



# Super16mm-filmiformaatin ja digitaalisen elokuvausformaatin erot ja samankaltaisuudet

Formaattien vertailua testikuvausmateriaalin pohjalta

Jani Frisk

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2020

Media-alan tutkinto-ohjelma  
Kuvaus ja kuvavalaisu

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Media-alan tutkinto-ohjelma  
Kuvaus ja kuvavalaisu

FRISK, JANI:

Super16mm-filmiformaatin ja digitaalisen elokuvausformaatin erot ja samankaltaisuudet

Formaattien vertailua testikuvausmateriaalin pohjalta

Opinnäytetyö on 36 sivua, joista liitteitä 1 sivu

Kesäkuu 2020

---

Opinnäytetyössä tutkittiin 16mm filmillä ja digitaalisella elokuvakameralla kuvattua materiaalia. Materiaalista pyrittiin löytämään näkyviä eroja ja samankaltaisuuksia formaattien välillä, sekä pyrittiin löytämään näihin syitä tutkimalla formaattien tapoja muodostaa lopullinen kuva. Opinnäytetyötä varten kuvattiin studiossa testikuvauksena identtisesti 47 sekunnin kohtausta kummallakin formaatilla. Tavoitteena oli luoda opinnäytetyöstä helposti lähestyttävä kokonaisuus, josta aloitteleva elokuvaaja saisi vahvan tietoperustan kummastakin elokuvausformaatista.

Tutkimuksessa selvisi formaattien eroavan olennaisesti toisistaan tavoissa, joilla ne luovat lopullisen kuvan. Filmin lopulliseen kuvaan liittyvät muuttujat todettiin olevan täysin kemiallisia aina filmin skannaukseen asti, kun taas digitaalisen elokuvakameran todettiin muuntavan analogisen sähkövarauksen heti digitaalseksi binaarikoodiksi.

Testikuvausten materiaalia tutkittaessa huomattiin selviä väri- ja värisävyeroja. Merkittävin näistä oli korallimagentan väri-informaation huomattava puuttuminen filmimateriaalista verrattuna digitaalisen elokuvakameran materiaaliin. Syyksi löydettiin sinisen väri-informaation puuttuminen filmistä näiltä korallimagentan värin alueilta. Toinen löydetty ilmiö testikuvausmateriaalia tutkittaessa oli formaattien havaittava terävyysero. Filmimateriaalin todettiin olevan digitaalista materiaalia pehmeämpää. Syyksi todettiin filmin luontainen rae, sekä filmin keskitasoinen skannauslaatu.

Opinnäytetyöstä valmistui kokonaisuus, josta aloitteleva elokuvaaja voi löytää informaatiota 16mm filmin rakenteesta ja filmin kehityksessä tapahtuvista kemiallisista reaktioista, sekä digitaalisen elokuvakameran tekniikasta ja sen tavasta purkaa kuvainformaatiota talteen. Opinnäytetyön ulkopuolelle jäi formaattien vertailu luonnonvalo-olosuhteissa tai kaupungin yövalo-olosuhteissa sekä erilaisten skannauslaatuojen vaikutukset filmimateriaaliin. Tutkimusta voi laajentaa kuvaamalla kummallakin formaatilla päiväsaikaan luonnonvalolla, sekä ulkona yöllä kaupungissa ja vertailla näistä syntyneitä materiaalia toisiinsa.

---

Asiasanat: testikuvaus, 16mm-filmi, cmos-sensori, digitaalinen elokuvakamera

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Culture and Arts  
Cinematography and Lighting

FRISK, JANI:

The Differences and Similarities of Super16mm Film Format and Digital Cinematography Format  
A Comparison of Formats Based on Test Shoot Material

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 1 page  
June 2020

---

The purpose of this thesis was to examine material shot with 16mm film and a digital motion picture camera. The material was researched for visible differences and similarities between the formats, as well as for reasons for these by exploring the ways the format creates the final image. For the thesis, a 47-second scene was filmed identically in each format as a test shoot in the studio. The aim was to create an easily approachable work from which the novice cinematographer would gain a strong knowledge base of both cinematography formats.

The research of the test shoot material showed clear differences in the color reproduction between the formats. The most notable of these was the substantial absence of coral magenta color information from the film material. The reason for this was discovered to be the absence of blue color information in the areas of coral magenta color. Another phenomenon found was the detectable sharpness difference between the formats. The film material was found to be softer than the digital material. The graininess of the film was noted as the reason, as well as the medium scanning quality of the film.

This thesis does not include research of test shoot material shot with natural light or with city nightlights. It would be possible to expand the study to these sectors for further research. Further research is also required to study the importance of scanning quality to film material.

---

Key words: test shoot, 16mm-film, cmos-sensor, digital motion picture camera

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	FILMI.....	7
	2.1 Filmin rakenne.....	7
	2.2 Filmin valottuminen .....	9
	2.3 Filmin kehitys .....	10
3	DIGITAALINEN KAMERA CMOS-KENNOLLA .....	12
	3.1 Kennon rakenneosat .....	12
	3.2 Kennon informaation pakkaus.....	13
	3.3 ISO-herkkyys.....	15
	3.4 Resoluutio .....	16
4	TESTIKUVAUKSET .....	18
	4.1 Käsikirjoitus .....	18
	4.2 Lavastus.....	19
	4.3 Kamera ja valokalusto .....	20
5	TULOSTEN VERTAILU .....	22
	5.1 Violetti värivääristymä .....	22
	5.2 Sinisen ja korallimagentan valon voimakkuus ja syvyys .....	25
	5.3 Terävyys.....	28
6	POHDINTA .....	31
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET.....	36
	Liite 1. Testikuvausten valmis kohtaus.....	36

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tarkoituksena on tutkia ja purkaa elokuvafilmillä ja digitaalisella elokuvakameralla kuvatun kohtauksen materiaalia, löytää materiaalista näkyviä eroavaisuuksia ja samankaltaisuuksia, sekä löytää näihin syitä tutkimalla kahden kuvausformaatin fyysisiä rakenteita, sekä niiden tapoja muodostaa lopullinen kuva. Tutkin kuinka filmi valmistetaan, sekä minkälaisista osista se rakentuu. Keron mitä filmille tapahtuu sen valotusvaiheessa, sekä miten filmi rakeenteellisesti muuttuu kehitysvaiheessa. Tutkin myös digitaalisen CMOS-kennon rakennetta ja miten digitaalinen elokuvakamera tallentaa informaation talteen CMOS-kennolta.

Opinnäytetyötä varten toteutin testikuvaukset, joissa kuvasin identtisesti 47 sekunnin kohtauksen digitaalisella elokuvakameralla sekä 16mm elokuvafilmillä. Liite 1 on linkki valmiiseen kohtaukseen. Testikuvausten materiaalin tutkimusta ja vertailua varten hyödynsin omaa asiantuntemustani, sekä keräsin tietoa kirjallisista lähteistä.

Tavoitteeni oli luoda lukijalle kattava tietoperusta kummastakin formaatista, jotta kuvatun materiaalin eroavaisuuksien ja samankaltaisuuksien syiden ymmärtäminen olisi mahdollista. Kuvatusta materiaalista löysin formaateille ominaisia sekä formaateille epäominaisia piirteitä. Tavoitteenani oli antaa näille piirteille kattavat tekniset selitykset. Kuvaamaani materiaalia tutkiessani yritin välttää formaattien luonteiden subjektiivista vertailua. Formaateista käydään jo useasti keskustelua esimerkiksi digitaalisenformaatin subjektiivisesta kylmyydestä tai etäisyydestä ja filmiformaatin orgaanisesta pehmeydestä tai lämpöisyydestä. En nähnyt tämän tapaista pohdintaa tarpeelliseksi osaksi omaa tutkimustani, sillä näen että formaattien subjektiivinen vertailu pitäisi pitää erillään formaattien teknisen suorituskyky vertailun kanssa.

Opinnäytetyöni aihevalinta syntyi etsiessäni 16mm filmille kuvattua materiaalia internetistä. Digitaalista ja 16mm filmiä vertailevia testikuvausmateriaaleja löytyi kansainvälisesti hyvin heikosti ja Suomessa kuvattua testimateriaalia ei löytynyt lainkaan. Tavoitteekseni syntyi luoda formaatteja vertailevaa testimateriaalia aloitteleville kuvaajille. Ajatus kehittyi helposti lähestyttäväksi kokonaisuudeksi

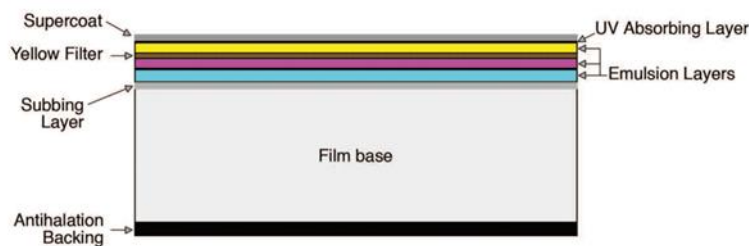
testimateriaalista, josta aloitteleva kuvaaja saisi vahvan tietoperustan kahdesta elokuva-alalle tärkeästä kuvausformaatista.

## 2 FILMI

Kuvan muodostuminen filmille ja siihen tarvittavat vaiheet ovat helpommin ymmärrettävissä kuin digitaalisen elokuvakameran algoritmit ja pientietokonetekniikka. Haluttujen lopputulosten saavuttaminen yhtämittaisesti filmillä on kuitenkin pitkän ja perusteellisen opettelun tulos sen rakenteesta ja kemiasta sen ympärillä. Tässä luvussa käydään läpi filmin rakenne ja kuinka kuva muodostuu filmille. Luvussa kerrottavat perusteet pätevät kaikkiin Kodak elokuvafilmeihin. On kuitenkin muistettava, että jokaisella filmityyppillä on oma luonteensa, joka luodaan pienillä rakenteellisilla muutoksilla filmiin. Näiden pariin on helpompaa syventyä, kun perusteet on ymmärretty.

### 2.1 Filmin rakenne

Värifilmi rakentuu monista erilaisista kerroksista, kuten kuvasta 1 näkee. Filmin tärkeimpiä kerroksia ovat sen emulsiokerrokset, jotka sijaitsevat filmin keskiosassa. Emulsiokerrosten ylä- ja alapuolella on filmiä suojaavia ja tukevia kerroksia. Seuraavaksi filmin kerrokset käydään läpi, aloittaen kerroksesta johon valo ensimmäisenä osuu filmin valottuessa, ja lopettaen kerrokseen johon valo viimeisenä osuu.



KUVA 1. Filmin rakenne (Kodak 2007, 29)

Filmin päällimmäisin kerros on superpeitekerros, joka koostuu kovetetusta gelatiinista. Kerroksen tarkoituksena on suojata emulsiokerroksia filmin kulkiessa kameran läpi. Superpeitekerroksen alapuolella on ultraviolettisäteilyä absorboiva

kerros. Tämä suojelee filmin emulsiokerroksia UV-säteilyltä, sillä vaikka ihmisilmä ei näe ultraviolettisäteilyä, emulsiokerrokset voivat valottua sille. (Kodak 2007, 31.)

Emulsio on valoa imevä ja omaksuva kerros filmissä. Sen valmistus tapahtuu seuraavasti: hopeanitraattia, kaliumbromidia ja gelatiinia sekoitetaan pimeydessä keskenään emulsiokeittimessä. Tästä syntyy hopeabromidia, joka saostetaan liuoksesta ja joka muodostaa gelatiiniin emulsion. Tämän jälkeen emulsiota lämmitetään 50 celsiusasteen ja 80 celsiusasteen välillä jopa kaksi tuntia. Tämän aikana suurikokoiset hopeabromidikristallit kasvavat ja pienikokoiset hopeabromidikristallit taas pienenevät. Vaihe on erittäin tärkeä emulsion luonteen kannalta. Lämmityksen jälkeen emulsio jäähdytetään geeliksi, leikataan suikaleiksi ja pestään, jotta siitä irtoaa kaikki edellisten reaktioiden sivutuotteet. Seuraavassa vaiheessa emulsioon lisätään väriaineita sekä väritekijöitä. (Case 1985, 28.)

Väritekijät ovat sarja orgaanisia kemikaaleja, jotka reagoivat kehitysvaiheessa tiettyjen kehitysaineiden sivutuotteiden kanssa luoden värillisiä väriaineita (Case 1985, 42). Case jättää määrittelemättä, kuinka nämä orgaaniset kemikaalit lisätään emulsioon. Kodak (2007, 30) kertoo, että väritekijät lisätään öljytippoina hopeabromidikristallien ympärille emulsion valmistuksen aikana.

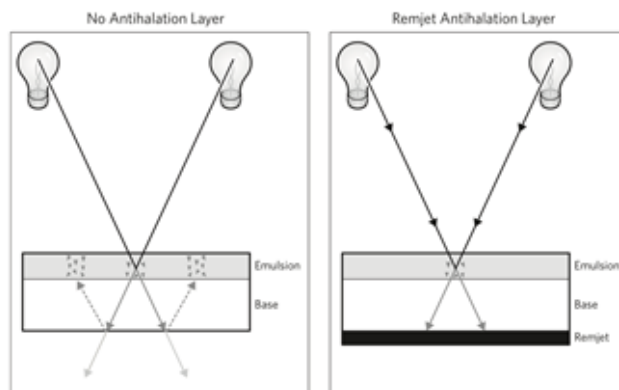
Värifilmissä on seuraavat kolme emulsiokerrosta:

- Päälimmäisenä on siniselle valolle herkkä emulsiokerros, jossa on keltaista väriainetta tuottavia väritekijöitä.
- Keskimmäisenä on vihreälle valolle herkkä emulsiokerros, jossa on magentaa väriainetta tuottavia väritekijöitä.
- Alimpana on punaiselle valolle herkkä emulsiokerros, jossa on syaania väriainetta tuottavia väritekijöitä. (Kodak 2007, 30.)

Vihreä ja punainen emulsiokerros ovat kummatkin hieman herkkiä siniselle valolle. Tämän takia filmiin lisätään keltainen suodinkerros. Tämä suodinkerros on sinisen ja vihreän emulsiokerroksen välissä poistamassa kaiken sinisen valon, joka ei ole tarttunut siniselle valolle herkkään emulsiokerrokseen, näin vihreä ja punainen emulsiokerros pystyvät luomaan tarkan väritoiston.

Emulsiokerrosten alapuolelle filmiin on lisätty Subbing-kerros. Tämän kerroksen tehtävänä on kiinnittää emulsio filmipohjaan (Kodak 2007, 31). Filmipohja on koko filmiä tukeva kerros, jonka täytyy olla läpinäkyvä, kemiallisesti vakaa, kosteutta ja filmin kehitysaineita vastustava. Samanaikaisesti sen on kuitenkin pysyvä mekaanisesti vahvana mutta joustavana. Filmipohja valmistetaan selluloosatriasitaatista. (Kodak 2007, 29.)

Filmipohjan alapuolella on vielä antihalaatiotuki. Tämän alimman kerroksen tarkoitus on imeä muista kerroksista läpi tullut valo, jotta se ei heijastuisi takaisin ylöspäin aiheuttaen heijastuksia. Kuva 2 havainnollistaa tätä ilmiötä. Tällä kerroksella on myös samoja suojaavia tarkoituksia kuin ylimmällä Supercoat-kerroksella. Yleisin käytettävä metodi on irrotettava pikimusta kerros, joka rakentuu mustista hiilihiukkasista, joita pitää kasassa vesiliukeneva sidosaine. (Kodak 2007, 31.) Tästä kerroksesta käytetään termiä Remjet, joka on lyhenne englannin kielisistä sanoista Removable jet black.



KUVA 2. Antihalaatiotuki (Kodak 2007, 31)

## 2.2 Filmin valottuminen

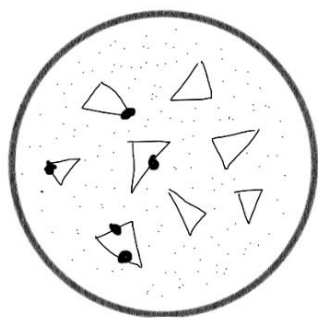
Valottamaton filmi sisältää hopeabromidikristalleja. Hopeabromidi on ioniyhdiste, joka muodostuu hopeaioneista ( $\text{Ag}^+$ ) ja bromidi-ioneista ( $\text{Br}^-$ ). Nämä ionit ovat atomeja, jotka saadessaan tai menettäessään elektronin synnyttävät sähkövarauksen. Hopeabromidin kiderakenne pysyy myös kasassa johtuen näiden ionien vahvasta vetovoimasta toisiinsa. (Case 1985, 32.)

Filmin valottuessa valohiukkaset eli fotonit törmäävät hopeabromidikristalleissa olevien atomien kanssa. Törmäyksessä syntyvä energia irrottaa ionit kiderakenteesta. Samalla ionit hävittävät varauksensa ja muodostavat submikroskooppisia metallisia hopeahiukkasia ja vapaita bromidihiuksia. Nämä hopeahiukkaset ovat liian pieniä, jotta ne näkyisivät, mutta ne luovat piilokuvan, joka kehitysvaiheessa tuodaan esiin. (Case 1985, 32.)

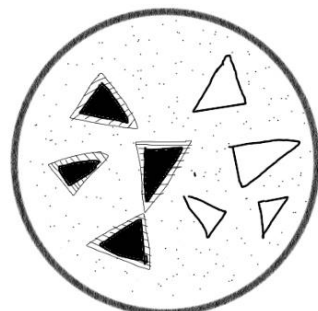
### 2.3 Filmin kehitys

Kuva syntyy filmille kehitysvaiheessa. Case (1985, 42) avaa kehitysprosessin kirjassaan seuraavasti. Kehityksessä kehitysaine reagoi valotettujen hopeabromidikristallien kanssa luoden hopeakuvan. Tämän reaktion sivutuotteena syntynyt hapettunut kehitysaine reagoi emulsiokerrokseen lisättyjen väritekijöiden eli väriaine öljytippojen kanssa, luoden eri värejä eri valoherkille emulsiokerroksille. Tämän reaktion jälkeen jokaisessa emulsiokerroksessa on hopeakuvia ja värjättyjä kuvia valolle valottuneissa osissa, sekä hopeabromidia ja muuttumattomia väritekijöitä valolle valottumattomissa kohdissa. Tämän jälkeen filmin kehitysreaktio lopetetaan keskeyteaineella. (Case 1985, 42.)

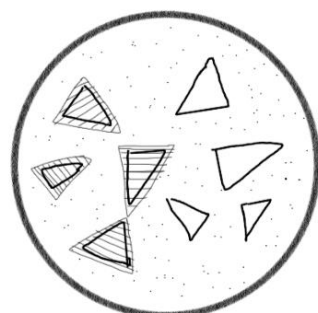
Kun kehitysreaktio on lopetettu, käytetään filmi valkaisuliouksessa, jonka aikana kehitetyt hopearakeet muutetaan takaisin hopeaioneiksi. Seuraavaksi filmistä liuotetaan pois kaikki hopeabromidi niin valottuneista kohdista, jotka edellisessä vaiheessa muutettiin takaisin hopeabromidiksi, kuin myös valottumattomista kohdista. Filmiin jää tämän jälkeen vain kolme eriväristä kerrosta, jotka päällekkäin luovat lopullisen negatiivi värikuvan. (Case 1985, 42.) Kuvassa 3 on piirrosesimerkki kehityksessä tapahtuvista reaktioista.



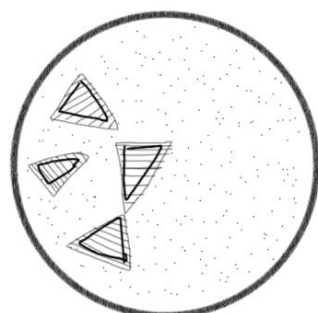
1. Filmin valottumisen jälkeen filmissä on hopeahalidikristallien piilokuva ja väritekijöitä kaikkialla




2. Kehityksen jälkeen filmissä on hopeakuvia ja jokaisen rakeen ympärillä on rykelmä väritekijöitä




3. Valkaisuliuoksen jälkeen hopea muunnetaan takaisin hopeabromidiksi



4. Hopeabromidi pestään filmistä pois. Filmiin jää vain väriaine rykelmiä valottuneisiin kohtiin ja väritekijöitä valottumattomiin kohtiin

 Valottumaton hopeabromidikristalli

 Valottunut hopeabromidikristalli

 Kehitetty hopearake

 Kehittämätön väritekijä

 Kehitetty väriaine

KUVA 3. Filmin kehitys (Case 1985, 43, muokattu)

### 3 DIGITAALINEN KAMERA CMOS-KENNOLLA

Kuvan muodostumiseen digitaalisella elokuvakameralla vaikuttaa suurelta osin kameravalmistajan luoma algoritmi, jolla kameran kennolta tuleva signaali puretaan talteen. Kameravalmistajat pitävät useasti nämä algoritmit ja niiden vaikutukset lopulliseen kuvaan salassa. Hyvin usein on vaikeaa tietää perusteellista syytä sille, miksi tietyn kameran luoma kuva näyttää tietynlaiselta. Moderneilla elokuvakameroilla työskennellessä onkin tärkeintä ymmärtää yleisesti kennon rakenne, mitä informaatiota kennosta kerätään ja kuinka se puretaan talteen. Moderneilla elokuvakameroilla on tällä hetkellä mahdollista kerätä niin paljon informaatiota talteen, että taidokkaan ammattilaisen käsissä kuvankäsittelyn mahdollisuudet ovat loputtomat. Aina ei kuitenkaan ole mahdollista tallentaa kaikkea kennon informaatiota talteen ja onkin tärkeää ymmärtää, mistä informaatiosta voi ja kannattaa luopua, jos tilanne sitä vaatii. Luvussa käydään läpi kuinka CMOS-kennollinen elokuvakamera tallentaa valon aallonpituuksien informaatiota talteen ja kuinka kamera käsittelee tuota informaatiota ennen sen tallentamista muistikortille. Luvussa käytävät perusteet pätevät CMOS-kennolliseen elokuvakameraan, eli teoriassa kaikkiin moderneihin elokuvakameroihin.

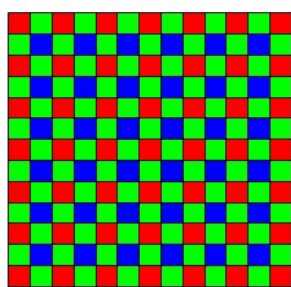
#### 3.1 Kennon rakenneosat

Marty Ollstein (2015) kirjoittaa *American Cinematographer Manual* -kirjassa seuraavasti: CMOS-kennossa on siru, joka koostuu miljoonista pienistä valoherkistä sensoreista, jotka keräävät dataa. Sensoreista käytetään termiä photosite. Sensorit muuntavat valon energian jännitteeksi, joka A/D muuntimen avulla muutetaan digitaaliseksi signaaliksi, joka taas muunnetaan binaarikoodiksi. Tämän koodin arvot määrittävät pikseleiden kirkkauden. (Ollstein 2015, 10.)

Pikseli on pienin alue sirussa, joka tuottaa täyden värikuva-arvon. Pikseli koostuu siis monesta photosite-sensorista. Bayer-suodin kennossa pikseli koostuu neljästä photosite-sensorista, joista kaksi on vihreää, yksi on punainen ja yksi on

sininen. Algoritmin avulla näiden neljän photosite-sensorin arvoista luodaan yhtenäinen täyden väriarvon pikseli. (Hummel, 34; Ollstein, 10, 12.) Jokaisella kameravalmistajalla on omat algoritminsa tähän tarkoitukseen.

Photosite-sensorit eivät erota valon aallonpituuksia toisistaan, eivätkä näin siis myöskään eri värejä. Jokaisen sensorin päälle tarvitaan suodin, joka päästää läpi vain tiettyjä valon aallonpituuksia. (Cambridge in Colour n.d.) Ylivoimaisesti käytetyin tyyppi on Bayer-suodin. Bayer-suodin on mosaiikki vihreitä, punaisia ja sinisiä suotimia, kuten kuva 4 havainnollistaa. Vihreitä suotimia on 50% koko mosaiikista, punaisia 25% ja sinisiä 25%. Suotimet ovat aseteltu vuorotteleviin riveihin vihreitä ja punaisia suotimia, sekä vihreitä ja sinisiä suotimia. Ollsteinin (2015, 12) mukaan vihreitä suotimia on eniten mosaiikissa, sillä ihmissilmä on herkempi vihreälle, kuin siniselle tai punaiselle valolle.



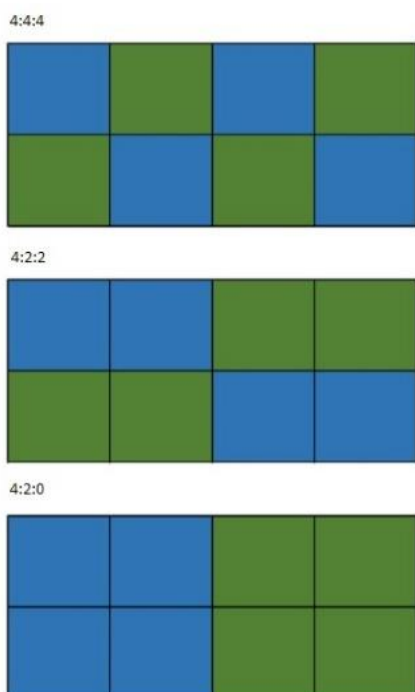
**Bayer filter**

KUVA 4. Bayer-suodin (How stuff works n.d.)

### 3.2 Kennon informaation pakkaus

Digitaalisen informaation määrä voi olla todella suuri, jos kameran sensorilta luetaan kaikki sen antama informaatio. Monessa digitaalisessa elokuvakamerassa onkin mahdollista tallentaa sensorilta erilaisia pakattuja värisävyjen tarkkuuksia. Näitä värisävyjen tarkkuuksia kuvaa kolminumeroinen suhdeluku. Suhdelukuja ovat 4:2:0, 4:2:2 ja 4:4:4. Numerosarjaa voi ajatella neljän pikselin riveinä, joita on kaksi päällekkäin. Ensimmäinen numero neljä tarkoittaa vaakapikselien määrää otannassa. Seuraava numero tarkoittaa ensimmäisellä rivillä pikselien määrää, jotka säilyttävät oman väriarvonsa. Kolmas numero tarkoittaa toisella alemmalla rivillä väriarvonsa säilyttävien pikselien määrän.

4:4:4 pakkauksessa ei tapahdu pakkausta ollenkaan. Jokainen pikseli säilyttää oman väriarvonsa. 4:2:2 pakkauksessa kaksi vierekkäistä pikseliä jakavat saman väriarvon ensimmäisellä rivillä sekä alemmalla toisella rivillä. 4:2:0 pakkauksessa ensimmäisellä rivillä kaksi vierekkäistä pikseliä jakavat taas saman väriarvon, mutta alemmalla toisella rivillä pikselit eivät lue ollenkaan väriarvoja. Sen sijaan ne jakavat ensimmäisen ylemmän rivin pikseleiden väriarvon. Kaikissa näissä pakkauksissa pikseleiden lukemaan kirkkauteen ei kosketa, sillä ihmissilmä erottaa kirkkaudet paljon paremmin kuin värisävyt. Kuvassa 5 esitellään pakkaustyylien pikseliotanta asian ymmärtämisen helpottamiseksi.



KUVA 5. Värisävyjen pakkausmuodot

Logaritmisessa koodauksessa suhde aukkona mitatun valotuksen ja koodatun signaalin välillä on laajalla alueella lineaarinen (Goldstone ym. 2017, 2). Jokaisella kameravalmistajalla on oma log-profiili, jota he käyttävät kameroissaan. Blackmagic Design käyttää Ursa Mini 4.6k -kamerassa FILM nimistä log-profiilia. Logaritminen signaali tallentaa enemmän informaatiota kuvasta. Se auttaa tallentamaan enemmän väri-informaatiota, sekä paljon laajempaa dynaamista aluetta. Yleisesti kameravalmistajat rakentavat logaritmiset käyrät niin, että he saavat mahdollisimman paljon tallennettua informaatiota kuvan kirkkailta alueilta.

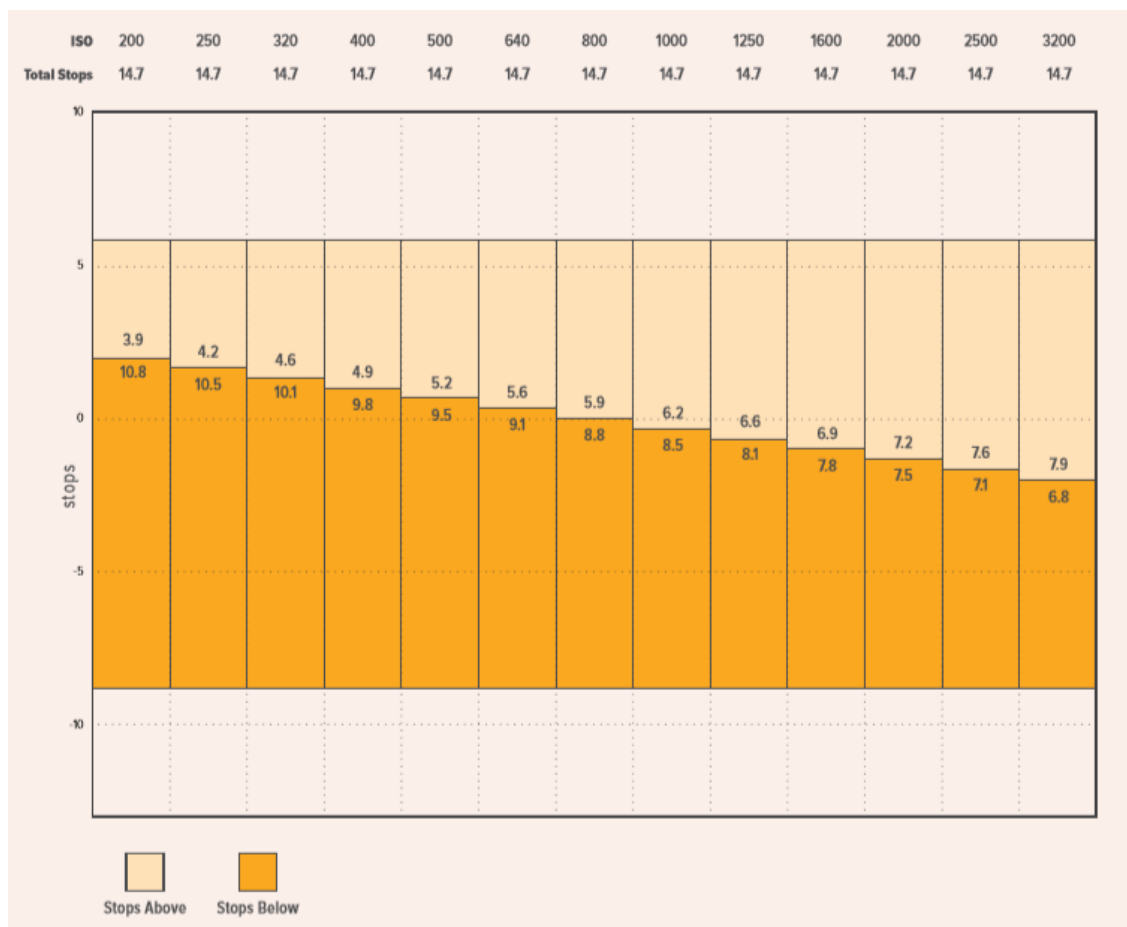
Blackmagic Ursa Mini 4.6k -kamera tallentaa ProRes 422 ja ProRes 4444 -koodikkeja (Blackmagic Design 2020, 38). ProRes 422 tukee 10-bittistä värikirkkaus koodausta ja ProRes 4444 tukee 12-bittistä koodausta (Apple 2020, 6). 10-bittisessä koodauksessa jokainen päävärikanava eli punainen, vihreä ja sininen tallentavat 1024 värin kirkkaustasoa. 12-bittisessä koodauksessa vastaavasti jokainen kanava tallentaa 4096 väri kirkkaustasoa. Kun jokainen päävärikanava kerrotaan yhteen, huomataan että 10-bittisessä on mahdollista tallentaa 1 078 741 824 värisävyä ja 12-bittisessä on mahdollista tallentaa 68 719 476 736 värisävyä. (Videomaker 2018.)

### 3.3 ISO-herkkyys

ISO-herkkyys vaikuttaa kameran herkkyteen valolle sekä sensorin dynaamisen alueeseen. Kun kamerassa muutetaan ISO-herkkyys 800 herkkyteen 1600 tulee kamerasta yhden aukon verran herkempi valolle. Jos taas ISO-herkkyttä muutetaan ISO 800 alas herkkyteen 400 tulee kamerasta yhden aukon verran epäherkempi valolle. Tämä toteutetaan kamerassa antamalla sensorille tietty määrä sähkövirtaa. Lisättäessä ISO-herkkyttä sensorille annetaan enemmän sähkövirtaa verraten sen normaaliin toimintaherkkyteen. Jos ISO-herkkyttä lasketaan, myös sähkövirtaa lasketaan pienemmäksi.

ISO-herkkyden vaikuttaminen sensorin dynaamiseen alueeseen on merkittävä. Kameran sensorilla on tietty normaaliherkkyys. Blackmagic Design (2020, 33) mainostaa Ursa Mini 4.6k -kameralle 14.7 aukon valotusvaraa, kuten kuvasta 6 voi nähdä. Kuvaa 6 tarkastellessa huomataan, että tuo 14.7 aukon valotusvara pysyy samana kaikissa ISO-herkkyyksissä, mutta valotusvaran sijoittuminen 18% keskihimaan ympärillä muuttuu. ISO 1600 herkkydessä 6.9 aukkoa on keskihimaan yläpuolella ja 7.8 aukkoa on sen alapuolella. Valotusvara on siis jakautunut melko tasaisesti. Mutta kun ISO-herkkyttä muutetaan esimerkiksi ISO 3200 siirtyy tuo koko 14.7 aukon valotusvara ns. ylöspäin, yleensä noin yhden aukon verran. Eli ISO 3200 herkkydessä 18% keskihimaan yläpuolella on nyt 7.9 aukkoa ja keskihimaan alapuolella 6.8 aukkoa. Kun taas ISO-herkkyttä lasketaan tuosta ISO 1600 alaspäin ISO 800, siirtyy tuo 14.7 aukkoa alaspäin. Eli 18% keskihimaan yläpuolella on nyt 5.9 aukkoa ja alapuolella 8.8 aukkoa. Jos

ISO-herkkyttä lasketaan 400 on 18% keskiharmaan yläpuolella 4.9 aukkoa ja alapuolella 9.8 aukkoa.



KUVA 6. Blackmagic Design Ursa Mini 4.6k -kameran valotusvara (Blackmagic Design 2020, 33)

Kuvaustilanteessa tämä ISO herkkyden vaikutus dynaamiseen alueeseen tarkoittaa sitä, että kuvatessa tummia ja pimeitä kohtauksia olisi suositeltavaa kuvata matalilla ISO herkkyksillä. Tällä tavoin kamera tallentaa eniten informaatiota kuvasta. Kirkkaita ja valoisia kuvia pitäisi taas kuvata korkeilla ISO herkkyksillä kaiken informaation tallentamiseksi.

### 3.4 Resoluutio

Resoluutiota mitattaessa käytetään määreenä digitaalisissa Bayer-filtteri kame-roissa hyvin useasti pikseleitä. Esimerkiksi Ursa Mini 4.6k -kameran kennossa sanotaan olevan 4608 pikseliä leveysuunnassa jokaisella luentarivillä ja 2592

pikseliä korkeussuunnassa jokaisella luentarivillä. Tämä ei kuitenkaan pidä paikkaansa. Tässä vaiheessa kameravalmistajat aina sekoittavat termit pikseli ja photosite markkinoinnissa. Ursa Mini 4.6k -kennossa on todellisuudessa jokaisella kennon leveysluentarivillä 4608 photositea ja pystyluentarivillä 2592 photositea.

Kameran resoluutio vaihtelee värikanavien välillä, koska Bayer-suodin kennossa 50% photositeista on vihreä herkkiä, 25% siniselle herkkiä ja 25% punaiselle herkkiä. 4.6k Bayer-suodin kennossa vihreän informaation resoluutio on siis todellisuudessa puolet tuosta 4.6k eli 2.3k ja sinisen sekä punaisen informaation resoluutio on neljäsosa tuosta 4.6k eli 1.15k. Bayer-suodin kennon todellisen pikseli resoluution voi laskea kertomalla photosite resoluution luvulla 0.7 (Boyle 2017). Ursa Mini 4.6k -kameran aito pikseliresoluutio on siis 3.2k. Jos siis esimerkiksi tarkoitus on näyttää elokuvateatterissa 4k projektorista materiaalia, pitäisi materiaalin olla 6k photosite resoluutiolla kuvattu, jotta tykiltä näkyisi aito 4k resoluution kuva.

## 4 TESTIKUVAUKSET

Lähtökohtana testikuvauksille oli kuvata lyhyt kohtaus identtisesti digitaaliselle formaatille sekä filmiformaatille. Kummatkin formaatit valaistiin täysin samoin ja jokaisessa kuvassa käytettiin samaa linssiä kummallakin formaatilla. Kuvien kompositiot pyrittiin pitää mahdollisimman identtisinä formaattien vaihtuessa. Ainoa ero, jonka asetin formaattien välille oli kuvan valottaminen. Valotin filmin yhden aukon kirkkaammaksi filmin rakeisuuden vähentämiseksi. Testikuvaukset toteutettiin Tampereen Mediapoliksella Tampereen ammattikorkeakoulun studiossa.

### 4.1 Käsikirjoitus

Kirjoitin testikuvauksia varten lyhyen käsikirjoituksen, jossa mies ja nainen makaavat sängyllä, vuoron perään nousevat istumaan sängynlaidoille ja kohtauksen lopussa silittävät toistensa käsiä. Tuotantovaiheessa henkilöhahmot muuttuivat kahdeksi naiseksi. Kirjoitin tarinan lyhyeksi, yksinkertaiseksi ja tuotannollisesti helposti hallittavaksi kokonaisuudeksi, jossa kuitenkin olisi myös draamaa havaittavissa.

Kuvakäsikirjoitin kohtauksen jo käsikirjoitusvaiheessa tarkkaan. Kirjoitin tarinan niin, että siitä olisi mahdollista toteuttaa monia eri kuvakokoja, sekä kuvata formaattien vertailun kannalta mielenkiintoisia kuvia. Kohtauksen ajankohdaksi vahvistui yö, sillä se toi mahdollisuuksia luoda värikkäitä ja kontrastisia valotilanteita. Valmiin käsikirjoituksen, joka testikuvauksissa toteutettiin voi lukea kuvasta 7.

INT. MAKUUHONE -- YÖ

Mies, 25 ja Nainen, 26 makaavat sängyllä. Mies makaa sängys vasemmalla puolella ja Nainen oikealla puolella. Kummatkin tuijottavat kattoon. Mies ja Nainen makaavat kummatkin aivan sängyn laidoilla, mahdollisimman kaukana toisistaan.

Mies nousee ylös istumaan sängyn laidalle. Nainen nousee heti perässä. Mies ja Nainen istuvat sängyn laidoilla selät vastakkain.

Mies vilkaisee Naista, mutta Nainen ei katso takaisin. Mies ja Nainen kummatkin tuijottavat maata. Nainen vilkaisee miestä, mutta Mies ei katso takaisin.

Kummatkin hivuttavat käsiään lähemmäs toisiaan. Kädet kohtaavat ja kummatkin pyörittelevät toisen kihlasormusta.

KUVA 7. Käsikirjoitus

## 4.2 Lavastus

Studioon lavastettiin ikkunallinen makuuhuone, jossa testikuvausten kohtaus tapahtuisi. Makuuhuoneen keskelle ikkunan eteen sijoitettiin parisänky. Sängyssä oli valkoiset ja vaalean harmaat petivaatteet, sekä ruskea päiväpeitto kiiltävillä kultaisilla kuvioilla. Sängyn oikealle puolella sijoitettiin rottinkipintainen pieni lipasto. Lipaston päälle sijoitettiin keltainen pöytävalaisin, pastellinvihreä herätyskello, kultainen kiiltäväpintainen onnenkissa, lasinen tuhkakuppi, mustia kirjoja, sekä vihreä huonekasvi metallisessa ruukussa. Lipaston ja huoneen seinän väliin asetettiin iso huonekasvi. Lattialle sängyn vasemmalle puolelle sijoitettiin erivärisiä kirjoja. Kirjojen viereen asetettiin matala vihreän ja valkoisen värinen huonekasvi sekä tummanruskea jalkalamppu. Kirjojen ja huoneen seinän väliin asetettiin lisäksi valkoinen rottinkituoli, jonka päällä oli viininpunainen tyyny, sekä kuvioitu keltaisen ja oranssin värinen kangas. Makuuhuoneen lattialle laitoimme ruskeat vahvasti kuvioidut matot, sekä valkoisen neulotun rahin.

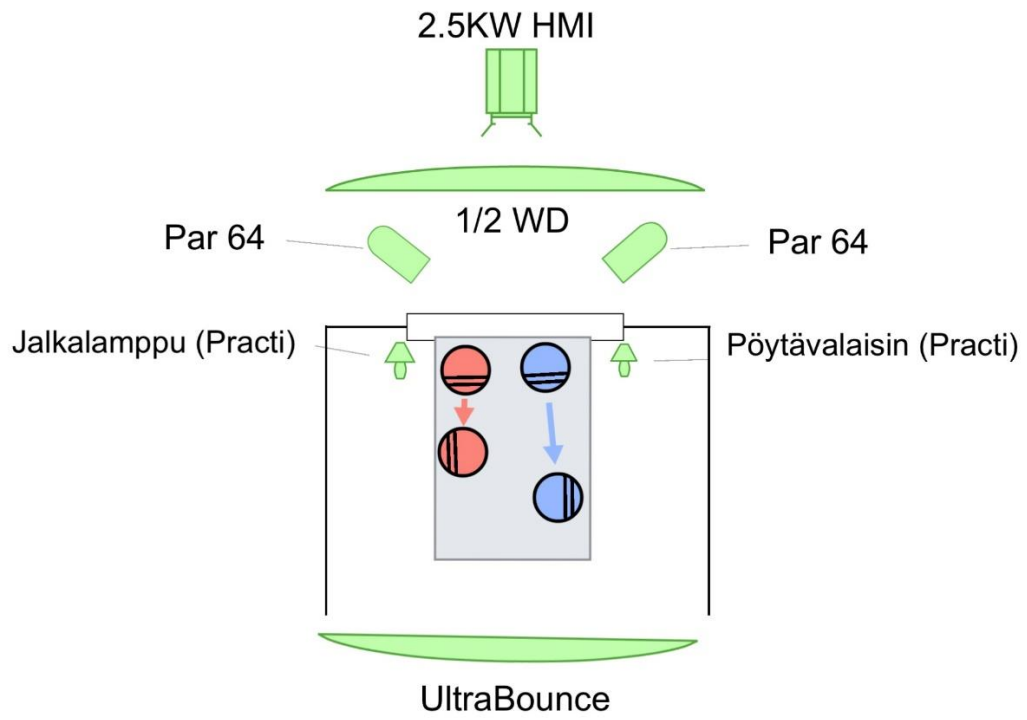
Huoneen seinät maalattiin vihreiksi. Huoneen vasemmalle seinälle ripustettiin suuri maalaus, jossa oli vaaleanpunaiset suuret ruusut, vanha kellertävän valkoinen kartta, pieni ympyrän muotoinen kultareunainen peili, sekä punainen maalaus, joka oli kehyksessä lasipinnan takana. Huoneen oikealle seinälle ripustettiin pieni vaaleanruskea ryijy, pieni pastellin vihreän, -keltaisen ja -sinisen värinen maalaus, sekä keltaisen ja harmaan värinen maalaus. Huoneen värimaailma,

pintojen- ja esineiden tekstuuri, sekä tekstiilien ja maalausten sisältämät kuvat valittiin tarkasti, sillä näillä tulisi olemaan suuri merkitys testin tuloksiin.

### 4.3 Kamera ja valokalusto

Testikuvaukset kuvattiin digitaalisella Blackmagic Design Ursa Mini 4.6k -kameralla Crop-kenno asetuksella ISO asetettuna 200. Filmikamerana toimi Arri-SR1 ja filminä käytettiin Kodak 7213 200T. Kummallakin kameralla käytettiin Carl Zeiss Super Speed T1.3 Super16 -linssisarjaa. Rajallisen budjetin vuoksi päädyin valitsemaan Ursa Mini 4.6k -kameran, vaikka kustannuksiltaan filmiä paremmin olisi vastannut esimerkiksi Arri Alexa tai Arri Amira kamerat. Budjetista ei riittänyt linssisetin vuokraamiseen, joten käytin Tampereen ammattikorkeakoulun omistamaa linssisettiä, joka toimisi kummallakin formaatilla. Mielestäni linssit tekevät suuremman eron lopulliseen kuvaan, kuin pienemmän pinta-alan käyttäminen digitaalisesta kennosta. Ursa Mini 4.6k -kameralla kuvattiin 12Bit 2kDCI ProRes 4444 Log -formaattia. Filmi kehitettiin normaalisti ja skannattiin Bestlight 16bit 2.6k ProRes 4444 -formaattiin sekä Bestlight 16bit 4k ProRes 4444 -formaattiin.

Makuuhuoneeseen valo tuotiin ikkunan läpi. Ikkunan takana oli 2.5kw HMI magentakalvolla, joka kohdistettiin  $\frac{1}{2}$  WD kankaan läpi. Lisäksi ikkunan takana oli kaksi PAR 64 valoa magenta kalvolla sekä  $\frac{1}{4}$  cto kalvolla, jotka kohdistettiin ristikkäin seiniä kohti. Ikkunan vastakkaisella puolella makuuhuoneessa oli Ultra-bounce-kangas heijastamassa täytevaloa. Kuvassa 8 on valosuunnitelma ylhäältä piirrettynä.



KUVA 8. Valosuunnitelma

## 5 TULOSTEN VERTAILU

Toin testikuvauksissa kuvatun materiaalin Adobe Premiere Pro -ohjelmaan, jossa leikkasin mahdollisimman identtiset 47 sekunnin kohtaukset niin digitaalisesta materiaalista kuin filmimateriaalista. Kohtaukset värimäärittelin alkuperäistä Pro-Res 4444 -materiaalia käyttäen DaVinci Resolve -ohjelmassa, josta myös otin ulos valmiit versiot kohtauksista. Lopullisia versiota on neljä kappaletta. 2k resoluution filmiversio, 4k resoluution filmiversio, 2k digitaalinen versio, jossa on käytetty film to extended video v.3 LUTia, sekä 2k digitaalinen versio ilman LUT käyttöä. Värimäärittelyssä en tehnyt muuta kuin tasoitin kontrasti- ja kirkkaustasot, sekä lisäsin saturaatiota filmimateriaaliin ja digitaaliseen ilman LUTia värimääriteltyn versioon. Log-profiili johon filmi oli skannattu, sekä Ursa Mini 4.6k -kameran Log-profiili olivat todella loivia. Mielestäni tasa-arvoisin tapa tuoda värit takaisin esille, oli lisätä saturaatiota saman verran niin filmiin kuin digitaaliseen materiaaliin. Blackmagicin tarjoama LUT Ursa Mini 4.6k -kameraan taas lisää saturaatiota kuvaan niin paljon, että en nähnyt tarpeelliseksi enää lisätä sitä enempää. Liitteenä 1 linkki koosteeseen kaikista näistä neljästä versiosta.

### 5.1 Violetti värivääritys

Violetti värivääritys on heijastuksen näköistä värjäytymää, joka yleensä näkyy kuvan epätarkoilla ja hyvin kontrastisilla alueilla, kuten näemme kuvassa 9 ja 11 näkyvässä pöytävalaisimessa. Värivääritys on objektiivista johtuva ilmiö. Koska valon eri aallonpituudet eli eri valon värit liikkuvat eri nopeuksilla objektiivin linssi elementtien läpi, ne taittavat kustakin elementistä erin lailla eteenpäin. Valon aallonpituudet, jotka eivät osu digitaaliselle kennolle tai filmille samaan paikkaan kuin muut aallonpituudet, näkyvät kuvan kirkkaissa kohdissa heijastuksen omaisena värjäytymänä. On erittäin vaikeaa ja kallista rakentaa objektiivia, joka pystyisi tuomaan kaikki aallonpituudet objektiivin läpi samaan paikkaan digitaaliselle kennolle tai filmille. Niinpä linssit suunnitellaan yleensä niin, että ne keskityvät tuomaan tietyt valitut aallonpituudet samaan paikkaan. Violetin valon aallonpituus on todella lyhyt ja todella lähellä näkyvän spektrin rajaa, joten se on

useasti aivan eri suunnassa kuin valitut aallonpituudet, ja näin kohdistuu eri paikkaan kennolle tai filmille. Kuvista 9, 10 ja 11 näkee, kuinka tämä ilmiö tapahtuu vain digitaalisessa materiaalissa.



KUVA 9. Ursa Mini 4.6k -kameralla kuvattu kuva



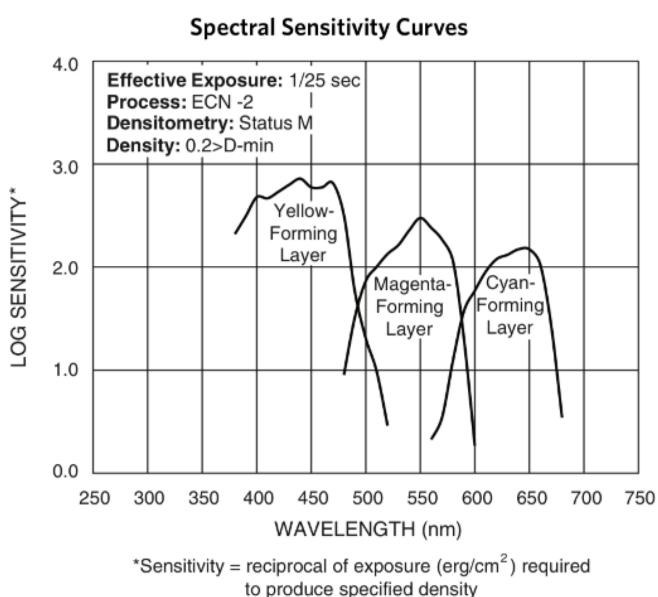
KUVA 10. Kodakin 200T 16mm filmillä kuvattu kuva



KUVA 11. Vasemmalla filmimateriaalista suurenos pöytävalaisimesta ja oikealla digitaalisesta materiaalista suurenos pöytävalaisimesta.

Violetin värisen valon aallonpituudet liikkuvat noin 380nm – 400nm välillä. Kodak 200T filmin herkkyys rajoittuu noin 380nm – 390nm aallonpituuksille, kuten näemme kuviosta 1. Filmi ei siis aina välttämättä pysty toistamaan näitä violetin valon aallonpituuksia, joista violetti väriääritymä johtuu. Digitaaliset kennot taas ovat todella herkkiä lyhyille kuin myös erittäin nopeille aallonpituuksille, ja useasti pystyvät näin toistamaan nuo kirkkaat violetin valon sävyt.

Osasy ilmion näkymiselle useammin digitaalisella formaatilla kuin filmillä, johtuu siitä, miten formaatit käsittelevät erittäin kirkkaita kohtia kuvassa. Yleisesti filmi käsittelee kirkkaita kohtia hieman pehmeämmin kuin digitaalinen sensori, kuten kuvan 11 lampuista näkee. Tämän vuoksi filmille ei yhtä useasti synny niin teräviä reunoja kirkkaisiin kohtiin, jotta violettia väriääritymää voisi ilmaantua.



KUVIO 1. Kodak 200T 7213 filmin herkkyys valon aallonpituuksille (Kodak 2015, 4)

## 5.2 Sinisen ja korallimagentan valon voimakkuus ja syvyys

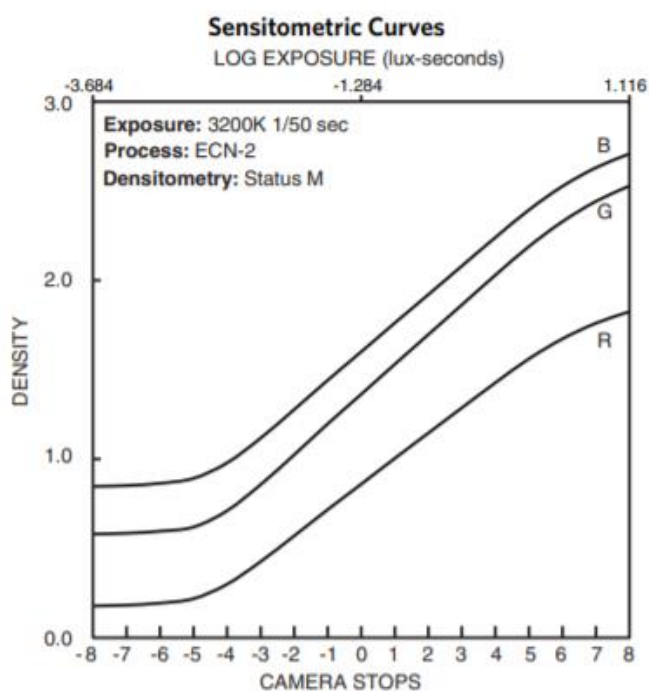
Kun näin testikuvausten materiaalin ensimmäistä kertaa, suurin yllätys itselleni oli formaattien värien toisto. Kuvassa 12 olevista versioista näkee, kuinka filmimateriaalissa on todella paljon vahvempi sinisen toisto sängyn vasemmalla puolella, kun taas digitaalisessa materiaalissa korallimagenta väri kuvan oikealla puolella on säilynyt merkittävästi paremmin.



KUVA 12. Kaikki lopulliset versiot vierekkäin

Kuvasta 12 näkee, kuinka sininen valo on paljon voimakkaampi ja saturoidumpi filmille kuvatussa materiaalissa. Digitaaliselle kennolle kuvatussa materiaalissa sinisen sävyt näkyvät hennosti vain lakanoiden ja tyynyn varjokohdissa. Digitaalisessa Bayer-suodin kennossa sinisen värisävyn tallentavia photosite -sensoreja on vain 25% kennosta. Jokaisella kameravalmistajalla on omat algoritmit, joilla he tulkitsevat tuota sinistä signaalia. Ursa Mini 4.6k -kamerassa tämä algoritmi näyttää olevan melko heikko, sillä se ei ilmeisesti pysty erottamaan tuota sinistä tarpeeksi hyvin.

Punaiselle herkkä kerros on filmissä kaikista alimmaisena, näin punaisen toisto on pehmeämpää kuin muilla värisävyillä. Kun katsotaan kuviota 2, nähdään että kirkkaissa osissa kuvaa Kodak 200T reagoi siniseen valoon melko paljon vahvemmin kuin punaiseen, jonka takia sininen syrjäyttää oranssin punaisen valon suurilta osin.



KUVIO 2. Kodak 200T 7213 filmin reagointi siniselle, vihreälle ja punaiselle valolle (Kodak 2015, 4)

Digitaalisella elokuvakameralla kuvattu materiaali, jossa ei ole käytetty LUTia toistaa korallimagentan värin niin kuin sen oli tarkoitus näyttäytyä. Kuvassa 13 olevaa lipastoa katsoessa, huomataan kuinka paljon enemmän digitaalinen kamera on säilyttänyt korallimagentaa väri-informaatiota. Filmimateriaalissa tuo väri on selvästi kääntynyt lämpimän oranssin suuntaan.

Korallimagenta väri koostuu yhdistelmästä sinistä, vihreää ja punaista. Filmimateriaalissa oranssit kohdat ovat ylivalottuneet niin paljon, että sininen informaatio on alkanut hävitä filmistä. Kuvion 2 käyrät kertovat filmin valoväriherkkien kerrosten reaktion valolle. Y-akselin luvut ilmaisevat filmin tiheyttä ja x-akselin luvut valotusaukkoja 18% harmaan kummallakin puolella. Mitä korkeampi tiheysluku on, sitä enemmän filmikerrokseen jää valoa talteen.

Esimerkiksi kuvassa 13 lipaston päällinen alkaa asettumaan niin lähelle kaaviossa näkyvän käyrän yläosaa, että sinisen kerrokseen on jäänyt niin paljon valoa kiinni, että filmi ei pysty enää toistamaan sitä. Epäherkemmät vihreä ja punainen kerros ovat kuitenkin vielä keränneet informaatiota ja luoneet lämpimän oranssin värin. Lipaston tasoa vahvemman esimerkin tästä ilmiöstä voi nähdä kuvan 14 kasvista.



KUVA 13. Korallimagentan värinen valo lipastossa



KUVA 14. Korallimagentan värinen valo kasvissa

### 5.3 Terävyys

Kuvan terävyydestä ja resoluutiosta puhutaan kuin ne olisivat sama asia. Mielestäni testikuvaukseni osoittavat, että resoluutiolla ei ole minkäänlaista suoraa korrelaatiota todelliseen kuvan terävyyteen. Jos terävyyteen vaikuttaisi pelkästään resoluutio, olisi 4K skannattu filmimateriaali selvästi digitaalista terävämpää. Kuvan havaittavaan terävyyteen formaatista riippumatta vaikuttavat objektiivien suorituskyky sekä valaisun kontrastisuus. Kuvaamassani materiaalissa nämä eivät ole vertailukelpoisia seikkoja, sillä kumpikin formaatti on valaistu identtisesti ja kummallakin formaatilla käytettiin samoja objektiiveja. Pikselimäärää tärkeämpää havaittavan terävyyden kannalta on reunakontrastisuus.

Digitaalisen kuvan havaittavaan terävyyteen vaikuttaa hyvin paljon kameran algoritmi, jolla se purkaa sensorilta informaatiota talteen. Yksittäisen kameran 4k resoluutio on tietysti aina terävämpää kuin 2k resoluutio, sillä 4k materiaalissa on neljä kertaa enemmän informaatiota kuin 2k materiaalissa. Eri kameroissa on kuitenkin suuri ero resoluutioiden terävyyden välillä. Jonkin kameran 2k materiaali näyttää paljon terävämmältä kuin toisen kameran 4k materiaali. Kaikki on kiinni kameran algoritmista ja kuinka paljon se ottaa alkuperäistä sensorin informaatiota talteen.

Filmikuvan havaittavaan terävyyteen vaikuttavia tekijöitä on huomattavasti enemmän. Filmi voi jo kuvausvaiheessa kulkea huonokuntoisessa kamerassa hallitsemattomasti kameran portin läpi, tehden ei haluttua millimetrien liikettä ja näin vähentäen kuvan havaittavaa terävyyttä. Huolimaton tai ammattitaidoton filminkehitys vaikuttaa havaittavaan terävyyteen vähintäänkin sillä, että se lisää filmin rakeiden kokoa. Digitaalisessa työnkulussa filmin skannaus nousee erittäin tärkeään rooliin. Huonolaatuinen skannaus voi pilata kuvatun materiaalin täysin. Elokuvafilemille tarkoitettuja skannereita on olemassa hyvin monenlaisia ja niiden tuottaman laadun erot ovat hyvin suuria. Korkeabudjettisissa tuotannoissa käytettävät skannerit kuten Arriscan tai Scanity luovat niin laadukkaan kuvan 16mm filmistä, että normaali katsoja ei pysty erottamaan sitä digitaalisella elokuvakameralla kuvatusta materiaalista. Toisessa päässä ovat skannerit, joiden tulos

muistuttaa vanhoja 1960-luvun kotielokuvia. Opinnäytetyöni skannaus on laadultaan keskivertoa. Väri-informaatiota on skannauksessa runsaasti, mutta havaittavan terävyyden kannalta skannaus on rakeista ja huomattavan pehmeätä verraten sen skannausresoluutioon.

Kuvissa 15 ja 16 näkyvän filmin rakeisuuden takia formaattien välistä todellista havaittavaa terävyyttä on vaikea vertailla. Digitaalisessa materiaalissa voi erottaa etualalla istuvan naisen ripset selvästi hänen silmäluomestaan, mutta filmimateriaalissa ripset eivät enää erotu, sillä ne ovat hävinneet filmirakeeseen. Samankaltaisen yksityiskohtien puutteen voi huomata kuvassa 16 näkyvän naisen hiuksista. Digitaalisessa materiaalissa pystyy erottamaan yksittäiset hiukset, mutta filmimateriaalissa tämä ei enää ole mahdollista. Toisaalta vaikka digitaalinen materiaali on selvästi terävämpää, on mielestäni mielenkiintoista miltä kasvojen iho näyttää varsinkin kuvassa 15. Etualalla olevan naisen poski näyttää hieman silikonimaiselta, muovimaiselta ja epäaidolta verrattuna ihon tekstuuriin filmillä, joka on kylläkin rakeinen, mutta samaan aikaan hieman organisemman näköinen.

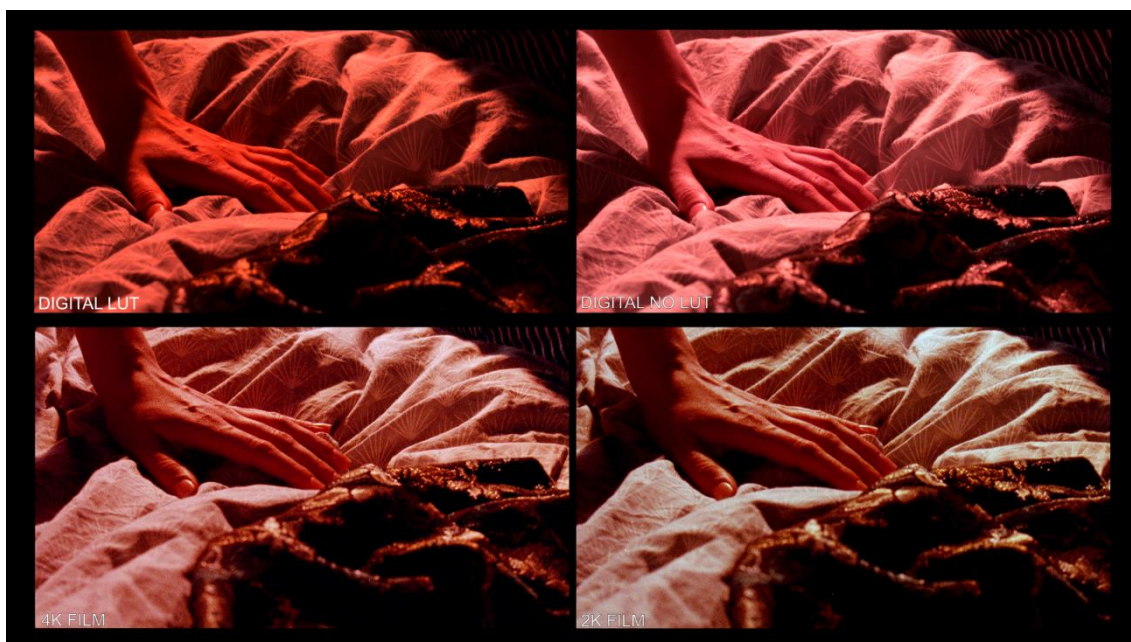


KUVA 15. Kaikki lopulliset versiot formaateista vierekkäin



KUVA 16. Kaikki lopulliset versiot formaateista vierekkäin

Kuvan 17 käsissä vertailu filmin ja digitaalisen havaittavan terävyyden välillä on tasapuolisin. Digitaalinen materiaali on yhä terävämpää, mutta ero filmiin on muuttunut hyvin pieneksi. Huomattavimman eron terävyydessä huomaa katsoessa peukaloa ja sormien nivelissä olevia juovia. Digitaalisessa materiaalissa nuo erottuvat hieman paremmin.



KUVA 17. Kädet kaikissa lopullisissa versioissa

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyöni päämääränä oli löytää digitaalisella elokuvakameralla kuvatusta ja 16mm filmillä kuvatusta materiaalista näkyviä eroavaisuuksia sekä samankaltaisuuksia, ja löytää näihin syitä tutkimalla formaattien tapoja muodostaa lopullinen kuva. Tietotaitoni digitaalisen elokuvakameran tekniikasta ja tavasta tallentaa valoa muistiin oli melko kattava jo ennen opinnäytetyöprojektin alkamista. Opinnäytetyön edetessä sain kuitenkin paljon lisää informaatiota ja ymmärryksen aiheesta laajeni merkittävästi. Tietotaitoni elokuvafilmin rakenteesta ja siinä tapahtuvista kemiallisista muutoksista sen altistuessa valolle oli täysin teoreettinen, sillä en ollut koskaan kuvannut elokuvafilmillä. Opinnäytetyöprosessin aikana tietoni filmin eri kerrosten merkityksestä lisääntyi todella paljon ja tämän tiedon kautta myös tietotaitoni tuottaa elokuvafilmillä haluttuja tuloksia parani huomattavasti.

Elokuvafilmin ja digitaalisen elokuvakameran tavat luoda lopullinen kuva eroavat olennaisesti toisistaan. Digitaalisessa elokuvakamerassa photosite-sensoreilta tuleva analoginen sähkövirta muunnetaan heti digitaalseksi binaarikoodiksi, kun taas filmin lopulliseen kuvaan liittyvät muuttujat ovat kemiallisia aina filmin skannaukseen asti, jolloin se muunnetaan digitaaliseen muotoon.

Formaateilla kuvatun testimateriaalin tutkimisessa tuli selkeinten ilmi niiden erot toistaa kuvan kirkkaita osia, sekä erot värisävyjen toistossa. Silmälle huomattomien ilmiö, mutta ehkä tasapuolisin ilmiö vertailla oli digitaalisessa kuvassa näkyvä violetti väriääritymä kuvan kirkkaissa ja kontrastisissa kohdissa. Tutkimalla valon aallonpituuksia ja kuinka filmi toistaa niitä, totesin violetin valon aallonpituuden olevan niin lähellä filmin aallonpituuksien toistorajaa, että violettiä väriääritymää ei pääse tapahtumaan. Myös filmin tapa käsitellä kuvan erittäin kirkkaita kohtia, minimoi violetin väriääritymän syntyä. Täytyy kuitenkin muistaa, että violettiä väriääritymää ei filmissäkään voi aina välttää, vaikka omassa testikuvamateriaalissani sitä ei ole havaittavissa. Filmillekin on mahdollista syntyä niin teräviä reunoja kirkkaille aluille, että violettiä väriääritymää syntyy. Tehokas tapa minimoida väriääritymää kuvausformaatista riippumatta onkin valita objektiiveja, jotka on rakennettu minimoimaan väriääritymät.

Epätasapuolisin ilmiö vertailla, mutta kuvasta selvästi erottuvin ilmiö oli formaattien kyky toistaa korallimagentan väristä valoa. Filmimateriaalissa väri oli muuntunut lämpimän oranssin suuntaan. Digitaalisella elokuvakameralla kuvattu materiaali toisti värin sellaisen kuin se oli tarkoitettu näkyvän. Korallimagenta väri koostuu yhdistelmästä sinistä, vihreää ja punaista väriä. Tutkimalla filmin eri emulsiokerrosten valotusvaraa, totesin sinisen emulsiokerroksen olevan kaikista herkin valolle ja näin myös ensimmäinen emulsiokerros, joka alkaa menettämään informaatiota kirkkaissa kohdissa. Testimateriaalissa lämpimän oranssit kohdat olivat niin kirkkaita, että sininen väri oli alkanut häviämään värien yhdistelmästä, jolloin korallimagenta väri oli alkanut kääntymään oranssiin.

Testikuvausten tulosten tasapuolisen vertailun kannalta huippulaatuinen skannaus olisi ollut tarpeellinen. Tietämykseni ennen opinnäytetyöprosessin alkamista skannauksen laatueroista ja kuinka paljon ne esimerkiksi filmin havaittavaan terävyyteen vaikuttavat oli jälkikäteen mietittynä heikko. Testimateriaalia kuvattaessa tein virheen ylivalottaessa filmiä yhden aukon kirkkaammaksi verrattuna digitaalisella elokuvakameralla kuvattaessa. Filmin ylivalotus, sekä filmin skannauksen laatu hävittivät korallimagentan väri-informaation filmimateriaalista. Toisaalta tästä virheestä syntyi myös opinnäytetyön mielenkiintoisin tutkimusaihe. Olisi kuitenkin ollut mielenkiintoisempaa tutkia tuota korallimagentan värin sävyeroa formaattien välillä, kuin tutkia syitä kyseisen värin puuttumiseen filmimateriaalissa.

Skannauksen vaikutus filmin lopulliseen kuvaan on hyvin laaja tutkimusalue. Olisi mielenkiintoista tutkia kuinka paljon skannauksen laatu vaikuttaa esimerkiksi filmin valotusvaraan tai havaittavaan terävyyteen. Opinnäytetyössäni elokuvausformaattien vertailu painottui myös vain studioympäristössä kuvattuun materiaaliin. Olisi mielenkiintoista vertailla myös esimerkiksi päivällä kokonaan luonnonvalolla kuvattua materiaalia tai kaupungissa mainoskyttien ja katuvalojen alla kuvattua materiaalia.

Lähdin tekemään opinnäytetyötäni aloitteleville kuvaajille. Mielestäni aloitteleva kuvaaja saakin opinnäytetyöstäni informaatiota 16mm filmin rakenteesta ja mitä

filmille tapahtuu sen kehitysvaiheessa, sekä kattavan tiedon digitaalisen elokuvakameran tekniikasta ja sen tavasta purkaa kuvainformaatio talteen. Aloitteleva kuvaaja myös näkee kuvaamastani materiaalista formaattien väritoisto- ja terävyyserot ja saa informaation syistä näiden erojen takana. Olisin kuitenkin halunnut, että testimateriaalissani olisi näkynyt enemmän eroavaisuuksia formaattien välillä ja että materiaali olisi ollut tasokkaampaa, jotta lukija olisi voinut nähdä ja lukea formaattien todellisen potentiaalin. Toivonkin jonkun tekevän tulevaisuudessa suuremmilla resursseilla laajemman vertailun formaattien välillä ja julkaisevan sen avoimesti nähtäväksi ja luettavaksi.

## LÄHTEET

### Kirjallisuus

Case, Dominic 1985. Motion Picture Film Processing. England: Focal Press.

Hummel III, R. 2007. A Primer for Evaluating Digital Motion Picture Cameras. American Cinematographer Manual Tenth Edition. E-kirja. 2015. USA: The ASC Press. <https://apps.apple.com/mx/app/american-cinematographer-manual-10th-edition/id830608599?l=en#?platform=ipad>

Ollstein, M. Basic Digital Concepts. American Cinematographer Manual Tenth Edition. E-kirja. 2015. USA: The ASC Press. <https://apps.apple.com/mx/app/american-cinematographer-manual-10th-edition/id830608599?l=en#?platform=ipad>

### Internet-lähteet

Apple. 1.2020. Apple ProRes White Paper. Apple. Luettu 30.5.2020. [https://www.apple.com/final-cut-pro/docs/Apple\\_ProRes\\_White\\_Paper.pdf](https://www.apple.com/final-cut-pro/docs/Apple_ProRes_White_Paper.pdf)

Blackmagic Design. 5.2020. Installation and Operation Manual Blackmagic URSA Mini and URSA Mini Pro. Blackmagic Design. Luettu 30.5.2020. <https://documents.blackmagicdesign.com/UserManuals/BlackmagicURSAMiniManual.pdf?v=1590476410000>

Boyle, G. 16.6.2017. Does resolution matter. CookeOpticsTV. Luettu 9.4.2020. <https://www.youtube.com/watch?v=EkBbOU8Cwhg>

Brendel, H., Goldstone, J., Heugel, J., Temmler, O. 2017. Alexa Log C Curve Usage in VFX. Arri. Luettu 4.4.2020. <https://www.arri.com/resource/blob/31918/66f56e6abb6e5b6553929edf9aa7483e/2017-03-alex-log-c-curve-in-vfx-data.pdf>

Cambridge in Colour. n.d. Digital camera sensors. Luettu 3.4.2020. <https://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-sensors.htm>

Kodak. 2007. The Essential Reference Guide for Filmmakers. Eastman Kodak Company. Luettu 16.3.2020. [https://www.kodak.com/uploadedfiles/motion/Kodak/motion/Education/Publications/Essential\\_Reference\\_Guide/kodak\\_essential\\_reference\\_guide.pdf](https://www.kodak.com/uploadedfiles/motion/Kodak/motion/Education/Publications/Essential_Reference_Guide/kodak_essential_reference_guide.pdf)

Kodak. 7.2015. KODAK VISION3 200T Color Negative Film 5213 / 7213. Kodak. Luettu 25.3.2020. [https://www.kodak.com/uploadedFiles/Motion/Products/Camera\\_Films/5213/Resources/5213\\_TI2653.pdf](https://www.kodak.com/uploadedFiles/Motion/Products/Camera_Films/5213/Resources/5213_TI2653.pdf)

Videomaker. 24.7.2018. What is Bit Depth?. Videomaker. Luettu 30.05.2020. [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=187&v=6yXYxp0UiVg&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?time_continue=187&v=6yXYxp0UiVg&feature=emb_logo)

### Kuvalähteet

KUVA 1. Kodak, 2007. The Essential Reference Guide for Filmmakers. Eastman Kodak Company. Luettu 16.3.2020. [https://www.kodak.com/uploaded-files/motion/Kodak/motion/Education/Publications/Essential\\_Reference\\_Guide/kodak\\_essential\\_reference\\_guide.pdf](https://www.kodak.com/uploaded-files/motion/Kodak/motion/Education/Publications/Essential_Reference_Guide/kodak_essential_reference_guide.pdf)

KUVA 2. Kodak, 2007. The Essential Reference Guide for Filmmakers. Eastman Kodak Company. Luettu 16.3.2020. [https://www.kodak.com/uploaded-files/motion/Kodak/motion/Education/Publications/Essential\\_Reference\\_Guide/kodak\\_essential\\_reference\\_guide.pdf](https://www.kodak.com/uploaded-files/motion/Kodak/motion/Education/Publications/Essential_Reference_Guide/kodak_essential_reference_guide.pdf)

KUVA 3. Case, Dominic 1985. Motion Picture Film Processing. England: Focal Press.

KUVA 4. Gerald, G., Nice, K., Wilson, T. n.d. How Digital Cameras Work. How stuff works. Luettu 3.4.2020. <https://electronics.howstuffworks.com/cameras-photography/digital/digital-camera5.htm>

KUVA 5. Jani Frisk. 2020.

KUVA 6. Blackmagic Design. 5.2020. Installation and Operation Manual Blackmagic URSA Mini and URSA Mini Pro. Blackmagic Design. Luettu 30.5.2020. <https://documents.blackmagicdesign.com/UserManuals/BlackmagicURSAMiniManual.pdf?v=1590476410000>

KUVA 7 - 17. Jani Frisk. 2019.

### **Kuviolähteet**

KUVIO 1. Kodak. 7.2015. KODAK VISION3 200T Color Negative Film 5213 / 7213. Kodak. Luettu 25.3.2020. [https://www.kodak.com/uploadedFiles/Motion/Products/Camera\\_Films/5213/Resources/5213\\_TI2653.pdf](https://www.kodak.com/uploadedFiles/Motion/Products/Camera_Films/5213/Resources/5213_TI2653.pdf)

KUVIO 2. Kodak. 7.2015. KODAK VISION3 200T Color Negative Film 5213 / 7213. Kodak. Luettu 25.3.2020. [https://www.kodak.com/uploadedFiles/Motion/Products/Camera\\_Films/5213/Resources/5213\\_TI2653.pdf](https://www.kodak.com/uploadedFiles/Motion/Products/Camera_Films/5213/Resources/5213_TI2653.pdf)

## LIITTEET

Liite 1. Testikuvausten valmis kohtaus

<https://vimeo.com/396908833>