään esittele objektiivivalmistajia tai objektiivisarjoja. Esittelen objekteihin liittyviä lainalaisuuksia, objektiivityyppejä, piirtoon vaikuttavia tekijöitä, polttovälin dramaturgiaa ja objektiivien valintaan liittyviä teknisiä vaatimuksia. Tarkoitus on luoda kattava kuva objektiivin toiminnasta, erilaisista objektiivityypeistä ja objektiivin valintaan vaikuttavista tekijöistä. Opinnäytetyö perustuu sekä kirjallisista lähteistä, kuten valokuvausoppaista, objektiivivalmistajien julkaisuista ja optiikan hakuteoksista, että työssäni hankitusta kokemuksesta ammennettuun tietoon.

2 OBJEKTIIVI

Tässä luvussa käsittelen objektiivin historiaa, tarkoitusta ja ominaisuuksia sekä läpikäyn olennaisia käsitteitä. Objektiivin, tai puhekielessä linssi, on polttotason, eli kamerassa filmin tai digitaalisen sensorin eteen asetettava laite, jonka tehtävä on kerätä valonsäteitä ja taittaa ne kaikki tapaamaan objektiivin takana vastaavassa kohdassa polttotasoa. Näin objektiivin ja kameran polttotaso toimivat ikään kuin ihmissilmän tavoin muodostamalla kuvan heijastuvista valonsäteistä.

2.1 Elokuvaobjektiivien historia lyhyesti

Objektiivien historia on valokuvauksen historiaa. Valokuvauksen ensiaskeleet 1700- ja 1800-luvun taitteessa esittelivät myös ensimmäiset kameraan kiinnitettävät linssit. Valokuvauksen pioneerien Thomas Wedgwoodin, Nicéphore Niépce'n, Henry Fox Talbotin ja Louis Daguerren käyttämät objektiivit olivat yksinkertaisia, kaksoiskoveria pinnoittamattomia linssejä. (Hedgecoe 1979, 20 – 25.) Ne tarvitsivat todella paljon valoa muodostaakseen kuvan, mikä tarkoitti pitkiä valotusaikoja ja liikkumattomia kohteita. Optiset vääristymät olivat sääntö eikä poikkeus. Nämä ensimmäiset kuvan toistamiseen tarkoitetut objektiivit oli suunniteltu mikroskooppien ja teleskooppien käyttöön n. 25 vuotta ennen valokuvauksen keksimistä. (Kingslake 1989, 23.)

Rudolf Kingslake (1989, 7), tunnustettu akateemikko ja linssi-insinööri, kuvaa objektiivien kehityshistoriaa ristikkäisten virtausten massaksi. Erilaisia rakenteellisia tyyppejä kehitettiin samanaikaisesti erilaisiin tarkoituksiin: suurilla aukoilla kuvaamiseen tarkoitetut objektiivit, laajan kuva-alan kattavat objektiivit ja kuvan suurentamiseen tarvittavan tarkkuuden tarjoavat objektiivit olivat kaikki omia kehityssuuntauksiaan. Vasta lähihistoriassa objektiivitekniikan kehitys on tarjonnut mahdollisuuden samanaikaisesti valovoimaisiin, korkearesoluutioisiin ja laajan kuva-alan kattaviin linsseihin. (Kingslake 1989, 7.)

Nykyään käytettävissä objektiiveissa linssielementtejä on lähes poikkeuksetta useampi kuin yksi. Ensimmäiset useamman linssielementin objektiivit kehitettiin 1800-luvun puo-

livälissä (Kingslake 1989, 36). Nämä objektiivit kehitettiin alun perin vastaamaan muotokuvauksen tarpeisiin. Teleobjektiivit, joille tyypillistä on positiivisten etuelementtien ja negatiivisten takaelementtien muodostama järjestelmä, tulivat valokuvaajien käyttöön vasta 1800-luvun loppupuolella. (Kingslake 1989, 133). Useamman linssielementin käyttö mahdollistaa laajemman polttovälien kirjon, vääristymien ja optisten poikkeamien korjaamisen ja suuremman valovoiman.

Elokuvan synty 1900-luvun alussa loi tarpeen sekä nopeammille että vaihtelevan polttovälin linssille. Maailmansotien välisenä aikana markkinoille tuli ennenkuulumattoman nopeita f 2.0.-linssijä ja ensimmäiset alkukantaiset zoom-objektiivit suunniteltiin 35mm:n filmituotantojen käyttöön. Myös 16mm ja 8mm filmille valmistettiin harrastelijoille suunnattuja, edullisempia objektiiveja. (Kingslake 1989, 8 – 9.) Samaan aikaan Ernesto Zollinger ja Henri Chrétien kehittivät ensimmäiset anamorfiset adapterilinsit (Kingslake 1989, 184).

Objektiivien laatu parani huomattavasti erilaisten heijastuksia minimoivien linssipinnoitteiden keksimisen myötä. Tärkein kehitysaskel linssien pinnoittamisessa oli Zeissin A.Smakulan kehittämä menetelmä, jossa linssielementti pinnoitetaan höyrystämällä tiettyjä yhdisteitä, kuten kalsium- tai magnesiumfluoridia tyhjiössä elementin kanssa. Nämä yhdisteet ohuena kerroksena linssipinnalla vähentävät huomattavasti linssin heijastavuutta valon spektrin keskialueilla. Pinnoitteet mahdollistivat monielementtisten linssi-järjestelmien kehityksen. (Kingslake 1989, 17.)

Toisen maailmansodan jälkeen elokuvaobjektiivien kehitys otti suuria harppauksia. Zoom-objektiiveja vaivanneet lastentaudit saatiin kuriin, ja niistä kehkeytyi varteenotettava vaihtoehto elokuvaajalle. Anamorfinen formaatti jalostui, kun 20th Century Fox-studion johtaja Spyros P. Skouras esitteli laajakuvaformaatti CinemaScopen suurille yleisöille vuonna 1952 (Chrissochoidis 2013, 9-10). CinemaScope otti käyttöön Chrétienin innoittamana anamorfisen puristuksen sekä kamerassa että projektorissa (Kingslake 1989, 9). Ensimmäisen kiinteästi anamorfisen objektiivin CinemaScope-järjestelmälle kehitti Bausch & Lomb vuonna 1954 (Ward 1996, 96).

1950-luvulta eteenpäin japanilaiset yritykset, kuten Canon ja Nikon, valtasivat alaa harrastelijoille suunnattujen kameroiden ja objektiivien valmistuksessa, syrjäyttäen eurooppalaiset valmistajat hinta-laatusuhteeltaan erinomaisilla objektiiveillaan (Kingslake 1989,

9). Valokuvauksen ja liikkuvan kuvan tallentaminen tuli mahdolliseksi yhä laajemmalle kansanosalle, mikä entisestään kiihdytti tekniikan kehitystä.

Suurimmat harppaukset modernien objektiivien kehityksessä ovat tapahtuneet tietokoneiden aikakaudella. Optisesti korkealaatuisten objektiivien valmistaminen vaatii monimutkaista matematiikkaa: lukuisten yksittäisten valonsäteiden käyttäytymisen ennustaminen vaatii monimutkaisia yhtälöitä ja erilaisten tilanteiden arvioimista. Laskukoneiden ja myöhemmin tietokoneiden yleistyessä pystyttiin ensimmäistä kertaa laskemaan tarkasti näitä todella monimutkaisia kaavoja ja suunnittelemaan piirrotaan ylivoimaisia, lähes virheettömiä linssejä. (Kingslake, R. 1992. 141.)

2000-luvulla onkin kehitetty elokuvauksen tarpeisiin uskomattoman tarkkoja, nopeita ja optisesti lähes virheettömiä, hengittämättömiä elokuvaobjektiivisarjoja. Esimerkiksi Ar-rin ja Zeissin yhteistyönä kehittämät, vuonna 2004 julkaistut Master Primet ovat täydelläkin aukolla (T1.4) tarkat ja optisia vääristymiä on vaikea havaita (Zeiss 2018). Vuonna 2011 CW Sonderoptic julkaisi Leica Summilux-C-sarjan, jotka paitsi vetivät optiselta suorituskyvyltään vertoja Master Primeille, olivat myös kevyempiä (CW Sonderoptics 2018). Molemmat ovat todella edistyksellisiä objektiivisarjoja, mutta virheetöntä objektiivia ei ole vielä kehitetty ja uudet kuvausformaatit tuovat jatkuvasti uusia haasteita optiikan valmistajille.

2.2 Objektiivin toimintaperiaatteet

Elokuvaus on valon tallentamista. Objektiivin tehtävä on kerätä tallennettavan kohteen heijastamat valonsäteet ja muodostaa niistä selkeä kuva kameran valoherkälle polttosolle – filmille tai sensorille. Objektiivi on monimutkainen optinen väline, joka koostuu useista valoa eri tavalla taittavista ja kuljettavista linssielementeistä (liite 1). Kingslaken (1989) mukaan objektiivi on yleensä kallein ja samalla vähiten ymmärretty kameran osista¹. Elokuvakäyttöön tarkoitettujen, laadukkaiden objektiivien ostohinnat liikkuvat totta tosiaan tavallisesti viisinumeroisissa ja päivävuokrat kolminumeroisissa summissa – mutta ymmärtävätkö näiden kalliiden instrumenttien käyttäjät niistä kylliksi?

¹ ”The Photographic objective is generally the most expensive and unknown part of the camera” (Kingslake, 1989).

Kuvaajan ei tarvitse olla fyysikko käyttääkseen työvälineitään, mutta niiden toimintaperiaatteiden ymmärtäminen auttaa hyödyntämään niitä tehokkaasti halutun vision toteuttamisessa. Toimintaperiaatteiden tunteminen auttaa myös näyttämään niitä rajoitteita ja mahdollisuuksia, joita erilaiset elokuvaobjektiivit tarjoavat.

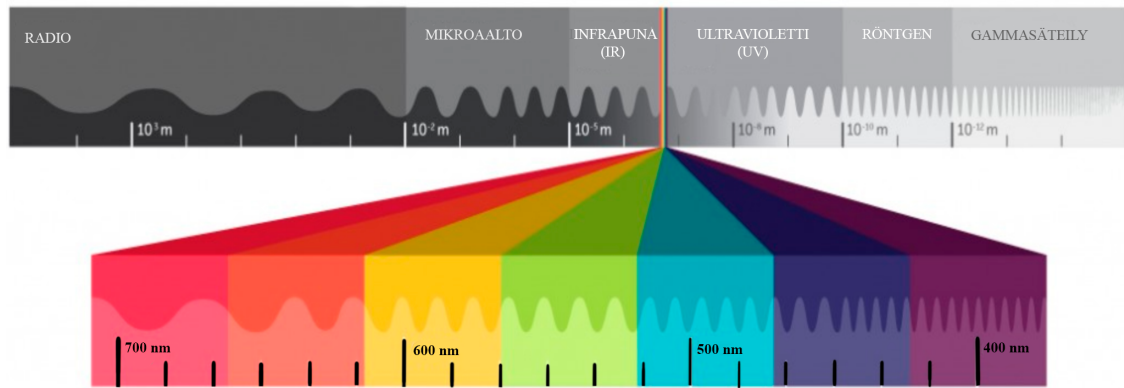
2.2.1 Valo

Valo on ihmissilmällä nähtävää sähkömagneettista aaltoliikettä. Valon katsotaan kulkevan suorassa linjassa säteittäin. Kuvaa muodostettaessa jokaisen objektiivin läpi kulkevan valonsäteen voidaan ajatella sisältää pienen palasen informaatiota. Näistä informaatiopalasista muodostuu kuva kuvapinnalle, mutta säteitä on oltava paljon, jotta niiden muodostama kuva olisi selkeä ja helposti nähtävissä. (Duree 2011, 59.)

Kun valo osuu kohteeseen, heijastaa se osan siihen osuvista valonsäteistä ja imee osan. Nämä heijastuneet näkyvän valon taajuudet näkyvät meille väreinä. (Duree 2011, 45.) Karkeana esimerkkinä punainen pallo heijastaa punaiset valon taajuudet ja absorboi muun väriset valonsäteet. Näitä heijastuneita valonsäteitä objektiivi kerää edestään ja taittaa polttotasolle, jolloin kohde toistuu kuvapinnalla.

Kun valonsäde osuu linssin pintaan, se jatkaa matkaansa toisessa materiaalissa. Kun valonsäde siirtyy kulkemaan ilmasta lasiin, sen nopeus muuttuu ja mikäli lasin pinta on kulmassa valonsäteeseen, se myös taittuu. Hallitsemalla linssielementtien kulmaa ja niiden välisen tilan kokoa pystytään hallitsemaan valonsäteiden matkaa objektiivin läpi. (Adams 2003, 44.)

Tärkeä valon ominaisuus on väri. Eriväriset valonsäteet liikkuvat eri aallonpituuksilla (kuva 1), mistä johtuen ne eivät taitu samalla tavalla. Tämä ilmiö saattaa aiheuttaa esimerkiksi väriaberraatiota (ks. 3.1.1) objektiiveissa. (Duree 2011, 36, 92.) Eriväristen valonsäteiden samanaikaiseen hallittuun taittamiseen on kehitetty erilaisia linssipinnoitteita ja väritaittoa on mahdollista korjata linssielementtejä yhdistelemällä.

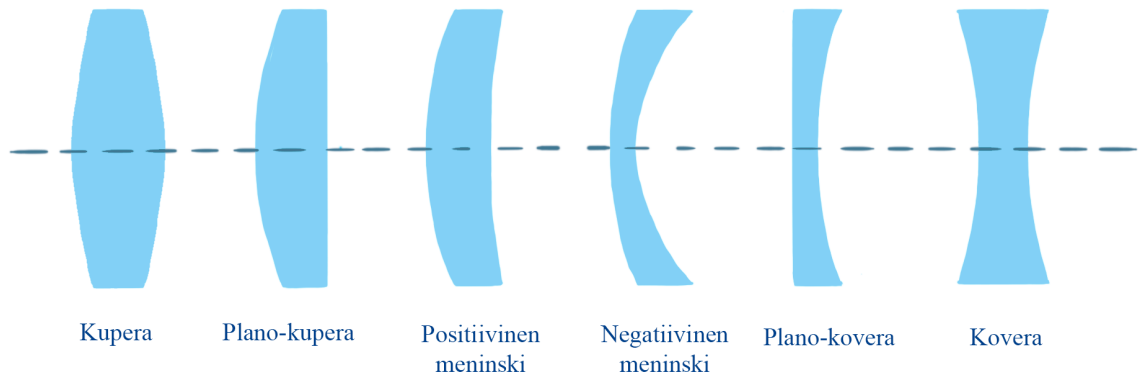


KUVA 1. Näkyvän valon spektri. (Teledyne Dalsa 2014, muokattu)

2.2.2 Linssi

Linssi on läpinäkyvästä materiaalista, yleisimmin lasista, valmistettu optinen kappale, jonka toinen tai molemmat pinnat on hiottu kaareutuvasti (Brothers 1889, 38). Linssin tehtävä on kerätä tai hajottaa valoa siihen osuvia valonsäteitä taittamalla. Objektiivi voi koostua puhekielisestä nimestään *linssi* huolimatta yhdestä tai useammasta linssistä – tällöin yksittäisestä linssistä puhutaan linssielementtinä.

Yksinkertaisimmillaan linssit jaetaan kahteen kategoriaan: kuperiin eli positiivisiin linssihin ja koveriin eli negatiivisiin linssihin (kuva 2). Kuperan linssin uloin pinta kaareutuu ulospäin ja linssi on keskeltä paksumpi kuin reunoilta. (Duree 2011, 88.) Kovera linssin uloin pinta taas kaareutuu sisään päin ja linssi on keskeltä ohuempi kuin reunoilta. Koverat linssit hajottavat niihin osuvat valonsäteet, kuperat linssit keräävät säteet yhteen. (Hedgecoe 1979, 42.) Kuperien ja koverien linssien rinnalle on kehitetty lukuisia eri linsityyppejä (kuva 2). Linssin toinen pinta voi olla myös litteä, jolloin puhutaan plano-kuperista tai plano-koverista linseistä. (Duree 2011, 88 – 89.) Objektiiveissa käytetään myös usein meniski-linssejä, joiden toinen ulkopinta on kovera ja toinen kupera.

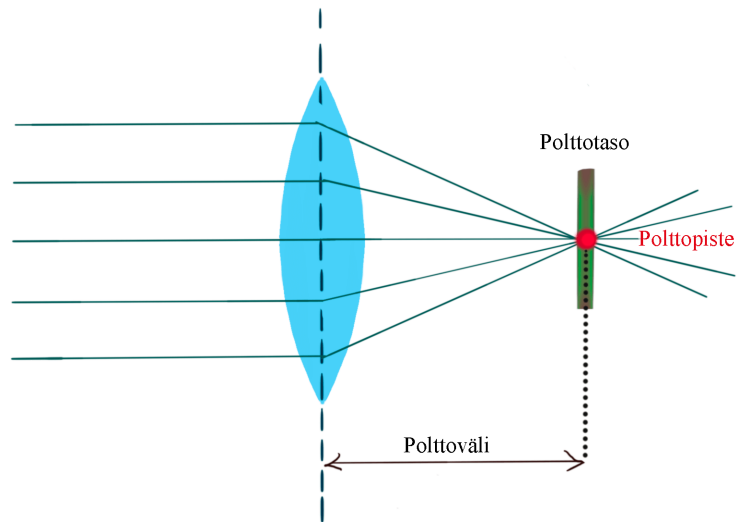


KUVA 2. Linssityyppejä. (Wikimedia Commons 2015, muokattu)

Yksinkertaisen linssin muodostama kuva on usein herkkä taittovirheille ja optisille poikkeamille, kuten palloberraatiolle ja väriaberraatiolle (ks. 3.6.). Valon kulun hallitsemiseksi objektiivissa käytetään useita linssielementtejä. Monielementtinen objektiivi muodostuu linjaan asetetuista linssielementeistä. Tätä linjaa kutsutaan linssin optiseksi akseliksi. Optinen akseli kulkee jokaisen linssin keskipisteen läpi. Linssin uloin, kohteeseen suunnattava pinta kerää valonsäteitä ja sen takana linjassa olevat elementit keskittävät ja taittavat niitä niin, että kaikki valonsäteet kohtaavat linssin toisella puolella, muodostaen tarkan kuvan. (Adams 2003, 44.)

2.2.3 Polttoväli

Yksi keskeisimpiä käsitteitä optiikan ymmärtämisessä on polttoväli. Polttoväli määrittyy polttopisteen perusteella. Polttopisteellä tarkoitetaan pistettä, jossa kaikki objektiivilla taitetut valonsäteet kohtaavat (Adams 2003, 44). Polttopisteen ollessa objektiivin polttovälin etäisyydellä polttotasosta, eli filmistä tai kameran sensorista, kaikki kuvapinnan pisteet ovat yhtä tarkkoja (kuva 3). Tällöin objektiivi on tarkennettuna äärettömään.



KUVA 3. Polttoväli.

Saman polttovälin objektiivit tuottavat aina keskenään samankokoisen kuvan polttotasolle (Adams 1980, 45). Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi Cooke S4i-sarjan 75mm objektiivi ja Zeissin Ultra Prime-sarjan 75mm objektiivi tuottavat samalla kameralla samankokoisen kuvan, joissa olevat kohteet toistuvat samoilla mittasuhteilla.

Objektiivin polttoväli on suhteellinen kuvan kokoon. Valokuvaaja Ansel Adamsin (2003, 45) mukaan hyvä nyrkkisääntö on, että polttovälin tuplaantuessa myös kuvattavan kohteen koko tuplaantuu ja samalla kuva-alan suhteellinen leveys puolittuu. Polttoväleistä lisää luvussa 4.

2.2.4 Aukko

Objektiivista polttotasolle kulkevan valon määrää hallitaan iiriksellä eli himmentimellä. Tätä iiriksen avautumaa kutsutaan aukoksi. Aukkoarvo on polttovälin suhde iiriksen muodostaman aukon halkaisijaan. Yleisesti käytetään seuraavaa aukkoarvosarjaa:

T1 T1.4 T2 T2.8 T4 T5.6 T8 T11 T16 T22 T32 T45 T64

Aukkoarvojen keskinäinen suhdeluku on kahden neliöjuuri. Aina siirryttäessä tällä asteikolla suurempaan numeeriseen T- tai F- arvoon, puolittuu aukon pinta-ala ja näin ollen

myös objektiivin läpi kulkevan valon määrä. Vastaavasti pienempään numeeriseen arvoon asteikolla siirryttäessä aukon pinta-ala ja valon määrä tuplaantuvat. (Hedgecoe 1979, 40 – 41.)

Aukkoarvo ilmaisee objektiivin kykyä kuljettaa valoa polttotasolle. Objektiivin valovoimasta puhuttaessa tarkoitetaan suurinta aukkoa, jota objektiivilla on mahdollisuus käyttää. Polttovälin tavoin myös aukkoarvo on optinen fakta, eikä saman aukkoarvon ilmoittaman kuljetetun valon määrä vaihtele objektiivikohtaisesti. Käytettäessä esimerkiksi aukkoa T2.8 kahdella eri objektiivilla, kuljettavat molemmat saman verran valoa polttotasolle. Aukkoarvon ilmaisemaan valon määrään eivät siis vaikuta esimerkiksi polttoväli, objektiivin merkki tai tarkennusetäisyys, vaan ilmoitettu aukkoarvo tuottaa aina saman verran valoa kaikilla linsseillä.

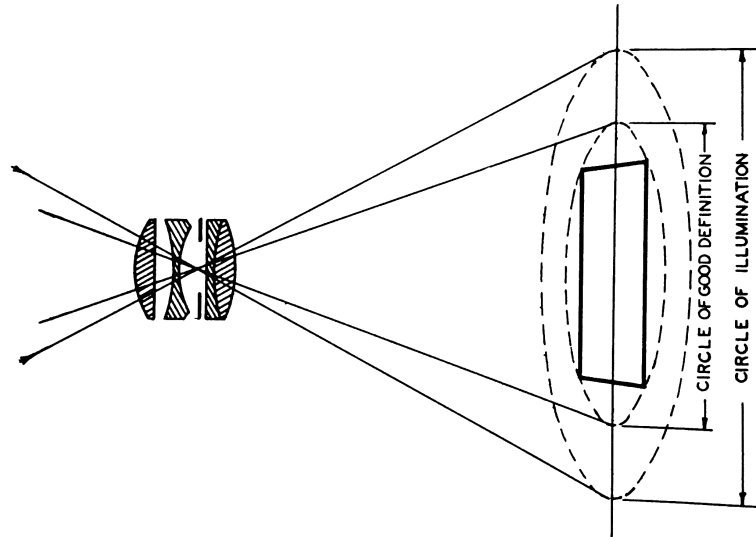
Suuremmat aukkoarvot edustavat pienempiä aukkoja ja pienemmät aukkoarvot edustavat suurempia aukkoja. Aukkoarvojen merkitsemisessä käytetään kahta järjestelmää: F-lukuja eli teoreettisia arvoja ja T-lukuja eli mitattuja arvoja. F-luku kertoo kuinka paljon valoa objektiivin läpi pitäisi laskennallisesti kulkea – se lasketaan jakamalla polttoväli iiriksen aukon halkaisijalla. T-luku kertoo, että objektiivin läpi kulkeva valo on mitattu tarkasti.

T-lukuja käytetään pääasiassa elokuva-linsseissä, sillä elokuvan valottaminen on haastavampaa ja tarkemmat arvot ovat hyödyksi. F-luvut ovat useiden valokuvaobjektiivien valmistajille aivan riittävä mittaristo, sillä T-lukujen mittaaminen on hidasta ja kallista ja valotuksen heitto on yleensä maksimissaan 1/3 aukkoa, mikä on stillkuvien maailmassa helppo korjata jälkityöprosessissa.

2.2.5 Polttotaso ja piirtoympyrä

Taso, jolle kuva muodostuu kamerassa, on optiikan termeissä polttotaso. Objektiivin optinen akseli on kohtisuorassa polttotasoon nähden. (Hedgecoe 1979, 42.) Polttotaso on käytännössä kamerasen herkkä pinta, yleensä filmi tai digitaalinen sensori, jolle objektiivin kautta heijastetaan valonsäteitä.

Jokainen objektiivi kuljettaa valoa ympyrän muotoiselle alueelle, jota rajoittaa objektiivin linssien läpimitta sekä objektiivirungon aiheuttama vinjetointi (Kingslake 1992, 7). Tätä ympyrää kutsutaan objektiivin piirtoympyräksi. Jotta objektiivi muodostaisi kokonaisen, vinjetoitamattoman kuvan polttotasolle, on polttotason mahdollista kokonaisuudessaan objektiivin piirtoympyrän sisään. Objektiivin piirtoympyrä voi olla suurempi kuin polttotaso, mutta alue, jolla objektiivi piirtää riittävän tarkasti, ei välttämättä silti kata koko polttotasoa (kuva 4). Tämä ns. hyvän piirron ympyrä kasvaa aukkoa pienentämällä.



KUVA 4. Piirtoympyrä (*circle of illumination*) ja hyvän piirron ympyrä (*circle of good definition*) (Kingslake 1992, 8.)

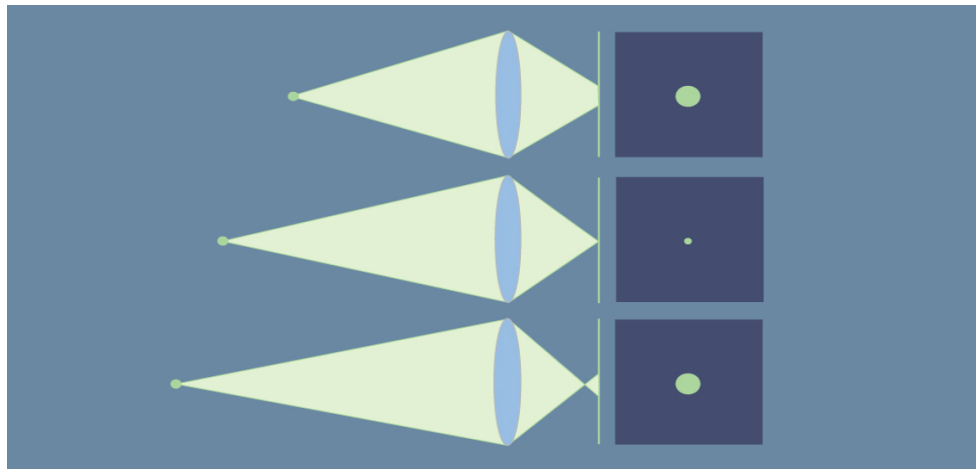
Oikeaa objektiivia valittaessa on hyvä ottaa huomioon, että linssijä on valmistettu lukuisille eri formaateille, joten niiden piirtoympyrät vaihtelevat runsaasti. Tiiviimmissä objektiiveissa (polttoväli $> 50\text{mm}$) on usein suurempi piirtoympyrä, mutta on silti todennäköistä, että esimerkiksi 16mm filmille tarkoitetun 75mm objektiivin hyvän piirron ympyrä ei aivan riitä Super35- kokoisen kennon tarpeisiin. On siis hyvä aina varmistaa, että objektiivin piirtoympyrä kattaa tyydyttävästi kaikki vaatimukset, erityisesti mikäli se on valmistettu pienemmälle polttotasolle.

2.2.6 Tarkennus ja syväterävyys

Objektiivin ja polttotason välistä etäisyyttä on pystyttävä muuttamaan, sillä eri etäisyyksiltä lähtöisin olevat valonsäteet yhdistyvät eri kohdissa objektiivin takana. Yleensä ob-

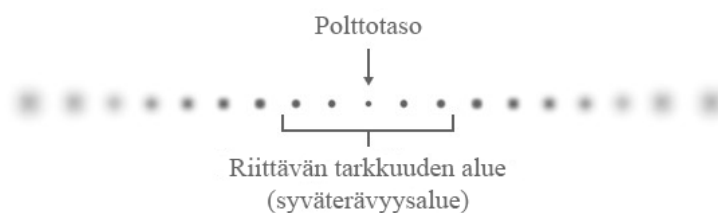
jektiivia tarkennetaan liikuttamalla linssielementistöä optisen akselin suuntaisesti lähemmäs tai kauemmas polttotasosta, jolloin eri etäisyyksiltä lähtöisin olevat valonsäteet tapaavat polttotasolla. Näin pystytään luomaan tarkkoja kuvia eri etäisyyksillä olevista kohteista. (Hedgecoe 1979, 43.)

Sitä alaa objektiivin edessä, jolta lähtevät valonsäteet toistuvat riittävän tarkkoina kuvaspinnalla, kutsutaan syväterävyysalueeksi. Objektiivi yhdistää valonsäteet pisteeksi polttotasolle. Tämän tason eteen ja taakse heijastuvat valonsäteet eivät muodosta polttotasolle pistettä, vaan pehmeän hajoamispyyrän (eng. *circle of confusion*, kuva 5).



KUVA 5. Hajoamispyyrä (*Circle of Confusion*) (Kuva: Todd Vorenkamp, 2016)

Syväterävyysalueeksi kutsutaan tarkimman terävän tason molemmilla puolilla olevaa aluetta, jolta heijastuvat valonsäteet toistuvat riittävän pienenä pisteenä niin, ettei hajoamispyyrän koko kasva silmälle nähtäväksi (kuva 6). Syväterävyysalueesta n. 1/3 on tarkennustason edessä ja 2/3 tarkennustason takana – tästä johtuen tarkennuksen ollessa äärettömässä, 2/3 syväterävyysalueesta menee ns. hukkaan, ellei objektiivin tarkennusetäisyyttä muuta äärettömän tarkennustason syväterävyysalueen lähimmälle rajalle, jolloin saadaan koko tarkennusalue käyttöön. (Hedgecoe 1979, 43.) Tätä syväterävyysalueen rajaa, jonka jälkeen äärettömään tarkennettaessa kaikki pisteet toistuvat riittävän tarkkoina, kutsutaan hyperfokaaliseksi pisteeksi.



KUVA 6. Syväterävyysalue (Kuva: Frank Romano, 2013, muokattu)

Syväterävyysaluetta voi kasvattaa sulkemalla aukkoa. Suuremmilla aukkoarvoilla syväterävyysalue on laajimmillaan ja vastaavasti pienimmillä aukkoarvoilla syväterävyysalue on kapeimmillaan (kuva 7). Myös objektiivin polttoväli ja tarkennetun kohteen etäisyys vaikuttavat syväterävyysalueen kokoon. (Adams 2003, 48.)



KUVA 7. Laaja ja kapea syväterävyysalue. (Pulp Fiction 1994)

Kolme syväterävyysalueeseen vaikuttavaa sääntöä ovat:

1. Syväterävyysalue kaksinkertaistuu, kun f- tai t-arvo kaksinkertaistuu (esim. T4 ja T8)
2. Syväterävyysalue on verrannollinen etäisyyden neliöön. Jos tarkennetun kohteen etäisyys polttotasosta kaksinkertaistuu, syväterävyysalue laajenee nelinkertaiseksi. Jos tarkennetun kohteen etäisyys polttotasosta kolminkertaistuu, syväterävyysalue laajenee yhdeksänkertaiseksi. Jne.
3. Syväterävyysalue on käänteisesti verrannollinen polttovälin neliöön. Jos polttoväli puolittuu, syväterävyysalue kasvaa nelinkertaiseksi. (Adams 2003, 49.)

Terävyysalueen hyväksikäyttö on yksi kuvaajan tehokkaimpia työkaluja. Lyhyt syväterävyysalue on omiaan kohdistamaan katsojan katsetta toivottuun kohteeseen ja hävittämään ei-toivottua informaatiota taustasta. Elokuvasa luonnollinen tapa vaihtaa katsojan huomiopistettä on vaihtaa tarkennusetaisyttä kesken kuvan eri kohteeseen (kuva 8). Laaja syväterävyysalue taas auttaa näyttämään laajempia kokonaisuuksia.



KUVA 8. Tarkennuksen vaihto kohteesta toiseen. (The Lord of the Rings: The Fellowship of the Ring 2001)

On myös hyvä muistaa, että syväterävyysalue on suhteellinen polttotason kokoon. Pienempi polttotaso kasvattaa syväterävyysalueen kokoa, suurempi polttotaso kaventaa syväterävyysaluetta. Tämä tarkoittaa, että sama objektiivinen tuottaa suuremman syväterävyysalueen pienemmällä sensorikoolla. (Nasse 2010, 9.)

2.3 Objektiivityyppejä

Objektiivien maailmaan ensi kertaa sukeltava törmää liutaan erilaisia objektiiveja kuvailuvia sanoja, kuten *prime*, *zoom*, *anamorphic* ja *macro*. Objektiivien koteloissa on yleensä useita valmistajien käyttämiä objektiiviluokitteluja. Esimerkiksi Zeissin ja Hasselblad

objektiivieista löytyvät Planar, Distagon ja Sonnar ovat Zeissin kehittämiä objektiivirakenteita, kun taas Elmarit, Summilux ja Noctilux ovat Leican objektiivien valovoimasta kertovia termejä.

Jotkin objektiiviluokittelut pätevät kaikkien valmistajien kohdalla. Kaikki objektiivit jaotellaan prime- ja zoom- objektiivieihin sen mukaan onko niiden polttoväli kiinteä vai muuttuva. Tämän lisäksi objektiivieja kuvaillaan niiden rakenteen erikoisominaisuuksia ilmaisten: on anamorfisia objektiivieja, makro-objektiivieja ja kalansilmäobjektiivieja. Usein objektiivieja kuvaillaan myös sen mukaan, mitä vääristymiä siitä on korjattu: esimerkiksi hajataiton korjauksesta viestitään sanalla *anastigmatic*, ja väriääristymän korjauksesta kertoo sana *apochromat*.

2.3.1 Prime – ja zoom-objektiivit

Prime-objektiivit ovat kiinteäpolttovälisiä, eli vain yhden polttovälin objektiivieja. Objektiivin rakenne on suunniteltu niin, että polttovälin kuva muodostuu parhaalla mahdollisella tavalla. Prime-objektiivit ovat myös yleensä hieman valovoimaisempia eli nopeampia kuin zoom-objektiivit, miksi niitä usein pidetäänkin kuvanlaadullisesti ylivertaisina zoom-objektiivieihin nähden. (Neil, 2013, 116.)

Zoom-objektiivien polttoväli on vaihteleva tietyn skaalan sisällä, esimerkiksi 15mm-40mm. Polttoväliä vaihdetaan liikuttamalla yhtä tai useampaa linssielementtiä objektiivin optisella akselilla (Kingslake 1989, 153). Ihanteellinen zoom-objektiivie on kiinteävalovoimainen koko sen polttoväliskaalan alueella ja sen tarkennusetäisyys pysyy samana, vaikka polttoväliä muuttaisi.

Zoom-objektiivieja suunniteltaessa joudutaan välttämättä tekemään kompromisseja, jotta piirto olisi riittävän hyvä skaalan eri polttoväleillä (Kingslake 1989, 154). Tämän takia zoom-objektiivien kuvanlaatua pidetään usein prime-linssejä huonompana (Hedgecoe 1979, 213). Tietokoneistuneen objektiivisuunnitelun myötä uuden ajan zoom-objektiivit, kuten Angenieuxin Optimot, päihittävät kuvanlaadullisesti monet heikompiletiset prime-objektiivit. Zoom-objektiivit tarjoavat elokuvaajalle ainutlaatuisen mahdollisuuden vaihtaa polttoväliä kesken kuvan, mikä avaa käyttöön monia tehokeinoja. Zoomit

myös nopeuttavat työskentelyä minimoimalla tai eliminoimalla objektiivien vaihtoon käytetyn ajan.

2.3.2 Anamorfiset objektiivit

Elokuvaobjektiivit jaetaan usein kahteen luokkaan: sfäärisiin (eng. *spherical*) eli pyöreäpiirtoisiin ja anamorfisiin (eng. *anamorphic*), eli ovaalipiirtoisiin objektiiveihin. Anamorfisia objektiiveja käytetään erityisesti elokuvauksessa. Anamorfiset objektiivit suunniteltiin alun perin käyttämään koko filmin pinta-ala hyödyksi laajakulmaista formaattia (2.39:1) kuvattaessa. Sfäärisillä linseillä kuvattu 2.39:1- kuvasuhteen kuva jättää hyödyntämättä suuren osan kuva-alaa, sillä ylä- ja alapalkki usein peitetään tai leikataan pois kuvasuhteen saavuttamiseksi. Anamorfiset objektiivit sen sijaan puristavat kuvan leveysuunnassa täyttämään koko kennon, mikä aikaansaa resoluution kasvun ja näin ollen haitalliset ilmiöt, kuten kohina, vähenevät (Anamorphic now 2013, 1). Puristettuna tallennettu kuva levitetään jälkituotannossa laajakulmaiseksi ja todella hyväresoluutioiseksi kuvaksi.

Anamorfinen formaatti tuottaa joitakin selviä, tunnistettavia piirteitä. Syväterävyysalue on anamorfisilla objektiiveilla lyhyempi ja piirto usein utuisempaa ja pehmeämpää, mikä on erityisen imartelevaa ihonsävyille (kuva 9). Muodot, erityisesti kasvot, näyttäytyvät kolmiulotteisempina. Bokeh eli epäterävä alue (ks. 3.2) on ovaalinmuotoista. Vääristymät ovat yleisiä ja objektiivien tuottamat flaret (ks. 3.5) ovat pitkittäisiä ja yleensä sinertäviä.



KUVA 9. Anamorfinen laajakuva (Raiders of the Lost Ark 1981)

Anamorfisilla objektiiveilla on puristuskerroin, joka kertoo missä suhteessa kuva puristuu. Useimpien anamorfisten objektiivien puristuskerroin on 2x, mutta se voi yhtä hyvin olla myös esim. 1,25x, 1,3x, 1,5x, 1,79x tai jopa 3,5x. Nämä eri puristekertoimilla valmistetut objektiivit on valmistettu erikokoisille polttotasolle – esimerkiksi 1,3x puristekertoimella varustetut objektiivit toimivat parhaiten 16x9-kokoisen polttotason kanssa, kun taas 2x puristekertoimiset objektiivit on suunniteltu 4x3-kokoiselle polttotasolle. Jos 2x anamorfista objektiivia käyttää 16x9-kokoisella kennolla, tuottaa se levitettynä superlaajakulmaisen 3.55:1- kuvasuhteen, joka on harvoin tarkoituksenmukainen.

Anamorfisen objektiivin ulkoisesti tunnusomaisin piirre on sylinterinmalliset elementit. Näiden elementtien on tarkoitus puristaa kuvaa leveysuunnassa, muttei lainkaan pituussuunnassa. Anamorfiset objektiivit jaetaan kahteen luokkaan riippuen siitä, sijaitsevatko sylinterinmalliset linssielementit objektiivin edessä vai takana. Ns. etu-anamorfiset objektiivit ovat yleisempiä ja tuottavat anamorfisille objektiiville tunnusomaisia piirteitä, kuten viivamaisia flareja ja ovaalinmuotoisen bokehin (kuva 10). Taka-anamorfiset objektiivit eivät tuota näitä efektejä ja ovatkin käypä vaihtoehto silloin, kun halutaan tuottaa anamorfinen kuva-ala ilman huomiota herättäviä flare-ominaisuuksia.



KUVA 10. Anamorfinen flare. (Close Encounters of the Third Kind 1977)

Sylinterimäisistä elementeistä johtuen anamorfisilla objektiiveilla on ikään kuin kaksi polttoväliä: horisontaali polttoväli, joka on laajempi ja vertikaali polttoväli, joka on tiiviimpi. Objektiivilla on tästä syystä myös kaksi polttopistettä, toinen vertikaaleille ja toinen horisontaaleille valonsäteille. Anamorfisen objektiivin tuottama kuva onkin ikään kuin kolmiulotteisempaa. (Anamorphic now 2013, 1)

Peiliobjektiivit

Teleobjektiivien fyysisen koon pienentämiseksi kehitetyt peiliobjektiivit eli katadioptriset objektiivit tarjoavat todella pitkän polttovälin todella pienessä paketissa. Peiliobjektiivissa osa linssielementeistä on korvattu peileillä, jotka taittavat valon kulkeman matkan kolmeen osaan (Hedgecoe 1979, 213). Peiliobjektiivit toimivat vain täydellä aukolla ja niiden muodostama bokeh (ks. 3.2.) on donitsinmuotoista (Adams 2003, 61), mistä johtuen ne eivät ole saavuttaneet suosiota elokuvamaailmassa.

Makro-objektiivit

Makro-objektiivit (eng. *macro*) kykenevät tarkentamaan poikkeuksellisen lähelle ja soveltuvat erikoislähikuviin. Makro-objektiivit muodostavat korjatun kuva objektiivin lähietäisyydellä olevasta kohteesta liikuttelemalla yhtä linssielementtiä eri suhteessa kuin muuta elementistöä (Kingslake 1989, 14). Klassisesti makrokuvaus on määritelty kuvattavan kohteen tallennukseksi luonnollisessa koossa tai suuremmassa. Tästä johtuen makro-objektiiviksi määritellään objektiivi, jonka suurennussuhde on vähintään 1:1. Suurennus-suhteella tarkoitetaan kuvattavan kohteen luonnollisen koon suhdelukua kohteen kokoon kennolla. (Adams 2003, 63.)

3 OBJEKTIIVIN PIIRTO

Objektiivit toimivat kaikki peruseriaatteiltaan melko samalla tavalla. Todellinen ero eri objektiivityyppien välillä on niiden kyky toistaa kuvattavaa maailmaa – puhutaan objektiivien piirrosta. Objektiivin piirtokyky rakentuu useista tekijöistä: linssielementtien materiaali, hionta ja muoto, objektiivin rakenne ja jopa pöly objektiivin sisällä vaikuttaa objektiivin piirtoon. Tässä luvussa pureudun optisiin aberraatioihin, epäterävän alueen piirtymiseen, resoluutioon ja vinjetointiin.

3.1 Aberraatiot – optiset poikkeamat

Linssit ovat optisia välineitä ja objektiivit tarkan optisen insinööriyön tulos. Tästä huolimatta objektiivit tuottavat aina jonkin verran optisia aberraatioita eli taittovirheitä. Kaikkia aberraatioita on lähes mahdotonta kitkeä suunnitteluprosessissa eikä täydellistä, täysin virheetöntä objektiivia ole vielä tehty.

Suurin osa aberraatioista ilmenee vasta täydellä aukolla kuvattaessa, joten useimmissa tapauksissa niitä voi välttää sulkemalla aukkoa. Aberraatioita ei kuitenkaan tarvitse pelätä tai välttää liikaa: monet modernit objektiivit on suunniteltu mahdollisimman virheettömiksi ja vanhemmissakin linseissä aberraatiot toistuvat yleensä vain reuna-alueilla aukko auki kuvattaessa eivätkä turmele kuvaa. Käyttämiensä objektiivien aberraatioista on kuitenkin hyvä olla tietoinen – parhaassa tapauksessa niitä voi käyttää hyödykseen.

3.1.1 Palloaberraatio, koma ja hajataitto

Palloaberraatio

Objektiiveissa käytetään runsaasti kuperia linssipintoja. Kuperan linssin ulkoreunat taittavat valoa enemmän kuin sen keskusta-alue (Kingslake 1992, 40). Palloaberraatio (eng. *spherical aberration*) eli pallovääristymä syntyy, kun kuperan linssin reunoilta kulkevat valonsäteet kohtaavat toisella puolella lähempänä linssiä kuin keskialueelle osuvat valonsäteet. Tämä ilmiö näkyy kontrastin heikkenemisellä ja kuvan pehmeutenä reuna-alueilla

(kuva 11). Ilmiön vaikutusta voi vähentää sulkemalla aukkoa. (Adams 2003, 75.) Palloaberraatio saadaan kuriin asfäärisillä elementeillä (2.3.3) tai neutraloimalla kuperan linssin reuna-alueita vastaavan vahvuisella koveralla linssillä.



KUVA 11. Lievä palloaberraatio kuvan reunoilla. (The Birth of a Nation 2016)

Hajataitto

Kuten palloaberraatio, aiheuttaa hajataittokin (eng. *astigmatism*) vääristymiä objektiivin reuna-alueilla. objektiivin optisen akselin kanssa risteävästä kohteesta kimpoavat valonsäteet eivät toistu objektiivin takana yhtenä pisteenä, vaan kahtena viivana (kuva 13). Toinen viivoista toistuu lähemmäs takalinssiä ja toinen kauemmas siitä kohtisuorana. Tämä aiheuttaa hajataittoilmiön, jossa kuvan ulkoreunalla olevia vertikaalisia ja horisontaalisia viivoja on hankala saada tarkennettua yhtäaikaisesti. Myös hajataiton voimakkuutta voi hillitä sulkemalla aukkoa. (Adams 2003, 76; Kingslake 1992, 44).



KUVA 13. Hajataiton aiheuttama viivamainen flare. (Mad Men 2008)

Koma

Koma (eng. *coma*), eli ns. komeetta-ilmiö syntyy, kun objektiivin ei kykene tuottamaan tarkkaa kuvaa valonlähteestä, joka on liian kaukana objektiivin optisesta akselista (Adams 2003, 76). Tämä kohde toistuu usein pyrstötähden muotoisena läiskänä (kuva 12), minkä takia sillä on sama nimi kuin komeettaa ympäröivällä kaasuhunnulla. Koma pidetään aberraatioista vaikeimmin korjattavana johtuen sen asymmetrisestä efektistä. (Ray 1994, 82.) Myös koma johtuu kuperan linssin ominaisuudesta keskittää reunojen ja keskiosien läpi kulkevat valonsäteet tapaamaan eri etäisyyksillä linssin takana.



KUVA 12. Koma. Valoketjun palloissa kuvan reunoilla on nähtävillä koma-ilmiötä. (Kummisetä 1972)

3.1.2 Väriaberraatio

Valon aallonpituuden vaihtelusta johtuen eri väriset valonsäteet taittuvat eri kulmassa osuessaan linssin pintaan. Karkeasti sanottuna, valkoisen valonsäteen osuessa linssin ulkopintaan, sininen osa valonsäteestä taittuu enemmän kuin punainen osa (Kingslake 1992, 37). Täten siniset valonsäteet kokoontuvat lähempänä takaelementtiä, punaiset valonsäteet kauempana takaelementistä. Korjaamattomana tämä ilmiö voi aiheuttaa väriaberraatiota (eng. *chromatic aberration*) eli väriääritystä.

Väriaberraatio voi ilmetä monella tavalla: eri väristen kohteiden tarkennusetäisyys voi poiketa toisistaan, vaikka kohteiden fyysinen etäisyys polttoväliin olisi sama; tai kuvan koko voi vaihdella hieman valon väristä riippuen. Yleisin väriaberraatio on kuitenkin

kohteiden ulkoreunoille ilmestyvät värilliset rajat (kuva 14). Väriaberraation aiheuttamaa kuvan epätarkkuutta voi hillitä sulkemalla aukkoa, mutta tämäkään ei auta värillisiin ulkoreunoihin epäterävällä alueella. (Adams 2003, 75.)



KUVA 14. Väriaberraatiota valopisteiden reunoilla. (Kummisetä 1972)

Modernit objektiivit ovat keskimäärin hyvin värikorjattuja. Värikorjattujen eli akromaattisten linssielementtien käyttö objektiivisuunnittelussa on yleistynyt. Värikorjatussa linssissä valon kulkua on ohjattu niin, että sekä punaiset että siniset säteet kohtaavat samassa tarkennuspisteessä. Tämä johtaa niin sanotun toisen asteen spektrin väriaberraatioon, joka näkyy myös värillisinä reunoilla. Punaisen ja sinisen valon aallonpituudet tuottavat vääritysmättömän kuvan, mutta spektrin keskiosan aallonpituudet saattavat aiheuttaa väriaberraatiota. Väriaberraation aiheuttamien värillisten reunojen väri on siis usein värikorjattujen objektiivien tapauksessa yleensä vihreää (kuva 15) ja magentaa, siinä missä värikorjaamattomissa se on punaista ja sinistä.



KUVA 15. Vasemmanpuolisen henkilön niskassa värikorjatun objektiivin aiheuttama vihertävä värihuntu. (Mindhunter 2017)

Vaikka väriaberraatio onkin objektiivista peräisin oleva ilmiö, sitä esiintyy huomattavasti enemmän digitaalisilla sensoreilla kuvattaessa kuin filmillä. Tämä johtuu digitaalisensoreiden tekniikasta: sensori on täynnä pieniä reseptoreita siinä missä filmi koostuu hiukkasista. Digitaaliset reseptorit ovat huomattavasti herkempiä valon tulokulmalle ja aallonpituudelle kuin filmin hiukkaset.

3.1.3 Tason kaareutuma

Jos objektiivi ei kykene toistamaan kuvaa koko tarkennustasosta tarkkana, puhutaan tason kaareutumasta (eng. *curvature of field*). Tason kaareutuma johtuu linssielementtien rakenteesta: kuperan linssin keskiosa on eri etäisyydellä polttotasosta kuin sen reuna-alueet. Koska polttotaso on aina tasainen, ei korjaamaton kupera linssi voi ikinä tuottaa kuvaa, jossa reuna-alueilla olisi yhtä hyvä resoluutio kuin keskialueilla. Tason kaareutumaa tuottavat objektiivit piirtävät parhaiten keskikohdassa eli *sweet spotissa* (kuva 16). Niiden resoluutio tippuu jonkin verran keskikohdasta ulospäin katsottaessa ja rajusti kuvan ulkoreunoilla.



KUVA 16. Tason kaareutuma, ainoastaan kuvan keskipisteessä oleva kohde on tarkka. Piirron heikkenemisen näkee mm. paidan kuvioinnista. (Léon 1994)

Ensimmäiset objektiivit, joissa tason kaareutuma oli lähes kokonaan saatu korjattua, ilmestyivät 1980-luvulla (Kingslake 1992, 46). Vanhoissa linseissä tason kaareutuma on siis hyvin yleistä. Anamorfisissa linseissä tason kaareutuma on erityisen selkeää (kuva 17). Tason kaareutumaa voi lähes kaikkien aberraatioiden tavoin hillitä sulkemalla aukkoa.



KUVA 17. Tason kaareutuma. Piirto pehmenee seisovan hahmon päälaelta ylöspäin. (Tom of Finland 2017)

3.1.4 Vääristymä

Vääristymällä (eng. *distortion*) tarkoitetaan linjojen kaareutumista kuvassa. Vääristymässä osa kuvasta toistuu suurentuneempana kuin osa. Jos suurennosta tapahtuu enem-

män keskellä kuva-alaa kuin reunoilla, puhutaan tynnyrivääristymästä (eng. *barrel distortion*). Jos kuvataan suorakulmion muotoista kohdetta, tynnyrivääristymä saisi kohteen reunat kaartumaan sisäänpäin. Tynnyrivääristymä on yleisempää laajakulmaisissa objektiivissa. Ns. kalansilmäobjektiivit eli superlaajakulmaobjektiivit tuottavat voimakkaan tynnyrivääristymän (kuva 18).



KUVA 18. Tynnyrivääristymä. Suorat linjat, kuten talojen seinät kaareutuvat sisäänpäin. (Léon 1994)

Jos suurentumisefekti on reunoilla suurempi kuin keskellä, puhutaan neulatyynyvääristymästä (eng. *pincushion distortion*). Jos kuvattava kohde olisi suorakulmion muotoinen, kohteen kulmat lähtisivät venymään ulospäin (kuva 19). Neulatyynyvääristymä on yleisintä puutteellisesti korjatuissa teleobjektiivissa.



KUVA 19. Neulatyynyvääristymä. Reunan linjat, kuten ikkuna ja ovi kaareutuvat ulospäin. (Tom of Finland 2017)

Vääristymiä, toisin kuin melkein kaikkia muita optisia aberraatioita, ei pystytä korjaamaan aukkoa sulkemalla. Vääristymiä pystytään neutraloimaan ainoastaan objektiivin suunnitteluvaiheessa. Joillekin objektiivityypeille vääristymät kuitenkin ovat tunnusomaisia, parhaana esimerkkinä anamorfiset ja hyvin laajakulmaiset objektiivit.

3.2 Epäterävä alue ja bokeh

Objektiivin piirtämässä kuvassa syväterävyysalueen ulkopuolella oleva alue toistuu sumeana, koska osa valonsäteistä kohtaa polttotason etu- tai takapuolella. Terävyysalueen kohteet siis toistuvat pisteinä, siinä missä epäterävät alueen piirtyvät sumeina, sekavina ympyröinä (eng. *circle of confusion*). Bokeh, japaninkielisestä sumeutta ja utuisuutta tarkoittavasta termistä *boke* (ボケ) johdettu lainasana, on otettu yleiseen käyttöön kuvaamaan tätä epäterävän alueen piirron laatua (Nasse 2010, 25).

Huomionarvoista on, että bokeh -sanaa voidaan käyttää myös kuvailemaan liike-epäterävyyttä. Objektiivien tapa toistaa epäterävä alue on yksi selkeimpiä tapoja erottaa objektiivieja toisistaan ja arvioida niitten piirtoa. Erityisesti kapealla syväterävyysalueella kuvattaessa bokehin merkitys korostuu. Laadukkaimmissa objektiiveissa liuku syväterävyysalueelta epäterävälle alueelle tapahtuu pehmeästi ja hajoamisympyrät toistuvat pehmeinä, tasasävyisinä alueina (kuva 20).



KUVA 20. ”Täydellisesti” korjatun Master Prime- objektiivin bokeh. (No Country for Old Men 2007)

Bokehin laatuun vaikuttavat polttotason koko ja laatu, polttoväli, aukkoarvo, etäisyys kohteeseen, etu- ja taka-alojen välinen etäisyys, kohteen muodot ja kuvioinnit, iiriksen muoto, valovoima, kirkkauden vaihtelut ja kohteen värit (Nasse 2010, 25). Suurin osa optisista aberraatioista ilmenee kuvan epäterävällä reuna-alueilla (kuva 21). Tämän vuoksi aberraatioilla on suuri vaikutus bokehin piirtoon ja sen miellyttävyyteen. Mitä laajempi syväterävyysalue, sitä todennäköisempää on aberraatioiden esiintyminen. Suuri osa bokehiin vaikuttavista aberraatioista esiintyy valonlähteitä kuvattaessa



KUVA 21: Epäterävällä alueella monien aberraatioiden vaikutus on selkeimmin nähtävillä. (Tom of Finland 2017)

3.2.1 Bokehin muoto

Bokeh siis muodostuu pehmeinä ympyröinä toistuvista valonsäteistä, joiden kohtaamispaikka on polttotason etu- tai takapuolella. Näiden hajoamisympyröiden muoto riippuu objektiivin iiriksen muodosta. Esimerkiksi saksalaisen CW Sonderopticon Thalia-objektiveissa on täysin pyöreä bokeh, sillä iiris on 15-lehtinen ja avautuu aina pyöreäksi. Englantilaisen Cooken S4i-objektiveissa on 8-lehtinen iiris, joka avautuu hieman kulmikkaaksi ja bokeh toistuu kahdeksankulmiona. Anamorfisten objektiveiden bokeh on puristuksesta johtuen ovaalinmuotoista. Äärimmäinen esimerkki on erikoisefekttilinssejä valmistavan LensBaby-yhtiön vaihdettavat aukkolevyt, joilla saadaan aikaan esimerkiksi sydämen tai tähdenmuotoinen bokeh (liite 2).

Kaikki pehmeät ympyrät eivät kuitenkaan toistu niin, että niiden muodon voisi erottaa. Mikäli epätarkalla alueella on vain keskenään lähes yhtä kirkkaita kohteita, kuten esimerkiksi tasaisesti valaistu kirjahylly tai taivas, pehmeät ympyrät sekoittuvat toisiinsa ja antavat vaikutelman tasaisen pehmeästä taustasta. Kirkkaammat valonlähteet, kuten esimerkiksi lamput tai puun lehtien välistä näkyvä taivas, toistuvat iiriksen muotoisena bokehina.

3.3 Kontrasti ja resoluutio

Objektiivin kykyä erotella valon eri kirkkausalueita kutsutaan sen tuottamaksi kontrastiksi. Objektiivin piirtotarkkuutta kuvaamaan käytetään termiä ”resoluutio”, jolla tarkoitetaan objektiivin kykyä toistaa kohteen yksityiskohtia. Resoluutio tai kuvan terävyys ilmaistaan lp/mm- arvolla (*line pairs per millimeter*), joka ilmaisee kuinka monta vuorottelevaa tasalevyistä valkoista ja mustaa viivaa (tästä englanninkielinen termi *lp* eli *line pairs* eli linjaparit) objektiivi kykenee piirtämään ja erottelemaan kirkkaasti (Kingslake 1992, 67). Objektiivin terävyyttä voi silmämääräisesti arvioida testitaulun avulla tai projisoimalla objektiivin läpi testikuvion linssiprojektorilla.

Lähes kaikki modernit objektiivit ovat kykeneviä tuottamaan riittävän tarkan resoluution sille polttotasolle, mille ne on suunniteltu. Näin ollen mikäli moderni objektiivi ei kykene tuottamaan riittävän tarkkaa kuvaa sensorille, kannattaa tarkistaa, onko se suunniteltu väärän kokoiselle polttotasolle tai onko siinä kenties mekaanisesti jotakin vikaa. Eritoten vanhoissa, huoltamattomissa linseissä linssielementit voivat liikkua paikaltaan, jolloin valo ei kulje objektiivin sisällä tarkoituksenmukaisesti.

3.4 Vinjetointi

Objektiivi ei aina kuljeta yhtä paljon valoa polttotason reuna-alueille kuin keskelle. Tämä ilmenee reuna-alueiden tummentumisena eli vinjetointina. Vinjetointi voi olla optista tai mekaanista. Optista vinjetointia esiintyy jonkin verran kaikissa objektiiveissa. Se syntyy polttotason reunoille osuvien valonsäteiden joutuessa kulkemaan keskelle osuvia valon-

säteitä pidemmän matkan, jolloin valon teho heikkenee. Tämä johtuu objektiivin kohtisuorassa olevasta polttotasosta. Optinen vinjetointi tummuu asteittain ja pehmeästi reunoja kohden. (Kingslake 1992, 120 – 122.)

Mekaaninen vinjetointi johtuu objektiivin piirtoympyrää varjostavista tekijöistä, kuten linssikotelon ulkoreunasta tai objektiivin eteen asetetusta matteboxista. Mekaanisen vinjetoinnin tunnistaa usein reunatummentuman äkillisestä voimakkuudesta ja tumman alueen selkeästä reunasta. Sekä optinen että mekaaninen vinjetointi on huomattavinta tarkennuksen ollessa taka-alalla. Nykyajan formaattiviidakossa vinjetointi aiheutuu yhä useammin objektiivin ja polttotason epäsopivuudesta. Vahvasti vinjetoivat vanhat objektiivit ovat usein tarkoitettu käytettäväksi erikokoisella polttotasolla, eikä näiden piirtoympyräsiis riitä kattamaan koko sensoria.

3.5 Heijastukset: flare spotit ja aavekuvat

Flare eli linssiheijastus syntyy, kun osa objektiivin osuvasta valosta ei taitu oikeassa kulmassa, vaan risteää objektiivin optisen akselin kanssa ja tuottaa polttotasolle himmentimen muotoisen kuvajaisen tai kuvajaisjonon (Kingslake 1992, 127). Mikäli nämä kuvajaiset eivät osu tarkennustasolle, ne eivät tuota tarkkaa kuvajaista himmentimen aukosta, vaan pikemminkin utuisen valoisan alueen kuvapinnalle.

Tämä *flare spot* eli heijastuslaikku on usein näkyvä vaaleampi kuva-alue vain pienimmillä aukoilla (kuva 22). Suuremmilla aukoilla flare spot ikään kuin pesee koko kuvan vaaleammaksi ja tuottaa värillisen hunnun kuvan päälle. Hunnun värin määrittelee kaikki objektiivin osuva valo – sen väri muodostuu kaikkien kohteen värien summasta ja onkin näin keskiarvo kaikista kohteen väreistä. (Kingslake 1992, 129.)



KUVA 22. Miekan kallistaminen valoa kohti tekee siitä suoran valonlähteen, joka aiheuttaa flare spotin. (Rashomon 1950)

Toinen linssiheijastuksen muoto on aavekuva. Aavekuvia muodostuu, kun objektiivin osuu kirkas, suora valonlähde. Objektiivin linssielementeistä monet toimivat kaarevina peileinä, joten valonlähteestä aiheutuva kuva projisoituu polttotasolle yhtenä tai useampana aavekuvana valon poukkoillessa objektiivin sisällä. Aavekuvat voivat olla joko a) tarkkoja aavekuvia valonlähteestä, esimerkiksi kattolampusta, mikäli valonlähde on kaukana objektiivista tai b) aavekuvia himmentimen aukon muodosta, mikäli kohde on lähellä objektiivia. (Kingslake 1992, 124.)

Aavekuvat, toisin kuin flare spotit, liikkuvat kuvapinnalla huomattavasti, kun valonlähteen kulmaa objektiivin suuntaan muutetaan. (Kingslake 1992, 124 – 127.) On hyödyllistä huomata, että sekä aavekuvia että flare spotteja kutsutaan yleisesti vain flareiksi. Flare voi kuitenkin aiheutua eri syistä, mikä kannattaa muistaa epätoivotun flaren yllättäessä kuvaustilanteessa.

3.5.1 Linssien pinnoitus

Aberraatiot ja linssiheijastukset aiheutuvat linssipintojen heijastavasta luonteesta: osa linssiin osuvasta valosta heijastuu ja osa taittuu. Kun tätä heijastumista tapahtuu objektiivin sisällä, objektiivin läpi kulkevan valon määrä vähenee rajusti. Tämä ilmiö aiheutti suuria ongelmia monielementtisten objektiivien suunnittelussa ennen nykyisenlaisten linssipinnoitteiden kehittämistä. (Kingslake 1989, 16 – 17.)

Linssipinnan pinnoittamisessa on useita etuja. Pinnoituksella kasvatetaan linssistön läpi kulkevan valon määrää, jolloin objektiiveista tulee tehokkaampia ja valovoimaisempia. Objektiivin kirjatut aukkoarvot pitävät paremmin paikkansa, kun linssiheijastukset on minimoitu. Flare-ilmiö vähenee, kun valo ei hajaannu yhtä voimakkaasti objektiivin sisällä. (Adams 2003, 71.)

Pinnoittamattomia objektiiveja löytyy erityisesti vanhemmista objektiivisarjoista ja joihinkin elokuvaobjektiivisarjoihin on mahdollista vaihtaa pinnoittamattomat etu- ja takaelementit. Linssipinnoitteet ovat niin vanha keksintö, että olemme tottuneet korjattuun kuvaan. Pinnoittamattomat objektiivit vähentävät usein kuvan kontrastia ja objektiivin valovoimaa, joten niitä käyttäessä kannattaa olla tietoinen pinnoituksen puuttumisesta

seuraavista ilmiöistä. Pinnoituksen puuttuminen altistaa lasin myös kulumalle. Pinnoittamaton lasi naarmuuntuu herkästi ja hapettuaan vuosien varrella se myös sumenee, mikä aiheuttaa maitomaisen hunnun sen tuottamaan kuvaan.

3.5.2 Heijastusten välttäminen

Edes linssipinnoitteet eivät poista kaikkia flareja. Objektiivien kehittymisen myötä flare spot-ilmiö on yhä harvinaisempi, mutta aavekuvia todennäköisesti syntyy, kun kuva-alalla tai heti sen ulkopuolella on kirkas valonlähde. Flaret ovat tyypillisimpiä laajoille polttoväleille. Flaren syntyä edesauttavat naarmut, huurre, tahrat, sormenjäljet ja pöly linssin pinnalla. Myös kaikki ylimääräiset lasipinnat, kuten filtit, lisäävät valon taittumiskertoja ja altistavat flareille. Laadukkaimmat filtit ovat heijastamattomia, mutta riski aavekuvien syntyyn kasvaa aina valoa kuljettavien lasien lisääntymisen myötä.

Jos flaren aiheuttaja on kuva-alan ulkopuolella, aavekuvien syntyä voi parhaiten estää blokkaamalla valonlähteen flarea aiheuttava osa esimerkiksi matteboxilla tai muulla vastavalosuojalla. Valonlähteestä tulevaa valoa voi myös leikata asettamalla sen eteen varjostin eli flägi. Jos flaren aiheuttaja on kuva-alan sisällä, sitä on lähes mahdotonta korjata himmentämättä valonlähdettä tai muuttamatta objektiivin ja kameran kulmaa (Adams 2003, 71). Siksi objektiivin ollessa naarmuinen on hyvä miettiä, tullaanko sitä käytettäessä kuvaamaan suoria valonlähteitä.

3.5.3 Heijastumien dramaturginen käyttö

Linssiheijastumia on käytetty dramaturgisesti hyödyksi elokuvissa, mainoksissa, musiikkivideoissa ja tv-sarjoissa. Jo Akira Kurosawan käytti elokuvissaan linssiheijastumia hyödyksi ja kuvasi metsiä eri lailla kuin kukaan aiemmin: suora auringonvalo siivilöitynä puun lehtien välistä loi aikaan utuista flarea ja taianomaista tunnelmaa.

Kuvaajat valitsevat yhä useammin pinnoittamattomia linsejä, heijastuksia tuottavia filtereitä ja anamorfisia objektiiveja niiden heijastusominaisuuksien ja vanhan objektiivin patinan takia luodakseen kuviinsa omalaatuisen lookin. Linssiheijastumia ja optisia aber-

raatioita on tällä hetkellä erittäin kallista ja toisinaan mahdotonta korjata liikkuvasta kuvasta jälkituotannossa, joten nämä virheet nähdään mahdollisuutena luoda elokuvaan kiinteästi oma look.

Linssiheijastumia syntyy usein luonnollisesti auringonvalossa ja niitä käytetään usein viestimään hurmiota, onnea ja lämpöä (kuva 23). Anamorfisille objektiiveille tunnusomaiset horisontaaliset viivamaiset ja sinertävät flaret ovat monien rikos- ja scifi-elokuvien peruskuvastoa, ja usein flareilla korostetaan liikkuvan valonlähteen dramaturgista merkitystä.



KUVA 23: Flare korostamaan herkkää hetkeä. (Pride and Prejudice 2005)

Tietokonegrafiikan aikakaudella flareja ja muita objektiivien piirto-ominaisuuksia käytetään luomaan orgaanisempi tunnelma tietokoneella luotuihin ympäristöihin. Animaatioissa, kuten Pixarin Wall-E:ssä (2008) ja Ratatouillessa (2007) on käytetty anamorfisista linseistä mallinnettuja linssiheijastumia- ja vääristymiä. Uuden ajan Star Wars- (2015 – 2017) ja Star Trek (2009) - elokuvissa avaruuskohtauksiin on usein lisätty flareja esimerkiksi avaruusaluksen lentäessä kuva-alaan tuomaan aitouden tunnetta (kuva 24).



KUVA 24: Esimerkki tietokoneella luodusta flaresta. (Star Trek 2009)

4 POLTTOVÄLIN DRAMATURGIA

Objektiivin ominaisuuksista voimakkain ja määrittävin on sen polttoväli. Objektiivin polttoväli määrittää kuvakulman, josta katselemme elokuvan maailmaan. Polttovälivalinnalla on mahdollista päättää, mitä näytetään katsojille ja mitä rajataan ulos kuvasta. Polttovälillä voidaan haluttaessa vääristellä todellisuutta tai tallentaa sitä dokumentaarisesti ihmissilmää jäljitellen. Polttoväli on parhaimmillaan voimakas draaman keino ja vertaansa vailla oleva tarinankerronnan työkalu kuvilla kertovalle.

4.1 Polttovälityypit ja kuvakulma

Objektiivit jaetaan tyypillisesti kolmeen kategoriaan: laajakulmaobjektiiveihin, normaaliobjektiiveihin ja kauko-objektiiveihin. Kategorijaottelu ei kuitenkaan ole yksiselitteinen, sillä polttovälin normaalius on suoraan sidonnainen polttotason eli kameran sensorin tai filmin kokoon. Toisaalta normaalilla polttovälillä voidaan viitata myös ympäristöään vähiten vääristävään polttoväliin.

Polttoväli tuottaa erilaisen kuvakulman eri kokoiselle polttotasolle. Laajakulmaobjektiivin kuvakulma on $>70^\circ$, normaaliobjektiivin $45\text{-}55^\circ$ ja teleobjektiivin $<35^\circ$ (Hedgecoe 1979, 212). Sama polttoväli tuottaa aina saman kuvakulman samankokoiselle polttotasolle. Polttotason koko vaikuttaa siihen, kuinka suuri kulma objektiivin tuottamasta kuvakulmasta toistuu (ks. 2.2.5).

4.1.1 Normaaliobjektiivi

Normaaliobjektiivi jäljittelee ihmisen näkökykyä ja toistaa kuvattavan kohteen pitkälti sellaisena kuin se on. Objektiivi tuottaa normaalin, ihmissilmää vastaavan kuvan polttotasolle, kun sen polttoväli on lähellä polttotason lävistäjän pituutta. Normaaliobjektiivi on esteettisestä näkökulmasta dokumentaarinen ja toteava, sillä kuvakulma ja syväterävyysalue eivät tarjoa voimakkaita erityisominaisuuksia (kuva 25). Normaaliobjektiivillä on mahdollista tallentaa todellisuutta luonnollisesti.



KUVA 25: 40mm normaaliobjektiivin toteava todellisuus. (Kummisetä 1972)

Esimerkiksi Arri Alexa Minin kennon koko on 26,40mm x 14,85mm, eli lävistäjän pituus on n. 30,3 mm – Alexa Minin kanssa kuvattaessa normaalipolttoväli on siis karkeasti 30-35mm. Suuremmalla sensorilla varustetun Alexa LF:n sensorin koko on 36,7mm x 25,54mm, eli lävistäjän pituus on n. 44,7mm - tällä kameralla kuvattaessa normaalipolttoväli on siis n. 45-50mm. Arrin kameraperheen isoveljen, Alexa 65:n sensori on 54,12mm x 25,58mm, joten lävistäjän pituus on 59mm – mikä tarkoittaa normaalipolttovälin olevan n. 60 mm. (Arri.com 2018.)

Usein törmää käsitykseen 50mm:n objektiivista normaaliobjektiivina. Tämä juontaa kinofilmikameroiden aikaan, jolloin 50mm oli yleisesti käytetty normaaliobjektiivi kinofilmeille (24mm x 36mm), jonka lävistäjä on n. 43mm. Kinofilmikameroiden yleisyydestä ja 50mm polttovälin helpohkosta rakenteesta johtuen 50mm linseistä kehittyi yleisimpiä, edullisimpia ja valovoimaisimpia. On siis hyvä muistaa, että esimerkiksi Super35-kokoisella kennolla 50mm objektiivi tuottaa pienemmän kuva-alan kuin Full Frame-kennolla, mikä tekee 50mm objektiivista Alexa Minin kennolla ennemminkin kauko-objektiivin kuin normaaliobjektiivin.

4.1.2 Laajakulmaobjektiivi

Laajakulmaobjektiivi näyttää nimensä mukaisesti laajan, yli 70°:n kuva-alan kohteesta. Laajakulmaobjektiiveilla tyypillisiä piirteitä ovat lyhyt lähitarkennusetaisyys, laaja syväterävyysalue ja reuna-alueiden vääristymät. Laajakulmaobjektiivien tuottama laaja kuva-ala on erityisen tarpeen laajempia kuvia kuvattaessa niin maisemassa kuin ahtaissa sisätiloissakin, joissa olisi tiiviimmän polttovälin kanssa mahdotonta liikkua.

Laajakulmaobjektiiviksi voidaan löyhimmillään luokitella periaatteessa mikä tahansa objektiivi jonka polttoväli on lyhyempi kuin polttotason lävistäjä. Mitä lyhyempi polttoväli, sitä laajakulmaisempi objektiivi. Mitä laajakulmaisempi objektiivi, sitä enemmän laajakulmille tyypilliset ominaisuudet korostuvat. Laajakulmaobjektiivilla pääsee todella lähelle kohdetta, mutta mitä lähempänä kohde on objektiivia, sitä enemmän sen mittasuhteet vääristyvät. Lähellä objektiivia oleva kohde myös erottuu taustasta paremmin, sillä etäisyydet korostuvat (kuva 26).



KUVA 26: Laajakulmaobjektiivilla pienikin liike, kuten askel eteenpäin, voi muuttaa kohteen suhdetta taustaan merkittävästi. (Fight Club 1999)

4.1.3 Kauko-objektiivi

Kauko-objektiivi näyttää kapean, $<35^\circ$:n kuva-alan kohteesta. Kauko-objektiiviksi voidaan määritellä mikä tahansa objektiivi, jonka polttoväli on pidempi kuin polttotason lävistäjä. Kauko-objektiiveja kutsutaan usein teleobjektiiveiksi, mutta termiä ei pidä täysin sekoittaa kauko-objektiiviin, vaikka sen käyttö puhekielessä onkin täysin sallittua. Todelliset teleobjektiivit asettuvat lähemmäksi polttotasoa, kuin niiden polttoväli antaa ymmärtää – näin pystytään kiertämään kauko-objektiiveille tyypillinen suuri koko (Adams 2003, 59).

Kauko-objektiiveja on perinteisesti käytetty erityisesti kaukana olevien kohteiden kuvaamisessa, sillä ne ikään kuin suurentavat kohteen kuvapinnalle (kuva 27). Toinen perinteinen käyttötarkoitus kauko-objektiiveille on muotokuvaus. Kauko-objektiivit tuottavat kapeamman syväterävyysalueen ja siksi ne pystyvät erottelemaan kohteen taustasta laajempia objektiiveja paremmin. Tiiviimpi kuvakulma myös auttaa rajaamaan taustan kohteita paremmin ulos kuvasta – näin estetään kohteen hukkuminen taustan yksityiskohtiin.



KUVA 27: Teleobjektiivilla päästään lähelle kohdetta kaukaakin, mutta syväterävyysalue on kapea. (Seven 1995)

Kuten laajakulmaobjektiivit, ovat kauko-objektiivitkin alttiita vääristymille. Elokuvaauksessa on myös huomionarvoista, että kauko-objektiivit korostavat liike-epäterävyyttä – samalla kun kohteen koko suurenee, suurenee myös liikkeen ja tärinän vaikutus. Mitä tiiviimpi polttoväli, sitä suurempi on epätoivottujen ominaisuuksien vaikutus.

4.2 Polttovälin dramaturginen käyttö

Eri polttovälin objektiivit tarjoavat erilaisia ominaisuuksia kuvakulman suhteen. Kuvakulma on voimallinen työväline elokuvaajalle. Eri polttovälit erottelevat kuva-alan kohteita eri lailla ja tarjoavat näin erilaisia näkökulmia kuvattaviin kohteisiin. Kuvakulma tarjoaa elokuvaajalle myös monia apuvälineitä tilan ja kasvojen muokkaamiseen.

Nappiin osunut polttoväli valinta voi parantaa kuvan visuaalista dynamiikkaa ja auttaa viestimään esimerkiksi hahmojen välisiä valtasuhteita tai lisätä tilannekomppiikkaa. Polttoväli valinnalla on mahdollisuus rajata näkökulmaa, lisätä kuvan intensiteettiä tai rauhoittaa kohteen ympäristöä.

4.2.1 Kasvot

Liikkuvassa kuvassa ihminen on usein tärkein kohde, joka kiinnittää katsojan huomion. Polttovälien erilainen kuvakulma tuottaa erilaisen kuvan kasvoista eri polttovälillä, sillä laajat objektiivit liioittelevat etäisyyksiä ja tiiviit polttovälit latistavat niitä. Kriittisimmin nämä ominaisuudet tulevat esiin juuri kasvoja kuvattaessa, erityisesti jos kamera ei ole täysin kohtisuoraan kohteeseen ja silmien tasolla. Ihmiskasvot on mahdollista saada näyttämään hyvinkin erilaisilta eri polttoväleillä.

Elokuvaauksessa polttovälien hienovaraisia eroja on hyödyllistä tutkia jokaisen näyttelijän kohdalla erikseen. Esimerkiksi useassa elokuvassa Audrey Tautoun kanssa työskennellyt Bruno Delbonnel on kartoittanut, mitkä polttovälit toimivat juuri hänen kasvojensa kanssa. Jean-Pierre Jeunetin Améliassa käytetään lähes poikkeuksetta silmien tasoon nähdessä olevaa kameraa ja paljon laajakulmaista objektiivia (kuva 28), joten Delbonnel teki lukuisia testejä näyttelijättären kanssa löytääkseen polttovälit, joiden kanssa työskennellä. Tautoun kasvot toistuivat kauniisti 25mm ja 27mm objektiivilla ja 21mm

objektiivin toimi vain tietyissä kuvakulmissa, kun taas 18mm ja 35mm objektiivi eivät toimineet ollenkaan (A Very Long Engagement, 2004, 2).



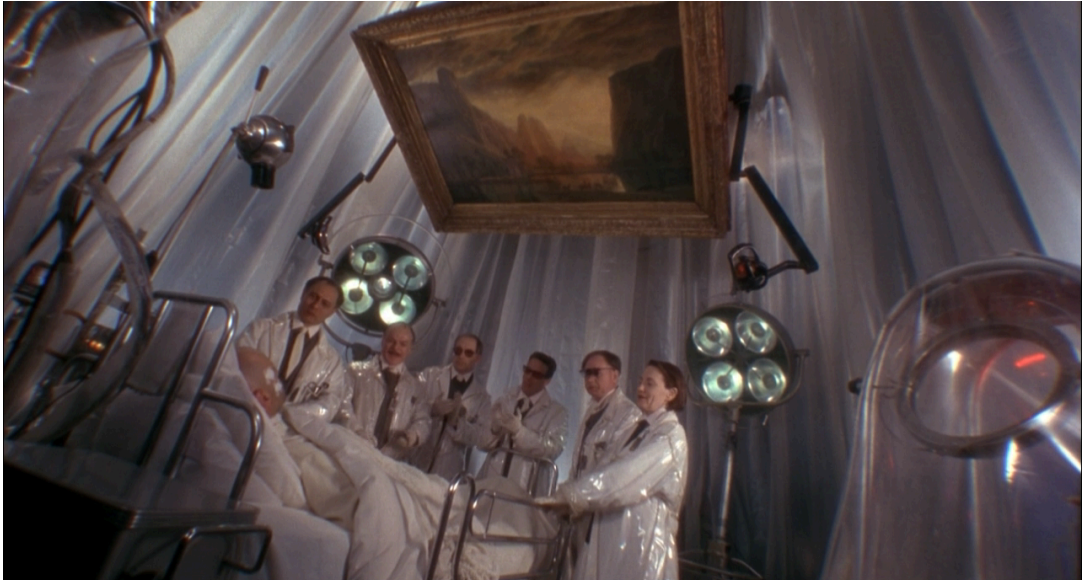
KUVA 28: Laajakulmaobjektiivin vääristää kasvojen mittasuhteita erityisesti kulmasta kuvattuna. (Amélie 2001)

Komediassa laajan polttovälin käyttö lähikuvissa on yleistä, sillä kasvojen vääristymä tuo hahmoihin helposti koomisia piirteitä, kuten epätavallisen suurelta näyttävä suu tai nenä. Kauko-objektiivit taas usein pidentävät kasvoja ja saavat esimerkiksi korvat näyttämään päätä myöden taittuvilta, mikä tekee joistakin kasvoista luuhumman näköiset. Polttovälin vaikutusta kasvoihin on kiinnostavaa tutkia kuvaamalla samaa mallia eri polttoväleillä (liite 3).

4.2.2 Etäisyydet, tila ja liike

Kuvakulma muokkaa vahvasti etäisyyksien tajua. Laajoilla objektiiveilla etäisyydet näyttävät kasvavan ja tiiviillä objektiiveilla etäisyydet näyttävät tiivistyvän. Kauko-objektiiveilla voidaan kuvata kaukana olevia kohteita luoden illuusio niiden läheisyydestä, mutta usein myös kaukaa katsomisen illuusio vahvistuu. Kauko-objektiivit ovat omiaan luomaan tarkkailun tai jopa voyerismin vaikutelmaa.

Laajoilla objektiivilla pystytään luomaan tilan tuntua esimerkiksi pieneen asuntoon, mutta erityisesti kulmassa kuvattuna ne myös luovat vääristyneen, suorastaan surrealistisen tunnelman. Tätä surrealismin tuntua on hyödyntänyt mm. Terry Gilliam (kuva 29) *Twelve Monkeys*- dystopiassa (1995) ja huumehöyryisessä *Gonzo-seikkailussa* *Pelkoa ja inhoa Las Vegasissa* (1998). Jälkimmäisessä hyödynnetään myös erinomaisesti laajakulmaobjektiivin ominaisuutta liioitella kohteiden liikeratoja.



KUVA 29: Laaja kuvakulma luo lähes surrealistisen näkymän. (*Twelve Monkeys* 1995)

Laajakulmaiset objektiivit näyttävät laajan kuva-alan kohteesta ja luovat illuusion kohteiden etäisyydestä, vaikka ne olisivat lähellä. Tätä ominaisuutta pystytään hyödyntämään liikkeen kuvaamisessa, sen liioittelussa tai hillitsemisessä. Laajalla objektiivilla liikkuva kohde kuvattaessa tämän liike näyttyy laajempaan ja nopeampana (kuva 31).



KUVA 31: Laajakulmaobjektiivi liioittelee liikkeen kaarta ja nopeutta. (*Road to Perdition* 2002)

Kauko-objektiivin tarjoama kapeampi kuvakulma taas vastaavasti tiivistää etäisyyksiä ja luo vaikutelman, että kuvan kohteet ovat todellista lähempänä toisiaan. Tämä efekti saa myös liikkeet vaikuttamaan hitaammilta. Mitä tiiviimpi objektiivi, sitä hitaammalta ja pienemmältä kohteen liikerata näyttää. Tätä ominaisuutta on usein hyödynnetty suurkaupunkikuvauksissa, jossa ihmismassa on haluttu saada näyttämään purkitetuilta sardiineilta (kuva 32).



KUVA 32: Teleobjektiivi tiivistää kohteiden keskinäisiä etäisyyksiä. (Road to Perdition 2002)

Teleobjektiivilla kuvattaessa kameraa kohti liikkuvat kohteet näyttävät liikkuvat hitaammin ja niillä onkin mahdollista luoda illuusio saavuttamattomuudesta. Esimerkiksi elokuvassa Payback (1999) on kauko-objektiivilla tehty kuva, jossa Mel Gibsonin hahmo juoksee kohti kameraa suorastaan unenomaisen hitaasti, ikinä saavuttamatta kohdettaan.

Kohteiden mittasuhteiden erilaista toistumista eri polttoväleillä on tehokkaasti käytetty hyödyksi myös Peter Jacksonin Lord of The Rings-elokuvasarjassa (2001 – 2003), jossa on onnistuneesti luotu illuusio hahmojen kokoerosta kameratrikeillä. Polttovälivääritysmää, liikkuvaa kameraa ja sen kanssa samassa suhteessa liikkuvaa kohdetta hyötykäyttämällä on saatu luotua illuusioita eri kokoisista liikkumattomista kohteista. (Lord of the Rings 2002.)

4.2.3 Sama kuvakulma läpi elokuvan

Osa kuvaajista käyttää tehokeinoja eri polttovälien vaihtelun sijaan yhdessä tai vain harvassa polttovälissä pitäytymistä läpi elokuvan. Kuvakulman vaihtelu on hienovaraista, eikä moni katsoja rekisteröi sen muutosta. Kuitenkin samankaltaisen kuvakulman ylläpitäminen läpi elokuvan luo tiettyä rauhallisuutta ja yhtenäisyyttä. Vaikka katsoja ei ymmärrä, mistä kuvakulman vaihdoksen aiheuttama muutos johtuu, muuttaa kuvakulma katsojan asemaa kohteeseen ja täten vaikuttaa katsojaan alitajuisesti.

Monet elokuvantekijät suosivat hyvin rajattua objektiivirepertuaaria. Esimerkiksi mestarikuvaaja Gordon Willis kuvasi kaikki Kummisedät (1972 – 1990) käyttäen pääasiassa Bauch & Lombin 40mm Baltar-objektiivia. 75mm Baltaria käytettiin lähikuvissa ja zoom-objektiivia tarvittaessa, kuten Kummisetä I:n (1972) legendaarisessa avauskuvassa tiiviitä kasvokuvia pohjustamaan. Willis piti tärkeänä, että elokuvan visuaalista tilaa näytetään samasta perspektiivistä, eikä kuvakerronta missään tapauksessa vie huomiota tarinalta. 40mm objektiivi vääristää mittasuhteita minimaalisesti ja on luonteeltaan suorastaan toteava. Kummisetä-elokuvien observeiva, silmien korkeudelta kuvattu tyyli kantaa-kin läpi elokuvasarjan (kuva 33) – ja on myös nähtävissä muissa Willisin kuvaustöissä. (Bergery, 2015.)



KUVA 33: Kummisetä- elokuvat kuvattiin pääosin 40 mm objektiivilla. (Kummisetä 1972)

Luca Guadagninon *Call Me By Your Name* (2017) on kuvattu ainoastaan 35mm Cooke s4i-objektiivilla käyttäen. Päätös elokuvan kuvaamisesta yhdellä objektiivilla syntyi jo alkutuotannossa ohjaajan visiosta. Juuri 35mm objektiivi valikoitui yksinkertaisuutensa ja ihmissilmää jäljittelevän perspektiivin vuoksi. Kuvaaja Sayombhu Mukdeeprom epäröi valintaa sen tuoman lisätyötaakan ja mahdollisten umpikujien takia, mutta toteutti ohjaajan vision suunnittelemalla kaikki kuvat 35mm polttovälille. (Jakub 2018.)

Objektiivivalikoiman rajoittaminen vain yhteen polttoväliin tyypistää myös elokuvan budjettia huomattavasti – objektiivit ovat päivävuokrahinnaltaankin kalliita. Voisi spekuloida, että Guadagninon päätös yhdellä objektiivilla kuvaamisesta osaltaan mahdollisti elokuvan kuvaamisen 35mm filmille. Paitsi vuokraan kuluvaan rahaa, säästää yhdellä objektiivilla kuvaaminen myös aikaa, kun objektiivia ei tarvitse vaihtaa ja työryhmä tottuu yhden kuvakulman kanssa työskentelyyn.

5 ELOKUVAOBJEKTIIVIN VALITSEMINEN

Elokuvaobjektiivivalinnan ensimmäinen vaihe on tuotannon vaatimusten selvittäminen. Ennen objektiivien valintaa on hyvä miettiä, millaisia kuvallisia ratkaisuja aikoo tehdä. Kuvakäsikirjoituksen pohjalta on helpompi löytää toivotut polttovälit ja tarkentaa sen toteuttamisen vaatimia teknisiä edellytyksiä. Visuaalisen tyylin hahmotteleminen auttaa löytämään sitä parhaiten palvelevan piirron. Myös elokuvaobjektiiveihin käytettävissä oleva budjetti näyttelee suurta roolia valinnassa, sillä objektiiveja löytyy monen laatusia ja sitä kautta myös hajonta niiden hinnoissa on suurta. Tässä luvussa esittelen elokuvaobjektiivin valintaan vaikuttavia tekijöitä ja niiden arvioimistapoja. Leijonanosa esiteltävästä tiedosta on ammennettu työkokemuksestani kamera- ja linssiteknikkona.

5.1 Tekniset vaatimukset

Sisällöllistä liikkuvaa kuvaa tuotettaessa tuotanto asettaa yleensä monia vaatimuksia käytettävälle optiikalle. Nykypäivän vaatimukset vaihtelevat aina tuotantokohtaisesti perinteisistä käyttömukavuuteen liittyvistä tarpeista erikoistehosteiden luomisen vaatimiin edellytyksiin.

Elokuvaobjektiivin valinta onkin hyvä aloittaa kartoittamalla vaatimukset, jotka sen olisi hyvä täyttää. Usein merkittävä tekijä objektiivin valinnassa on vuokrahinta ja saatavuus. Objektiivivaihtoehtoja on siis helpompi lähteä kartoittamaan, kun tiedossa on käytettävä kamera ja objektiiveihin käytössä oleva budjetti.

5.1.1 Yhteensopivuus

Kamera ja objektiivi ovat erottamaton työpari. Elokuvan optiikkaa valitessa onkin tärkeää arvioida kameran ja objektiivin yhteensopivuutta. Elokuvauksen historian aikana objektiiveja on valmistettu useille eri kamerajärjestelmille, joten objektiiveja löytyy monenlaisilla piirtoympyröillä ja kiinnityksillä.

Elokuvaobjektiiveja on myös valmistettu lukuisiin eri kiinnitysjärjestelmiin eli bajonetteihin. Kiinnitysjärjestelmissä objektiivin takaelementin etäisyys polttotasosta on usein

eri, joten objektiivien sovittamiseksi toisiin järjestelmiin tarvitaan erilaisia bajonettiadaptereita.

Sama bajonetti ei takaa samaa polttoympyrää, joten on tärkeää varmistaa objektiivin kattavuus. Kameran polttotason, eli sensorin tai filmin, tulee mahtua valittujen objektiivien piirtoympyrän sisään. Esimerkiksi 16mm filmille suunnitellut objektiivit eivät välttämättä kata Super 35-kokoista kennoa (Arri Alexa/Amira, RED Helium) tai Super 35- kennolle valmistetut objektiivit eivät välttämättä kata Full Frame-kokoista kennoa (Alexa LF, RED Monstro, Sony Venice). Mikäli objektiivin piirtoympyrä ei kata kameran polttotasoa, se vinjetoi (ks. 3.3). Mitä pienemmälle polttotasolle objektiivi on suunniteltu, sitä enemmän se vinjetoi suuren polttotason kameroissa. Objektiivivalmistajat julkaisevat taulukoita tuotteidensa yhteensopivuudesta suosittujen kameroiden kanssa.

5.1.2 Lähitarkennusetäisyys ja valovoima

Kuvasuunnitelmasta, valaisuolosuhteista ja kuvauspaikoista riippuen saattaa olla tärkeää, että objektiivi on riittävän valovoimainen tai että sillä on mahdollisuus kuvata kohdetta lähietäisyydeltä. Objektiivien valovoima vaihtelee suuresti. Yleensä niin sanotut *nopeat* eli valovoimaiset objektiivit ovat kaikkein hankalimpia valmistaa ja siksi kalliimpia. Nopeat objektiivit mahdollistava kuvaamisen erittäin pienellä syväterävyysalueella tai olosuhteissa, joissa ei ole paljon saatavilla olevaa valoa.

Mikäli tuotannon kuvasuunnitelmassa on runsaasti lähikuvia tai kuvia, joissa on tarkoitus käyttää erittäin matalaa syväterävyysaluetta, on hyvä miettiä tuottaako objektiivien lähitarkennusetäisyys ongelmia. Mikäli valitut objektiivit täyttävät muuten annetut vaatimukset, mutta lähitarkennusetäisyys on liian kaukana, voidaan budjetin salliessa käyttöön ottaa lähikuvaukseen tarkoitettuja apuvälineitä, kuten close-up dioptereita tai loittorenkaita.

5.1.3 Linssikotelo ja objektiivin fyysinen koko

Yksi tärkeimpiä elokuvaobjektiivit still-objektiiveista erottelevista ominaisuuksista on tarkennusrenkas ja zoom-objektiiveissa zoom-renkas. Elokuvatessa objektiivin tarkennuksen ja zoomauksen sulavuus korostuu, sillä luonnollisesti stillkuvia kuvatessa nämä ominaisuudet eivät ikinä välity lopputulokseen.

Elokuvaruudun sisällä halutaan usein vaihtaa tarkennusta esimerkiksi taka-alalla olevasta henkilöstä etualalla olevaan. Tarkennuksen vaihtamiseen käytetään tavallisesti follow focusta tai langatonta tarkennusjärjestelmää, jossa objektiivin tarkennusrengasta pyöritetään siihen kiinnitettyä moottoroitua ratasta kauko-ohjaamalla. Follow focuksissa ja linssimoottoreissa linssiskaalaa pyörittävän rattaan hammastus on useimmiten standardikokoa 0,8mm. Tästä johtuen lähes kaikki modernit elokuvaobjektiivit rakennetaankin niin, että kaikissa objektiivin skaaloissa (tarkennus, aukko, zoom) on 0,8mm hammastuksella oleva tarkennusrenkas.

Still-kuvaamiseen tarkoitetuissa objektiiveissa tarkennusskaala on usein myös paljon lyhyempi kuin elokuvaobjektiiveissa. Hyvin suunnitelluissa elokuvaobjektiiveissa on tyyppillisesti n. 300° kääntyvä fokusskaala, jossa tarkennusetäisyydet on selkeästi merkitty objektiivin fokusskaalan vaippaan (Stump 2014, 145).

Jos käytettävien objektiivien etuhalkaisija ja skaalojen paikat ovat keskenään samoja (kuva 34), ei kuvien välillä jouduta muuttamaan follow focuksen, linssimoottorin tai matteboxin paikkaa tai matteboxin objektiivin ympärysmittaan muokkaavaa sovitetta eli donitsia. Objektiivien ulkoinen yhdenmukaisuus korostuu erityisesti tiukasti aikataulutetuissa tai pienen kameraryhmän tuotannoissa – joita valitettavasti leijonanosa tuotannoista on.



KUVA 34. ARRI Master Prime objektiivisarjassa jokaisella objektiivilla on keskenään sama etuhalkaisija ja samalla etäisyydellä olevat 0,8mm tarkennus- ja aukonsäätöskaalat

Elokuvaobjektiveja valittaessa onkin syytä testata objektiivin optisten ominaisuuksien lisäksi myös sen mekaaninen kunto. Skaalojen tulisi liikkua sulavasti, tasaisesti ja ilman liikaa kitkaa. Erityisesti tarkennusskaalan jäykkyys tai jumiutuminen aiheuttaa helposti vakavia ongelmia kuvauksissa.

Talvisaikaan kuvatessa on tärkeää testata objektiivien mekaanista toimivuutta kylmässä. Linssikotelot ovat mekaanisia järjestelmiä, joissa käytetään usein rasvaa toiminnan sulavoittamiseksi. Jotkin objektiivirasvat ovat tarkoitettu lämpimämpiin ilmastoihin ja jäykistyvät pakkasella pahimmillaan jähmettämällä objektiivin toimintakelvottomaksi. Myös lämpölaajeneminen saattaa aiheuttaa hankaus- ja jäykistymisongelmia erityisesti objektiiveissa, joissa on käytetty eri tavalla lämpölaajenevia materiaaleja.

Sopivan elokuvaobjektiivin valinnassa on joskus myös syytä kiinnittää huomiota objektiivin kokoon ja painoon. Erityisesti kameran vakausjärjestelmien, kuten gimbaalien tai Steadicamin kanssa työskennellessä painavat ja kookkaat objektiivit saattavat tuottaa ongelmia järjestelmän tasapainotuksessa. Erityisen painava objektiivi saattaa aiheuttaa haittaa myös käsivarakuvauksessa kamerasetin etupainoisuutena tai kuvaajan väsymisenä.

5.1.4 Linssidata

2000-luvun elokuvaobjektiivit viestivät usein kameralle tiettyä dataa jatkuvasti. Objektiivin sisällä kulkee tietoa, joka välittyy kameras kautta tallennettaviin materiaaleihin sekä kameras että objektiivin bajoneteissa olevien kontaktien välityksellä. Objektiivin malli, tarkennusetäisyys, aukkoarvo ja polttoväli tallentuvat hetki hetkeltä kameras tallentamiin materiaaleihin metadatanä. Objektiivien valmistajilla on eri informaatiojärjestelmiä, joista yleisimmät ovat Cooken kehittämä i/-teknologia, Arrin kehittämä LDS (Lens Data System) ja Canonin EF-protokolla.

Objektiivista kerättyä tietoa sisältävä metadata on todella arvokasta jälkituotannossa, kun kuvalle tehdään korjailuja tai erityisesti mikäli materiaaliin aiotaan lisätä erikoiseffektejä. Linssidata on usein myös tarpeen langattomien tarkennusjärjestelmien kanssa, kun elokuvan focus puller eli tarkentaja on kaukana objektiivista, eikä pysty seuraamaan tilannetta kameras vierestä. Mikäli linssidatajärjestelmä on yhteensopiva langattoman tarkennusjärjestelmän kanssa, näkee tarkentaja objektiivin polttovälin, tarkennusetäisyyden ja aukkoarvon suoraan langattomasta kontrolliyksiköstään (kuva 35).



KUVA 35. Arrin WCU-4 etäkontrollijärjestelmä käyttää linssidataa. (ARRI, 2018)

5.2 Objektiivin optisten ominaisuuksien arviointi

Objektiivien piirtokykyä ja resoluutiota mittaamaan on kehitetty monia apuvälineitä. Tavallisimmin objektiivivalmistajat käyttävät MTF-käyriä (eng. MTF-curve) esitelläkseen objektiivien piirtokykyä funktiokuvaajan avulla. MTF on lyhenne sanoista *modular*

transfer function eli modulaarinen siirtofunktio, jonka piirrettyä, siniaallon muotoista kuvaajaa kutsutaan MTF-käyräksi. (Nasse 2008, 5.) MTF-käyriä käytetään ilmaisemaan objektiivin resoluutiota, terävyyttä, rakeisuutta ja kontrastia samanaikaisesti.

Modulaarisen siirtofunktion pohjana käytetään sinimuotoista viivakuviota, jonka tummien ja kirkkaiden alueiden vaihtelua kuvataan funktiolla. MTF-käyrä onkin siis siniaallon muotoinen kirkkausjakauman kuvaaja, jolla esitetään, kuinka mahdollisimman yksinkertaisen näköinen kohde - eli tämä sinimuotoinen viivakuvio – toistuu. Sinimuotoisen viivakuvion kuvaaja on aina siniaallon muotoinen, oli kyseessä minkä tahansa laatuinen objektiivi. Kun alkuperäisen viivakuvion ja objektiivin tästä tuottaman kuvan kirkkauden vaihteluarvot jaetaan toisillaan, saadaan aikaan yksinkertainen kuvaaja objektiivin piirtokykyä esittämään. (Nasse 2008, 6.)

Kirkkauden ja tummuuden välistä eroa kutsutaan optiikassa kontrastiksi, mutta laajemmin tällaista jaksottaista, sinimuotoista vaihtelua tarkoittaa lainasana modulaatio ja menetelmällä tutkitaan objektiivin kykyä siirtää informaatiota, siitä nimi modulaarinen siirtofunktio. (Nasse 2008, 6.)

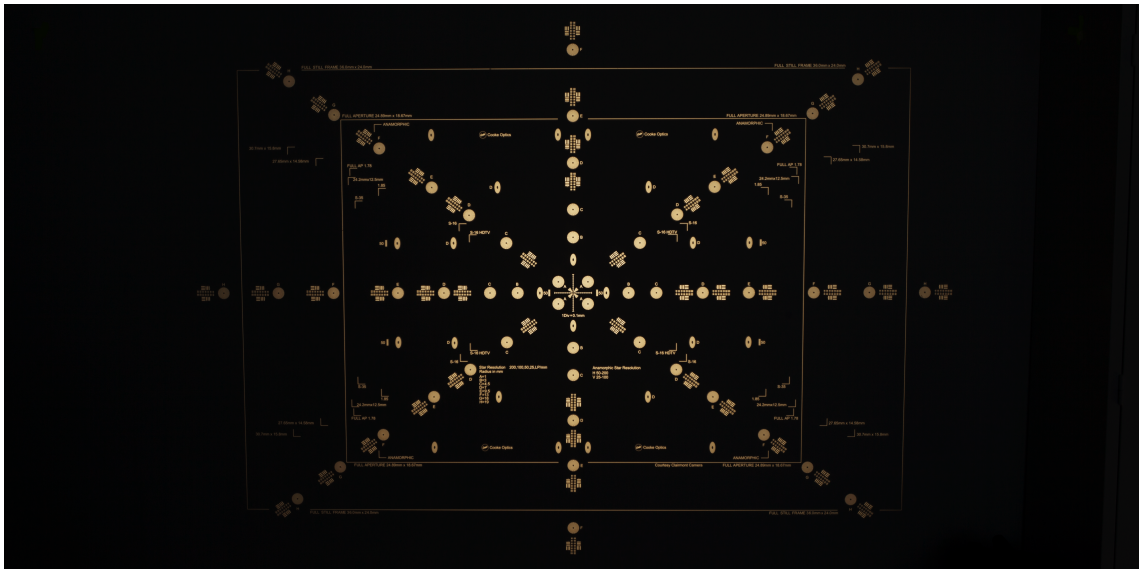
MTF-käyrä on osaavalle tulkitsijalle hyvä tapa saada kuva objektiivin piirtokyvystä objektiivia testaamatta. Oppaita MTF- käyrien tulkitsemiseen on kirjoittanut julkiseen internetjakeluun esimerkiksi Zeissin optiikkainsinööri H.H. Nasse (2008, 2009). Pelkästään MTF-käyriä vertaamalla on kuitenkin hankalaa saada käsitystä objektiivin piirron luonteesta, eikä niiden ymmärtäminen ole mikään edellytys objektiivien piirtokyvyn arvioinnissa kuvaustilanteeseen. MTF-kaavio kertoo ainoastaan kuvanmuodostuksen yhdestä osasta, objektiivista, eikä kerro meille mitään siitä, kuinka objektiivi käyttäytyy kunkin polttotason kanssa tai ota huomioon esimerkiksi ihmissilmän kykyä erotella kirkkaustasoja (Nasse 2008, 28).

Paras tapa optiikan arviointiin onkin objektiivien testaaminen itse. Elokuvakalustovuokraamoiden kanssa asioidessa voidaan usein pyytää useampia objektiivimalleja testiin ja vertailuun. Hyvä tapa onkin aluksi selvittää, minkä tyyppisiä objektiiveja haluaisi vertailla ja valikoida testattavat objektiivit esimerkiksi objektiivivalmistajien tarjoaman ja muun internetistä löytyvän valmiin kuvamateriaalin avulla tai esimerkiksi vertailemalla juuri MTF-käyriä. Ylivertainen testiväline kuitenkin on kuvaajan silmä, joten valikoidut

objektiivit kannattaa arvioida itse. Seuraavissa kappaleissa esittelen apuvälineitä optisten ominaisuuksien arviointiin.

5.2.1 Projisointi

Parhaita työkaluja objektiivien piirtokyvyn silmämääräiseen arviointiin on linssiprojektori. Linssiprojektori heijastaa valoa objektiivin takaelementin läpi valkoiselle, tasaiselle pinnalle (kuva 36). Projektorissa on polttotason etäisyydellä tarkkuusleikattu peilitestilevy, joka heijastaa objektiivin läpi testikuvan. Testikuva koostuu yleensä eri polttotasokokojen taulukosta, siemens-tähdistä ja resoluutiolinjastoista. Projisoinnilla nähdään, mitä valonsäteelle tapahtuu, kun se heijastetaan objektiivin läpi.



KUVA 36. Projektorin läpi ammuttu testikuva.

Projisoimalla on mahdollista nähdä objektiivin piirtokyvyn rajat. Piirtoympyrän määrittämiseksi testikuviossa on lukuisien eri polttotasojen standardikokoja osoittavia linjoja. Koska testikuvio koostuu useista testikuvioista niin keskellä kuin reunoillakin, on sen avulla mahdollista arvioida myös hyvän piirron ympyrän rajat. Useat, erityisesti vanhemmat objektiivit esimerkiksi pehmenevät reuna-alueita kohden. Myös piirtoa haittaavat lika ja naarmut näkyvät projisoitaessa.

Projisoitavan testikuvan avulla pystytään arvioimaan objektiivin kontrastia, resoluutiota, aberratioita, vinjetointia ja piirron symmetriaa. Parhaan suorituskyvyn tuottava aukkoarvo on myös helppo todentaa projisoimalla. Myös mekaaniset viat, kuten fokusskaalan väljyys eli klappi tai esimerkiksi sijoiltaan oleva linssielementti on helppo huomata projisoimalla. Zoom-objektiiveissa on mahdollista arvioida zoomin seuranta – toimivassa hyvin suunnitellussa zoom-objektiivin läpi ammutun testikuvan keskikohdan ei tulisi liikua polttoväliä vaihdettaessa.

Linssiprojektoreja käytetään objektiivien valmistuksessa ja kalustovuokraamoissa. Objektiiveja vuokratessa ja projisoitaessa vuokraamohenkilökunta avustaa objektiiveja testaavia projisoinnin tulkinnessa. On hyvä muistaa, että objektiivin tekninen suorituskyky ei ole aina kaikki kaikessa. Esimerkiksi objektiivin pehmeys näyttäytyy paljon brutaalimpana testiviivastolla kuin esimerkiksi näyttelijän kasvoilla, joille pieni pehmeys piirrosta voikin luoda kaunista, toivottavaa hehkua.

Vaikka projisointi on erinomaisen hyödyllinen väline objektiivin suorituskyvyn ja sen rajoitteiden arviointiin, objektiivin tarkastelu testikuvaamalla antaa usein käytännöllisemmän ja kokemuksellisemmän kuvan sen piirrosta. On muistettava, että projisointi MTF-käyrän tavoin ilmaisee vain objektiivin piirtokykyä, eikä ota huomioon polttotason ominaisuuksia. Projisoidessa huonosti piirtävä objektiivi piirtää todennäköisesti vielä huonommin pienellä, huonoresoluutioisella digitaalisensorilla, mutta saattaakin yllättää miellyttävällä piirroksella suuren resoluution digikamerassa, joka ikään kuin kompensoi objektiivin heikkoa piirtoa.

Projisointi on selkein ja monimuotoisin tapa arvioida objektiivien piirtokykyä, mutta testituloksia on lähes mahdotonta tallentaa. Projisoinnin kuvaaminen väärinä tuloksia, sillä silloin katseltaisiin projisointia toisen objektiivin ja polttotason tarkkuuden läpi. Projisointi onkin tehtävä paikan päällä ja omakohtaisesti, jotta tuloksia pystyy arvioimaan.

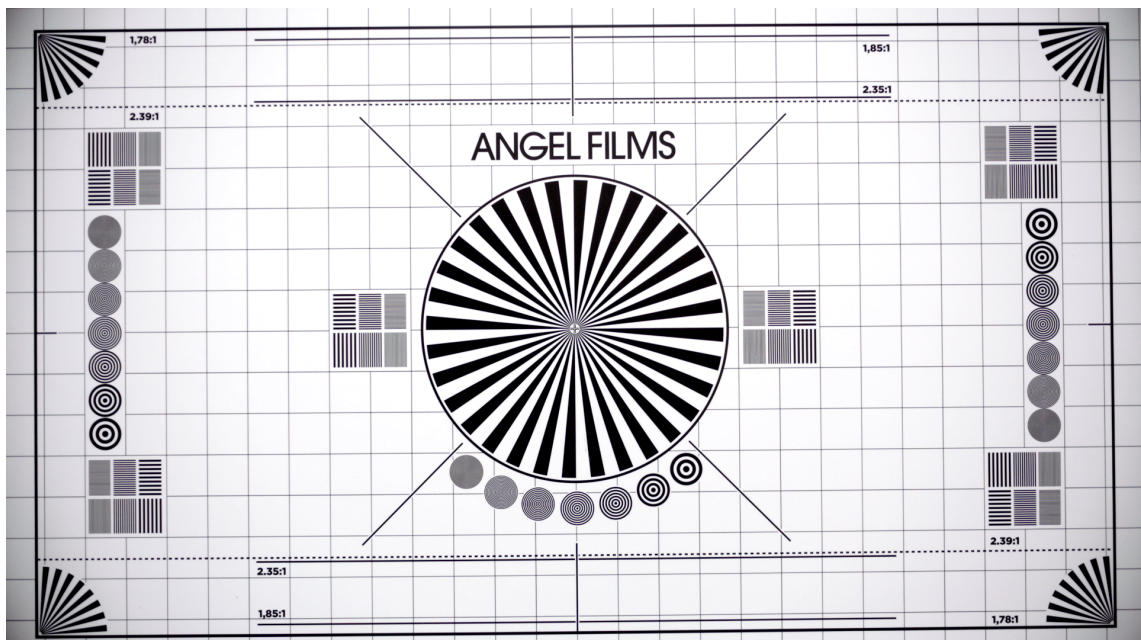
5.2.2 Testitaulut

Objektiivien ja kameroiden testikuvaukseen on luotu monia apuvälineitä, joista tavallimmat (ja kustannustehokkaimmat) ovat erilaisia testitauluja, joiden avulla objektiivien piirtokykyä pystytään vertailemaan. Testitaulun etu projisoitavaan testikuvioon nähden

on se, että kuvattaessa kameralla otetaan huomioon myös polttotason eli kameran kennon tai filmin vaikutus. Testikuvattu materiaali on myös mahdollista toistaa siinä mediassa kuin tuotannon on tarkoitus tuottaa, esimerkiksi elokuvateatterin kankaalla tai taulutelevisiossa.

Tavallisimpia testikuvioita ovat Siemens-tähti, resoluutioviivat ja shakkilautakuvio. Väritoiston arvioimiseen on omia ColorChecker- testitauluja, joita käytetään digitaaliseen värikalibrointiin. Shakkilautakuvio on erinomainen apuväline vääristymien arvioinnissa. Kohtisuoraan, tasaisesti valaistuna kuvattu shakkilautakuvio paljastaa linjojen vääristymisen

Useissa vuokraamoissa on testiradat, joilla on vuokraamon omat, erilaisia testikuvioita yhdistelevät testitaulut (kuva 37). Testitaulu tulee testikuvata niin, että taulun keskipiste on kohtisuorassa objektiivin optiseen akseliin nähden. Testitaulut ovat yleensä tasaisen valkostaustaisia, jotta vinjentointi on helppo havaita. Siemens-tähtiä ja resoluutiolinjastoja käytetään resoluution ja backfocuksen arvioinnissa. Tauluissa on usein myös suoria vertikaalisia ja horisontaalisia linjoja tai shakkilautakuvioita vääristymien havaitsemiseksi. Oikein kuvattuna testitaulun avulla voidaan mm. jälkitöissä korjata häiritseviä vääristymiä.



KUVA 37. Testitaulu kuvattuna 40mm Kowa Prominar - objektiivilla aukolla T2.3

Siemens-tähti koostuu sinimuotoisesti keskustaa kohti ohenevista ja keskellä kohtaavista valkoisista ja mustista viivoista, joiden avulla tarkistellaan objektiivin resoluutiota. Siemens-tähden avulla voidaan arvioida väriaberraatioiden voimakkuutta, sillä väriaberraatiot ilmenevät tyypillisesti kontrastisilla rajapinnoilla. Siemens-tähteä käytetään myös apuvälineenä skaalojen paikkansapitävyyden arvioinnissa. Mikäli objektiivi ei tuota tarkkaa kuvaa testitaulusta etäisyydellä, joka on valittu tarkennusetäisyydeksi linssiskaalalta, mutta kykenee kuitenkin selkeästi tuottamaan tarkan kuvan jollain muulla skaalan merkinnällä, on se todennäköisesti optisen etäisyyden säädön eli kollimoinnin tarpeessa. Vintage-objektiiveissa skaalojen heitto on yleisempää ja korjaaminen hankalampaa.

Elokvakameroissa kannattaa myös tarkistaa tai tarkistuttaa, onko kameran backfocus eli takatarkennus kalibroitu samaan arvoon kuin objektiivi. Backfocuksella tarkoitetaan taekaelementin etäisyyttä polttotasosta. Jos objektiivin ja kameran backfocus poikkeavat toisistaan liikaa, objektiivi ei kykenee tarkentamaan kaikille skaalansa etäisyyksille eivätkä skaalat pidä paikkaansa. Jos testattavassa sarjassa useammassa objektiivissa skaalat eivät pidä paikkaansa, vihjaa se kameran backfocuksen säädön tarpeesta. Kollimointia ja backfocuksen säätöä tekevät elokuvakalustovuokraamot, optiikkamyymälät ja optiikkavalmistajat.

5.3 Testikuvaukset

Objektiivien valinnassa on mahdollisuuksien mukaan kannattavaa kuvata testejä käyttäen valittuja kandidaatteja ja aitoja, tuotannossa kuvattavia kohteita. Monissa suuremmissa tuotannoissa järjestetään usein ennen varsinaisia kuvauksia testipäivä. Testipäivän ideana on pystyä demoamaan tuotannon erikoispiirteitä, kuten lavastetta, puvustusta, maskeerausta ja näyttelijäntyötä.

Testikuvauksessa voidaan esimerkiksi rakentaa kuvausasetelma, jossa voidaan tarkastella samanaikaisesti useaa asiaa: etu-, keski- ja taka-alla olevilla kohteilla on hyvä tarkastella tarkennuksen sulavuutta ja hengitystä, suorilla valonlähteillä flare-ominaisuuksia ja bokehia (kuva 38). Värikarttoja kuvattaessa pystytään arvioimaan objektiivin väritoistoa ja sarjojen objektiivien värivastaavuuksia.



KUVA 38. 35mm Super Baltar -objektiivin testikuvaus aukolla T2.3.

Kameraryhmälle testipäivä on oiva tilaisuus testata paitsi kamerapokan toiminnallisuutta, myös optiikkaa. Skaalojen sulavuus ja muut linssikotelon toiminnallisuudet on hyvä testata ennen kuvauksia. MTF-käyrät, testitaulut ja projisointi kertovat paljon optiikan piirto-kyvystä, mutta aitoja kohteita kuvaamalla saa paremman kuvan siitä, miten objektiivi todellisuudessa erottelee ja toistaa kuvattavan kohteen.

5.3.1 Toiminnallisuus

Osa objektiivista vääristää tai vinjetoi voimakkaasti, mikä ei staattisessa kuvassa liian haittaa. Kuvan liikkuaessa kuitenkin nämä harmittomilta näyttävät ilmiöt kertautuvat ja saattavatkin häiritä kuvakerrontaa. Mikäli objektiiveja aikoo käyttää liikkuvan kameran parina, on objektiivitesteissä hyvä suorittaa yksinkertaisia liiketestejä. Miten linjat käyttäytyvät panoroidessa tai tilitatessa? Onko vinjetointi liian häiritsevää liikkeessä?

Toinen tärkeä testauksen kohde on tarkennuksen sulavuus. Objektiivia tarkennettaessa elementtiryhmä liikkuu eteen tai taaksepäin omalla optisella akselillaan. Tämä johtaa erityisesti vanhemmissa objektiiveissa *hengittämiseen* eli kuva-alan koon lievään muutokseen tarkennusetäisyyden vaihtuessa. Pahimmillaan objektiivin voimakas hengittäminen saattaa näyttää pieneltä sisään tai ulos zoomaamiselta. Stillkuvauksessa objektiivien hengittäminen ei luonnollisesti aiheuta suurta ongelmaa. Liikkuvaa kuvaa kuvattaessa sen sijaan liiallinen hengittäminen voi olla todella häiritsevää, erityisesti jos tarkennusta vaihdetaan kuvan sisällä.

Jos tarkennusta vaihdetaan kuvakäsikirjoituksessa kuvan sisällä usein esimerkiksi hahmojen liikkuaessa tai kamera-ajojen aikana, paitsi hengittäminen, myös tarkennusskaalan liiallinen lyhyys tai laajuus saattaa aiheuttaa ongelmia tarkentajalle. Skaalamerkintöjen tiiviys tai laajuus vaikuttaa suoraan siihen, kuinka paljon skaalaa tarvitsee liikuttaa tarkennusetäisyyden vaihtuessa. Liian lyhyt skaala vaatii suurta liiketarkkuutta tarkennustsoon osumiseksi ja liian laaja skaala vastaavasti vaatii suuria liikkeitä ja nopeutta tarkentajalta. Skaalan laajuutta pystytään jonkin verran kompensoimaan tarkennusmoottorin vääntöä säätämällä tai valitsemalla follow focus, jolla on pienempi rattaisten välistyssuhde.

5.3.2 Näyttelijät

Mikäli aikoo kuvata ihmisiä, on myös testikuvauksessa hyvä kuvata ihmisiä. Ihminen on ihmissilmälle katseenvangitsija, joten on yleensä tärkeää miltä tämä näyttää objektiivin läpi. Objektiivien väritoista kannattaa testata ihonsävyillä ja näyttelijöitä kannattaa kuvata suotuisien polttovälien (ks 4.2) löytämiseksi, mikäli tuotannossa on mahdollisuus valita eri polttovälejä.

Objektiivin tarkkuus tai pehmeys korostuu yleensä näyttelijän kasvoilla. Objektiivieja arvioidessaan on hyvä peilata testituloksia teoksen tarpeisiin. Vision mukaan voi arvioida esimerkiksi näyttääkö iho miellyttävältä, piirtyvätkö ihohuokoset tai ihokarvat turhan tai tarpeeksi tarkasti tai ovatko silmät tarpeeksi terävät.

Eryteisesti laajat, vanhat tai anamorfiset objektiivit aiheuttavat usein vääristymiä, jotka saattavat aiheuttaa epätoivottuja ilmiöitä näyttelijän kasvoilla, erityisesti lähikuvissa. *Anamorphic mumps* eli anamorfinen sikotauti nousi termiksi anamorfinen kuvauksen alkuaikoina (Neil, 125). Voimakas etualan vääristymä oli erityisesti vanhojen anamorfisten objektiivien ongelma, josta näyttelijät eivät olleet mielissään kasvojensa näyttäessä turhan leveiltä valkokankaalla. Testikuvauksessa hyvä tapa onkin kuvata lähikuvassa näyttelijän kasvoja liikkeessä, esimerkiksi kääntämässä päätä.

5.3.3 Tuotannon tarpeet

Objektiivien arvioinnissa on mielekästä ottaa huomioon tuotannon erikoispiirteet. Esimerkiksi valittaessa objektiivieja tuotemainoskuvaukseen, korostuu objektiivin tarkkuus ja väritoisto erilaisten materiaalien ja kuvioden toistamisessa. Ruokaa kuvatessa kannattaa testikuvata ruokaa, kankaita kuvatessa kankaita ja niin edelleen. Mitä lähempänä testimateriaali on kuvattavaa materiaalia, sen parempi. Testimateriaalia kannattaa testikuvata koko objektiivin tuottamalla kuva-alalla, jotta voidaan arvioida piirron heikkene mistä ulkoreunoja kohti.

Objektiivin mekaaniset ominaisuudet, kuten skaalojen ratastus ja linssikoteloiden yhteneväisyys merkitsevät paljon kamera-assistenttien työskentelymukavuudelle ja nopeudelle. Mikäli kuvattua materiaalia tullaan efektoimaan tai korjaamaan jälkituotannossa, optiset aberratiot tulee ottaa huomioon mahdollisena jälkituotannon kuormituksena ja efektoinnin haastavuudesta riippuen kannattaa harkita metadataa tuottavia, linssidata-ominaisuuksilla varustettuja objektiivieja.

Objektiivien vääristyksien vaikutusta todelliseen kuvaustilanteeseen kannattaa demota oikeassa ja tuotannon tarpeiden mukaisessa ympäristössä, esimerkiksi rakennetussa käytävässä tai luonnossa esimerkiksi puiden keskellä. Testikuvausta ympäristössä ei ole aina

tarpeellista tehdä, mikäli piirron vääristymät ovat jo tiedossa tai objektiivin on hyvin korjattu. Erityisesti vääristymille alttiit objektiivityypit sekä projisoitaessa tai testitaulujen avulla tunnistetut vääristävät objektiivit kannattaa arvioida myös oikeassa ympäristössä, mikäli niiden suhteen on epäilyksiä.

5.3.4 Flaret ja bokeh

Epäterävän alueen piirtymistä voi testata asettamalla testitilaan taustalle kohteita, kuten kasveja, prakteja eli kuvassa näkyviä valoja, kirjoja, vaatteita – käytännössä mitä vaan kuva-alan tekstuuria muokkaavaa. Taka-alalla oleviksi valopisteiksi käyvät esimerkiksi jouluvalosarjat tai vaikkapa hehkulamput. Suorat valonlähteet aiheuttavat flareja ja taustan valopisteet auttavat bokehin ominaisuuksien, kuten iiriksen muodon huomaamisessa. Bokehia on mielekästä arvioida myös ihmiskohteen toistumisen kannalta, kuten miten sulavasti ja pehmeästi tarkennus siirtyy pois tarkkuusalueelta esimerkiksi kasvokuvassa.

Flareja kannattaa myös arvioida objektiivin suhteessa liikkuvien valonlähteiden toistumisen kannalta. Flaretestiin kannattaakin varata esimerkiksi taskulamppu, jota objektiivin edessä liikuttamalla saadaan käsitys objektiivin flare-ominaisuuksista. Tuotannon tarpeista riippuen voi olla mielekästä testikuvata objektiivin flare-ominaisuuksia ulkona aurinkoisena päivänä tai yövalaistuksessa niin, että suora valonlähde osuu objektiiviin.

Objektiivin bokehin arvioimisessa on hyvä tutkia, miten objektiivin toistaa etu- ja taka-alan epäterävät kohteet. Esimerkiksi objektiivit, jotka on ns. ylikorjattu optisten aberratioiden välttämiseksi, taka-alan bokeh saattaa olla saippuakuplamaista ja etualalla tyypillisemmän kiekkomaista.

6 POHDINTA

Objektiivit ovat monimutkaisia laitteita, mutta niiden toiminnan periaatteet ymmärtämällä voimme käyttää niitä tehokkaammin kertomaan tarinoita. Objektiivin ei yksin tee tarinaa eikä ole itseisarvo kuvata kauniisti piirtävällä, virheettömällä objektiivilla. Objektiivivalinnan tulee kummuta kerrottavan tarinan ja tuotannon tarpeista, vaikka periaatteessa millä tahansa objektiivilla voidaan kuvata hyvä elokuva. Hyvä objektiivin ei tee huonosta tarinasta sisällökästä tai kehnosta lavasteesta uskottavaa, se on vain apuväline korostamaan haluamiamme asioita.

Tarkoitukseni oli esitellä elokuvaobjektiiveja kattavasti yksien kansien sisällä opasmaisesti ja luoda kattava kuva objektiivin toiminnasta, erilaisista objektiivityypeistä ja objektiivin valintaan vaikuttavista tekijöistä. Objektiiveista löytyy jonkin verran kirjallisuutta, mutta juuri tällaista opasta en ole löytänyt toista yhtä kattavaa. Hyödynsin työelämästä hankittua käytännön kokemusta ja tietotaitoa syventämään optiikan oppikirjoista ja hakuteoksista, alan julkaisuista sekä valokuvausoppaista ammennettua tietopohjaa opinnäytetyön tekemisessä. Liikkuvan kuvan kuvaaminen on monien tekijöiden summa ja objektiivivalintaan vaikuttaa aina lukuisia seikkoja. Opinnäytetyö on rajattu formaatti, joten tässä työssä keskityin esittelemään objektiivivalinnan perusteita, jättäen monia kiinnostavia kysymyksiä työn ulkopuolelle.

Objektiivin on vain yksi, joskin elimellinen, osa kuvan muodostusta. En tässä työssä perehtynyt elokuvauksessa käytettäviin optisiin apuvälineisiin, kuten filtereihin. Objektiivivalinta ei ole ainoa keino kuvan muokkaamiseen ja ”lookin” luomiseen. Korkeapiirto-kykyisen objektiivin tulevaa valoa voidaan muokata sen eteen tai taakse asetettavien filttereiden avulla. Entisaikaan kuvaajat saattoivat laittaa sukkahousua objektiivin takaelementin taakse tai sylkäistä objektiivin suodattaakseen valoa ja lisätäkseen kuvan pehmeyttä. Sylkemistä ei suositella linssipinnoitteiden syövyttävien entsyymien takia, mutta mikään ei estä erilaisten valoa suodattavien tai sirottavien materiaalien kokeilua objektiivien kanssa. Olisikin kiinnostavaa tutkia optisia periaatteita erilaisten valoa läpi päästävien materiaalien ja optisten kuvanmuokkausvälineiden kantilta.

Opinnäytetyö sitoutuu aikaansa: osa esimerkkeinä käyttämistäni objektiiveista ja erityisesti mainitsemani kamerat edustavat uusinta teknologiaa. Objektiivien peruskäsitteet ja

toimintaperiaatteet kuitenkin pysyvät muuttumattomina, joten uskoisin tämän opinnäytetyön kestävän aikaa kohtuullisen hyvin. Digitaalisella aikakaudella kamerat vaihtuvat nopeasti, mutta käytämme edelleen viime vuosisadan optiikkaa. Vintage-optiikka on nykyään suosittuempaa kuin koskaan, sillä vanhojen, heikomman resoluution objektiivien yhdistäminen nykyajan korkearesoluutioisiin kennoihin on tuonut uutta ilmettä elokuvakerontaan. Objektiivit kehittyvät jatkuvasti, mutta hyvän elokuvaobjektiivin ikä on pitkä.

Ensimmäisissä opinnäytesuunnitelmissa oli tarkoitus haastatella kuvaajia objektiivivalinnoista ja objektiivien valintameteodeista. Päätin jättää tämän osuuden pois opasmaista luonnetta tavoitellessani, sillä koin haastattelujen haittaavan tämän työn rajaamista ja eheyttä. Sanoin alussa objektiivin olevan kuin maalarin sivellin, jolla on hienovarainen, mutta kokonaisvaltainen vaikutus lopputulokseen. Siveltimen valinnan tavoin myös objektiivin valinta on loppujen lopuksi aika henkilökohtainen. Kuvaajien objektiivivalintojen tutkiminen olisikin kiinnostava aihe jollekin tulevalle opinnäytetyölle. Visuaalisista asioista puhuttaessa modulaariset siirtofunktiot ja suorituskyky merkitsevät toisinaan to-della vähän verrattuna kuvaajan silmään.

Kameran resoluution suhdetta objektiivin piirtokykyyn ja näiden kahden vuorovaikutusta olisi myös kiinnostavaa nähdä tutkittavan enemmän. Rajasin opinnäytetyön objektiivien tarkasteluun, mutta tarkintaan objektiivi ei tuota luvattun tarkkaa kuvaa matalaresoluuti-oisella sensorilla. Kameran silmä ei ole mitään ilman silmänpohjaansa, eli polttotaso. Objektiiveja tulisi aina tarkastella ja valita pitäen käytettävä kamera mielessä. Kiinnos-tava tutkimusaihe olisi esimerkiksi erot saman objektiivin piirroksella erilaisilla polttota-soilla.

Tämä opinnäytetyö ei siis käsittele kaikkia objektiivivalinnan aspekteja yhtä laajasti, mutta pyrkii antamaan yleiskuvan nimenomaan objektiivin toiminnasta ja ominaisuuksista. Objektiiveja kannattaa testata omakohtaisesti mahdollisuuden tullen ja arvioida tuotantokohtaisia vaatimuksia. Tässä opinnäytetyössä on pääpiirteittäin esitetty, millä tavoin objektiiveja voi vertailla ja optiikkaehdokkaita rajata. Jokainen löytää omat testimeto-dinsa ja erilaiset tuotannot voivat vaatia hyvinkin erilaisia asioita objektiiveilta. Objektiiv-in valinta ei ole rakettitiedettä, mutta pieni tekninen taustoittaminen voi avata uusia ta-poja käyttää objektiiveja, valjastaen kenties jopa niiden täyden ilmaisullisen potentiaalin.

LÄHTEET

Kirjallisuus

Brothers, A. 1889. Photography: Its History, Processes, Apparatus and Materials. Lontoo: Charles Griffin and Company.

Chrissochoidis, I. 2013. CinemaScope: Selected Documents from Spyros P. Kouras Archive. Yhdysvallat: Brave World.

Duree, G. C. 2011. Optics for Dummies. Indianapolis, IN: Wiley Publishing Inc.

Hedgecoe, J. 1979. Suuri Valokuvauskirja. Suom. Pietiläinen, J. Porvoo: WSOY. Alkuperäinen teos 1976.

Nasse, H.H. 2010. Depth of Field and Bokeh. München: Carl Zeiss Camera Lens Division.

Nasse, H.H. 2008. How to read MTF curves. München: Carl Zeiss Camera Lens Division.

Nasse, H.H. 2009. How to read MTF curves? Part II . München: Carl Zeiss Camera Lens Division.

Neil, I. 2013. American Cinematographer Manual 10th edition: Lenses. Hollywood: The ASC Press. 111 – 143.

Kingslake, R. 1989. A History of the Photographic Lens. Lontoo: Academic Press.

Kingslake, R. 1992. Optics in Photography. Bellingham, WA: SPIE – The International Society of Optical Engineering.

Ray, S. 1994. Applied Photographic Optics. 2. Painos. Avon: Focal Press.

Stump, D. 2014. Digital Cinematography: Fundamentals, Tools, Techniques and Workflows. Burlington, MA: Focal Press.

Ward, P. 1996. Picture Composition for Film and Television. Waltham, MA: Focal Press.

Internet-lähteet

Arri.com. 2018. Products & Services: Alexa Mini, Alexa LF & Alexa 65 Technical Information. Luettu 01.04.2018. <https://www.arri.com/>

Bergery. B. 2015. Gordon Willis Tribute – The Godfather. American Cinematographer Magazine. Luettu 17.03.2018. <https://ascmag.com/blog/the-film-book/gordon-willis-tribute-the-godfather/>

Bergery. B. 2004. A Very Long Engagement. American Cinematographer Magazine. Luettu 17.03.2018. <https://theasc.com/magazine/dec04/engagement/page2.html/>

Film and Digital Times. 2013. Anamorphic Now. Luettu 15.03.2018. <http://www.film-and-digital-times.com/wp-content/uploads/2013/08/Anamorphic-Math-FDTimes.pdf>

Jakub, H. 2018. "Call Me By Your Name" – A Feature Film Shot with Only One 35mm Lens. Luettu 19.03.2018. <https://www.cinema5d.com/call-feature-film-shot-35mm-lens/>

CW Sonderoptics. Leica Summilux-E Lenses. Luettu 15.03.2018. <http://cw-sonderoptics.com/summilux-c/>

Zeiss. 2018. A vibrant partnership for 75 years – ARRI and ZEISS. Luettu 20.03.2018. <https://www.zeiss.com/camera-lenses/us/cinematography/products/master-prime-lenses.html#arri/>

Elokuvat

Call Me By Your Name. 2017. Ohjaus: Luca Guadagnino. Kuvaus: Sayombhu Mukdeeprom. Tuotantoyhtiöt: Frenesy Film Company, La Cinéfacture, RT Features, M.Y.R.A. Entertainment, Water's End Productions. Tuotantomaat: Italia, USA, Ranska, Brasilia.

Fear and Loathing in Las Vegas. 1998. Ohjaus: Terry Gilliam. Kuvaus: Nicola Pecorini. Tuotantoyhtiöt: Rhino Film, Summit Entertainment. Tuotantomaa: USA.

Kummisetä. 1972. Ohjaus: Francis Ford Coppola. Kuvaus: Gordon Willis. Tuotantoyhtiö: Paramount Pictures. Tuotantomaa: USA.

Kummisetä II. 1974. Ohjaus: Francis Ford Coppola. Kuvaus: Gordon Willis. Tuotantoyhtiö: Paramount Pictures. Tuotantomaa: USA.

Kummisetä III. 1990. Ohjaus: Francis Ford Coppola. Kuvaus: Gordon Willis. Tuotantoyhtiö: Paramount Pictures. Tuotantomaa: USA.

Lord of the Rings: The Fellowship of the Ring. 2002. Special Extended Edition DVD. The Appendices Pt. 2 – From Vision to Reality. USA: New Line Productions.

Payback. 1999. Ohjaus: Brian Helgeland. Kuvaus: Ericson Core. Tuotantoyhtiö: Icon Productions. Tuotantomaa: USA.

Ratatouille. 2007. Ohjaus: Brad Bird, Jan Pinkava. Kuvaus: Robert Anderson. Tuotantoyhtiö: Disney Pixar. Tuotantomaa: USA.

Star Wars: The Force Awakens. 2015. Ohjaus: J.J. Abrams. Kuvaus: Daniel Mindel. Tuotantoyhtiöt: Lucasfilm, Bad Robot. Tuotantomaa: USA.

Star Wars: The Last Jedi. 2017. Ohjaus: Rian Johnson. Kuvaus: Steve Yedlin. Tuotantoyhtiöt: Lucasfilm, Ram Bergman Productions. Tuotantomaa: USA.

Star Trek. 2009. Ohjaus: J.J. Abrams. Kuvaus: Daniel Mindel. Tuotantoyhtiöt: Paramount Pictures, Spyglass, Bad Robot. Tuotantomaa: USA.

Twelve Monkeys. 1995. Ohjaus: Terry Gilliam. Kuvaus: Roger Pratt. Tuotantoyhtiöt: Atlas Entertainment, Classico. Tuotantomaa: USA.

WALL-E. 2008. Ohjaus: Andrew Stanton. Kuvaus: Jeremy Lasky. Tuotantoyhtiö: Disney Pixar. Tuotantomaa: USA.

Kuvalähteet

KUVA 1. Teledyne Dalsa. 2014. Katsottu 20.04.2018. Muokattu.

<http://possibility.teledynedalsa.com/invisible-becomes-visible/>

KUVA 2. Wikimedia Commons. 2015. Katsottu 15.03.2018. Muokattu.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lenses_en.svg/

KUVA 3. Johanna Holvikallio. 2018.

KUVA 4. Kingslake, R. 1992. Optics in Photography. Bellingham, WA: SPIE – The International Society of Optical Engineering. 8.

KUVA 5. B&H Photo. 2016. Katsottu 15.03.2018.

<https://www.bhphotovideo.com/explora/photography/tips-and-solutions/depth-field-part-1/>

KUVA 6. Romano, F. 2013. Vanilla Video. Katsottu 29.03.2018.

<https://vanillavideo.com/blog/2013/how-depth-of-field-occurs-optics/>

KUVA 7. Kuvakaappaus. Pulp Fiction. 1994. Amazon Prime. Katsottu 24.03.2018.

KUVA 8. Kuvakaappaus. The Lord of the Rings: The Fellowship of the Ring. 2001. Netflix. Katsottu 20.03.2018.

KUVA 9. Kuvakaappaus. Raiders of the Lost Ark. 1981. Netflix. Katsottu 23.03.2018.

KUVA 10. Kuvakaappaus. Close Encounters of the Third Kind. 1977. Amazon Prime. Katsottu 23.03.2018.

KUVA 11. Kuvakaappaus. The Birth of the Nation. 2016. C More. Katsottu 24.03.2018.

KUVA 12. Kuvakaappaus. Kummisetä. 1972. Amazon Prime. Katsottu 24.03.2018.

KUVA 13. Kuvakaappaus. Mad Men. Kausi 2, jakso 3. Netflix. Katsottu 01.05.2018.

KUVA 14. Kuvakaappaus. Kummisetä. 1972. Amazon Prime. Katsottu 24.03.2018.

KUVA 15. Kuvakaappaus. Mindhunter. Jakso 4. 2017. Netflix. Katsottu 24.03.2018.

KUVA 16. Kuvakaappaus. Léon. 1994. Netflix. Katsottu 24.03.2018.

KUVA 17. Kuvakaappaus. Tom of Finland. 2017. C More. Katsottu 13.03.2018.

KUVA 18. Kuvakaappaus. Léon. 1994. Netflix. Katsottu 24.03.2018.

KUVA 19. Kuvakaappaus. Tom of Finland. 2017. C More. Katsottu 13.03.2018.

KUVA 20. Kuvakaappaus. No Country for Old Men. 2007. Amazon Prime. Katsottu 20.03.2018.

KUVA 21. Kuvakaappaus. Tom of Finland. 2017. C More. Katsottu 13.03.2018.

KUVA 22. Kuvakaappaus. Rashomon – paholaisen temppeli. 1950. DVD.

KUVA 23. Kuvakaappaus. Pride and Prejudice. 2005. Amazon Prime. Katsottu 01.04.2018.

KUVA 24. Kuvakaappaus. Star Trek. 2009. C More. Katsottu 01.04.2018.

KUVA 25. Kuvakaappaus. Kummisetä. 1972. Amazon Prime. Katsottu 24.03.2018.

KUVA 26. Kuvakaappaus. Fight Club. 1999. Amazon Prime. Katsottu 24.03.2018.

KUVA 27. Kuvakaappaus. Seven. 1995. Amazon Prime. Katsottu 24.03.2018.

KUVA 28. Kuvakaappaus. Amélie. 2001. Netflix. Katsottu 24.03.2018.

KUVA 29. Kuvakaappaus. Twelwe Monkeys. 1995. Amazon Prime. 24.03.2018.

KUVA 30. Kuvakaappaus. The Road to Perdition. 2002. DVD.

KUVA 31. Kuvakaappaus. The Road to Perdition. 2002. DVD.

KUVA 32. Kuvakaappaus. Kummisetä. 1972. Amazon Prime. Katsottu 24.03.2018.

KUVA 33. Johanna Holvikallio. Angel Films. 2016.

KUVA 34. ARRI Group GmbH. 2015. Luettu 22.04.2018.

http://www.arri.com/es_en/news/news_single/sectionNews/article/enhanced-lens-control-with-ecs/

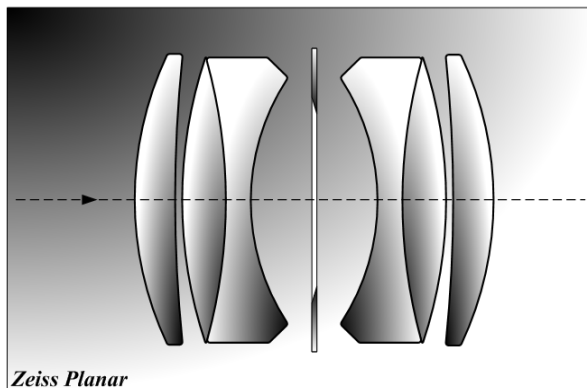
KUVA 35. Johanna Holvikallio. 2018.

KUVA 36. Johanna Holvikallio. 2018.

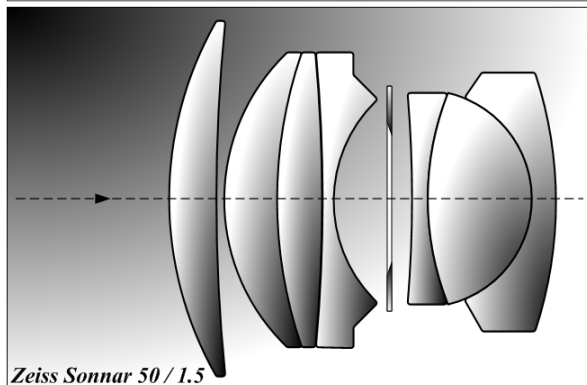
KUVA 38. Johanna Holvikallio. 2018.

LIITTEET

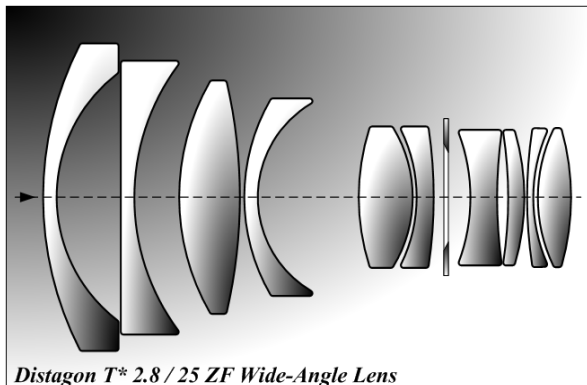
Liite 1. Esimerkkejä monielementtisistä objektiivirakenteista



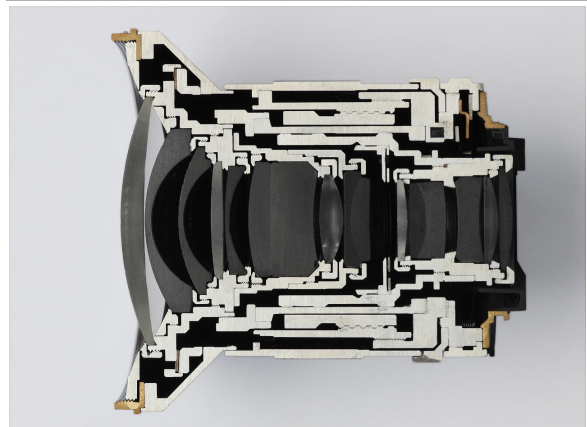
1.1. Zeiss Planar-objektiivin rakenne vuodelta 1986. Suurin osa 50mm objektiiveista rakennetaan edelleen



1.2. Zeiss 50mm Sonnar-objektiivin rakenne



1.3. 25mm Zeiss Distagon T2.8- objektiivin rakenne



1.4. 21mm Zeiss Distagon T 2.8 halkileikkaus

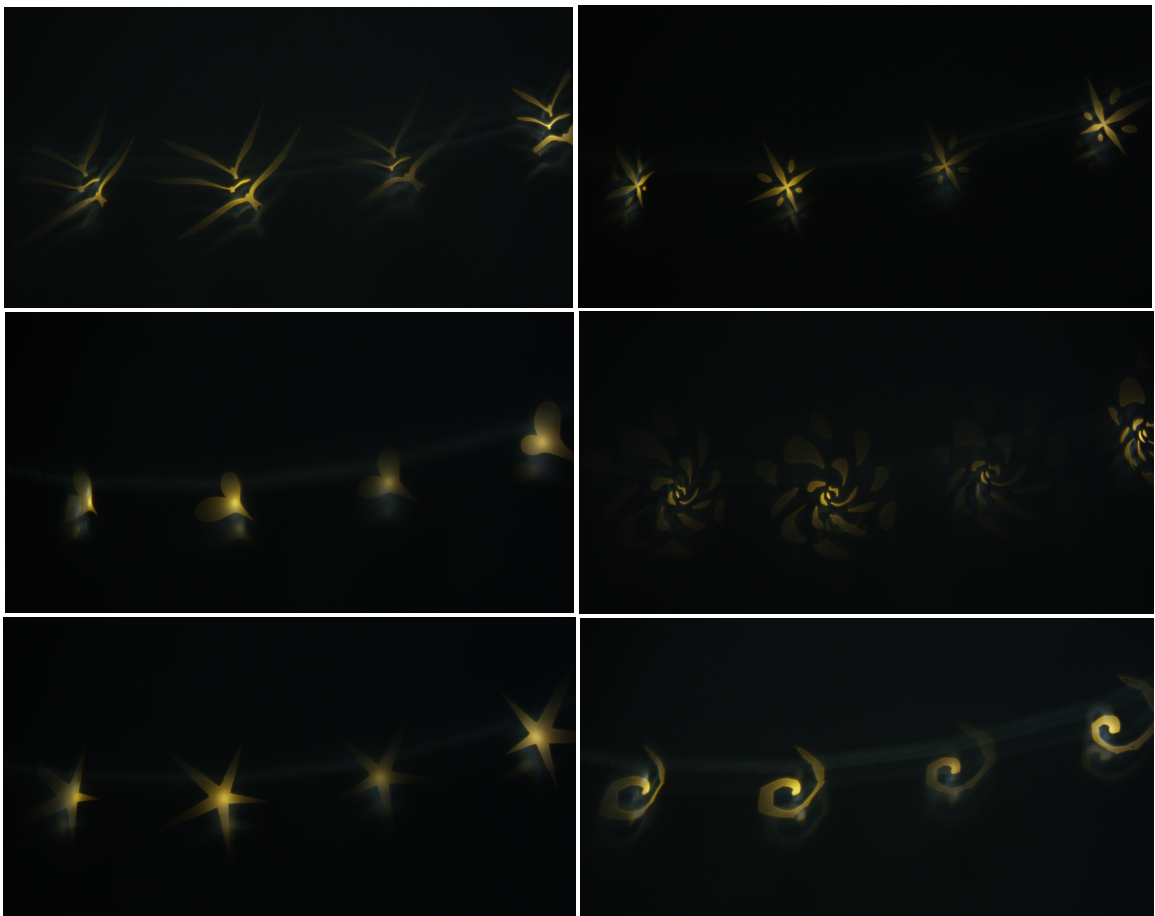
Lähde: T, Edward. 2014. A Comprehensive Guide to Camera Lens Design and Zeiss Nomenclatur. [ilovehatphotography](http://ilovehatphotography.com/2014/12/30/a-guide-to-optical-lens-design-and-zeiss-nomenclature/). Luettu 03.05.2018. <http://ilovehatphoto.com/2014/12/30/a-guide-to-optical-lens-design-and-zeiss-nomenclature/>

Liite 2. Iiriksen muoto ja bokeh, Lensbaby



Kuva: Photar. Katsottu 03.05.2018. http://photar.ru/wp-content/uploads/2017/09/CreativeBokehOptic_family-LowRes-1-e1505828161782-800x458.jpg

Lensbaby- tehosteobjektiivivalmistaja on tunnettu mm. vaihdettavista iirislevyistään. Iiriksen muoto nousee erityisesti esille suoria valonlähteitä kuvattaessa. Iiriksen vaikutusta bokehin muotoon havainnollistaakseni alla on sarja kuvia erilaisilla iirislevyillä kuvatusta valosarjasta mustalla taustalla.



Kuvat: Johanna Holvikallio, 2018

Liite 3. Polttoväli ja kasvot



Kuva: Johanna Holvikallio, 2018

Kasvot toistuvat eri polttoväleillä kuvattaessa eri tavalla. Erot ovat selkeästi nähtävillä eri polttoväleillä kuvatuissa lähikuvissa.