

Opinnäytetyö (AMK)
Tietotekniikan koulutusohjelma
Multimedia- ja DVD-tekniikka
2011

Kimmo Leppäkorpi

TIME-LAPSE-VIDEO



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikan koulutusohjelma | Multimedia- ja DVD-tekniikka

2011 | 30

Ohjaajat: Ins. (AMK) Keijo Leinonen ja KTT Reetta Raitoharju

Kimmo Leppäkorpi

TIME-LAPSE-VIDEO

Tässä opinnäytetyössä toteutettiin Turku-aiheinen time-lapse-video Pixed Studiolle. Videota tullaan käyttämään Pixed Studion referenssivideona. Työssä tutustuttiin time-lapse- eli intervallikuvaukseen. Työssä myös käsiteltiin time-lapsen historiaa, teoriaa ja erilaisia käyttötapoja.

Projekti toteutettiin kuvaamalla kahdella digitaalisella järjestelmäkameralla kuvamateriaalia time-lapse-videoihin. Saatu kuvamateriaali tuotiin erillisiin ohjelmiin, joilla toteutettiin jälkikäsittely. Tässä vaiheessa käytettiin kuvankäsittelyohjelmaa kuvien primäärisäätöjen editointiin, time-lapse-työkalua valotussäätöjen tasoittamiseen ja videoeditointiohjelmaa muuntamaan kuvat videomuotoon sekä lopulliseen pakkausmuotoon. Työssä käsiteltiin myös time-lapse-kalustoa, kameran asetuksia ja yleisiä valo- ja videokuvaukseen liittyviä attribuutteja.

Hyvällä alkusuunnittelulla ja kuvauspaikkoihin tutustumisella kuvaukset sujuivat pääsääntöisesti hyvin. Jälkikäsittely sekä siihen kuuluvat vaiheet toivat uutta opittavaa ja olivat toteutuksellisesti erittäin mielenkiintoisia. Toteutusvaiheessa suurimmat ongelmat olivat sääolosuhteiden yllättävät muutokset ja kuva- ja videomateriaalien raskas käsiteltävyys.

Opinnäytetyön tuloksena saavutettiin näyttävä time-lapse-referenssivideo Pixed Studiolle. Projektissa laajennettiin osaamista videokuvausalan puolelle ja syvennettiin osaamista valokuvauksessa.

ASIASANAT:

time-lapse, intervalli, valokuvaus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme in Information Technology | Digital Media

2011 | 30

Instructors: Keijo Leinonen, B. Eng and Reetta Raitoharju, Dr. Sc.

Kimmo Leppäkorpi

TIME-LAPSE VIDEO

In this thesis the objective was to make a time-lapse video for Pixed Studio. The video was made to be used as reference material for Pixed Studio. In this project we went into the world of time-lapse video. The thesis also includes a brief section of time-lapse history, theory and different common practices.

The project was carried out by filming material with two cameras for a time-lapse video. The material was brought into different programs which were used during post-production. We used an image manipulation program, time-lapse tool and video editing program to perform all the necessary configurations in all of the different phases. After the necessary configurations were made we had the final video product. We also went through some basic time-lapse equipment, camera settings and common photography related attributes.

Getting to know the filming scenes and good planning made a good base for filming the clips. Post-production and all the phases that were related brought new learning experiences and were also interesting to execute. During filming the biggest problems were the ever changing variable weather conditions. Video material seemed to be quite strenuous and it also played a part in causing problems.

As the final result of the thesis we had an impressive looking reference video for the use of Pixed Studio. We also deepened our expertise in making video and photography material during the project.

KEYWORDS:

time-lapse, interval, photography

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 TIME-LAPSE	2
2.1 Historia	3
2.2 Teoria	4
2.3 Käytettävyys	4
3 LAITTEISTO	6
3.1 DSLR-kamera	6
3.2 Videokamera	7
3.3 Kaukolaukaisimet	7
3.4 Kameran liike	7
4 KAMERA- JA KUVAUSTEKNIikka	9
4.1 Aukko	9
4.2 Suljinaika ja harmaasuodin	10
4.2.1 Time-lapse: lyhyt suljinaika	11
4.2.2 Time-lapse: pitkä suljinaika	11
4.3 ISO-arvo	11
4.4 Objektiivi, polttoväli ja kenno	13
4.5 Tarkennus ja syväterävyys	14
4.6 Kuvasuhde	14
4.7 Resoluutio	15
5 OHJELMISTOT JA FORMAATIT	16
5.1 Magic Lantern	16
5.2 Kuvankäsittely	17
5.3 Videoeditointi	17
5.4 Raw ja jpeg	17
5.5 Videoformaatti	18
6 VIDEOPROJEKTI TURKU TIME-LAPSE	19
6.1 Idea ja aiheeseen tutustuminen	19
6.2 Suunnittelu	19
6.3 Laitteisto	20

6.4 Kuvaaminen	20
6.5 Kuvankäsittely	21
6.6 Editointi ja efektit	22
7 YHTEENVETO	23
7.1 Arviointi	23
7.2 Haasteellisuus	23
7.3 Kehitysmahdollisuudet	24
LÄHTEET	25

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä perehdytään time-lapse-kuvaukseen, miten se toteutetaan ja mitkä ovat sen mahdolliset ongelmakohdat. Projekti tehtiin Pixed Studiolle, joka toimii valo- ja videokuvauksen alalla.

Tavoitteena oli kuvata ja editoida video Turusta Pixed Studiolle, jota Pixed Studio voi käyttää sekä referenssi että promootiovideonaan. Tavoitteeksi videolle asetettiin hieman erilainen lähestymistapa ja sen takia video päätettiin kuvata time-lapse-videona.

Tavoitteena oli myös oppia ymmärtämään, miten time-lapse-video kuvataan, oppia käyttämään eri intervalleja, kameran säätöjä ja tutustua koko time-lapse-prosessiin kuvaamisesta aina valmiiseen videoon asti.

Työ jakautui suunnitteluun, kuvaukseen ja editointiin. Suunnittelussa mietittiin time-lapse-videon teknisiä ja luovia toteutustapoja sekä mahdollisia käyttötarkoituksia videoille. Kuvaus toteutettiin pääsääntöisesti kuvaamalla kahdella eri kameralla Turun alueella. Kohteissa kuvattiin haluttu määrä kuvamateriaalia kunkin kohteen mukaisesti, tämä riippui yleisesti siitä, mitä kohteesta haluttiin näyttää videon katsojalle. Editointivaiheessa suoritettiin lähinnä mekaanisia toimenpiteitä, joilla kuvamateriaali tuotettiin esityskelpoiseksi. Näihin toimenpiteisiin lukeutuivat valotus-, väri- ja valkotasapainosäädöt sekä videontuottamisen toimenpiteet.

Projektissa pyrittiin tuottamaan mahdollisimman hyvää time-lapse-videota, joissa yhdistyy hyvä tekninen toteutus ja luova ajatus. Valmiit videot on tarkoitus antaa Pixed Studiolle mahdolliseen referenssikäyttöön ja täten mainostaa videon teko- ja tuottamisosaamista.

2 TIME-LAPSE

Liikkuvan kuvan illuusio syntyy kun peräkkäisiä still-kuvia toistetaan riittävän nopeassa syklissä. Ihmissilmä ja aivot pystyvät käsittelemään 10–12 kuvaa sekunnissa. Jos silmistä välittyy aivoihin uusi kuva joka 1/15 sekunti, ihmisen näkömekanismi havaitsee sen kuvavirran jatkuvana liikkeenä. Euroopassa yleinen televisiolähetysten standardi kuvataajuudelle on PAL, jossa käytetään 25 fps eli 25 kuvakehystä sekunnissa. Vastaavasti taas NTSC kuvataajuus on 29,97 fps, kun taas elokuvissa käytetään yleisesti 24 fps kuvataajuutta. Tässä työssä käytetään esimerkeissä 25 fps kuvataajuutta. Kuvatessa videota 25 fps ja toistettaessa videota samalla nopeudella, näyttää se normaalilta nopeudelta. [3]

Time-lapse-kuvaaminen on tekniikka, jossa kuvia otetaan ennalta valitun intervallin mukaan, mutta hitaammin kuin esitettävässä mediassa oleva kuvataajuus. PAL-standardin mukaan kuvista koostetaan video, jonka esitysnopeus on 25 fps. Esimerkiksi kuvataan 100 kuvaa 10 s:n intervallilla, jolloin kuvaaminen kestää 16 min 40 s. Koostetaan kuvatusta materiaalista time-lapse-video normaalinopeudella 25 fps, jolloin 16 min:n 40 s:n kuvattu video tiivistyy 4 s:n pituiseksi time-lapse-videoksi. Time-lapse-video näyttää siltä kuin videota olisi nopeutettu. Time-lapse-videota voidaan siis verrata ”aikaa hidastavan” suurnopeuskamera kuvauksen vastakohtaksi. [3]

Time-lapse-kuvaamisella voidaan luoda efekti ajan manipuloinnista ja prosessin nopeuttamisesta. Time-lapse mahdollistaa myös ihmissilmälle hitaasti liikkuvien tai hitaiden prosessien seuraamista, joita ei välttämättä ilman time-lapse-tekniikkaa pysty kunnolla havainnoimaan, esimerkiksi maapallon pyörimistä tähtiä seuraamalla. Ihmissilmä ei erota tähtiä katsoessaan maapallon pyörimistä reaaliajassa, mutta kun ihminen katsoo taivaalle esimerkiksi tunnin välein ja vertaa tähtien ja kuun paikkaa maassa oleviin kiintopisteisiin, huomaa niiden liikkuneen.

2.1 Historia

Jo kauan ennen ensimmäistä valokuvaa kiinalainen filosofi Mozi (478~392 eaa.) teki havaintoja ja tutkimuksia optisesta ilmiöstä, jossa pienestä reiästä kulkeva valo muodostaa ylösalaisin olevan kuvan vastakkaiseen pintaan. [1]

Neulanreikäkamera (Camera obscura) on laatikko tai tila, johon on tehty pieni reikä, jonka läpi heijastuu ylösalaisin vastapäätä oleva kohde. Neulanreikäkamera on nykyisen valokuvakameran esiaste. [2]

Valokuva on erilaisten keksintöjen yhdistämisen tulos. Valokuvassa yhdistettiin valoherkkä paperi ja camera obscura. Ensimmäisenä valokuvana pidettävän valokuvan otti Nicéphore Niépce vuonna 1826. Jo 1800-luvulla keksittiin paljon erilaisia laitteita, joilla valokuvia pystyttiin näyttämään nopeasti toistensa jälkeen. Näin ollen saatiin aikaan illuusio liikkuvasta kuvasta. [1]

Vuonna 1897 Georges Méliès ranskalainen elokuvantekijä ja erikoisefektien edelläkävijä käytti ensimmäisen kerran time-lapse-tekniikkaa elokuvassaan Carrefour De L'Opera. Myös monet muut elokuvantekijät Jean Comandon, Pathé Frères, F. Percy Smith, Roman Vishniac ja Arnold Fanck käyttivät time-lapse-tekniikkaa 1900-luvun alkupuolella. [3]

Time-lapse-kuvaamisen merkittävimpana kehittäjänä ja edelläkävijänä voidaan kuitenkin pitää tohtori John Ottia. Ott työskenteli uransa alussa pankkiirina, mutta kiinnostui pian valokuvaamisesta. Ott kiinnostui kasvien time-lapse-kuvaamisesta, mutta aluksi tämä oli vain harrastus. 1930-luvulla Ott osti ja rakensi aina vain enemmän ja enemmän time-lapse-kalustoa. Ott rakensi time-lapse-kuvauksia varten suuren kasvihuoneen, kameroita ja jopa automaattisen Motion Control -järjestelmän. [3]

Maailman ensimmäisen elektronisesti liikkuvan kameran kehittämisen myötä Ott myös havaitsi, että hän pystyy kontrolloimaan kasvien liikettä. Tuo tapahtui säätelemällä kasveille annettavaa veden määrää ja sekoittamalla eri värilämpötilarvoisia valoja. Ott myös huomasi joidenkin värien saavan kasvit kukkimaan ja

joillain väreillä kasvamaan. Näitä tekniikoita hyödyntäen hän kuvasi time-lapse-videon, jossa kasvit ”tanssivat” musiikin tahdissa. [3]

Ott kirjoitti myös useita kirjoja perehtyen intervallikuvauksen historiaan ja hänen time-lapse-videoteoksiaan nähtiin muun muassa klassikkodokumentissa Walt Disneyn *Secrets of Life* (1956). Näin ollen voidaan sanoa Ottin olleen modernin time-lapsen-tekniikan pioneeri. [3]

2.2 Teoria

Intervallien laskemiseksi tarvitaan kuvattavan kohteen tai tapahtuman kesto, valmiin videon pituus sekä se, montako kuvaa videossa esitetään sekunnissa. Käytännössä kuitenkin usein intervalli valitaan riippuen siitä, mitä kohdetta kuvataan ja miten nopeaa liikkeen halutaan olevan. [3]

Käytetään esimerkkinä Euroopan PAL-standardin mukaista videokuvaa eli siis 25 kuvaa sekunnissa. Tiedetään, että matka junalla Turusta Helsinkiin kestää 2 h eli 7 200 s. Junamatka halutaan esittää 2 min:n eli 120 s:n pituisena time-lapse-videona. 2 min:n pituiseen videon tarvitaan siis kuvia $120 \times 25 = 3\,000$ kuvaa. Kuvattava kokonaisaika jaetaan tarvittavien kuvien määrällä eli $7\,200 \text{ s} / 3\,000 = 2,4 \text{ s}$, joka on kuvien intervalli. Tästä johdettiin kaava, jolla voidaan laskea intervalli.

$$x = \frac{y}{z \cdot f}$$

x = intervalli, y = kuvausaika, z = videon esitysaika ja f = fps (25)

2.3 Käytettävyys

Time-lapse-videoita ei voi nykyään olla näkemättä. Videoita käytetään monilla eri aloilla ja digitaaliset kamerat ovat lisänneet time-lapse-videoiden määrää eksponentiaalisesti. Time-lapse-videoita tehdään paljon harrastelijoiden toimesta ja kaupallisellakin puolella videoiden määrä on lisääntynyt. Tämän voi huo-

mata internetin laajentuneessa time-lapse-video tarjonnassa, sekä televisiossa esitettyjen videoiden määrästä. [3]

Time-lapse-videot sopivat erittäin hyvin näyttämään pitkiä prosesseja lyhyessä ajassa, esimerkiksi rakennustyömaata ja rakennuksen valmistumista vain muutamassa minuutissa, kun tähän on oikeasti voinut kulua aikaa monia kuukausia. Ihmisten vanhenemista on kuvattu time-lapse-tekniikalla. Esimerkiksi on otettu kuva kasvoista vuoden jokaisena päivänä neljän vuoden ajan, jolloin 4 vuotta saadaan tiivistettyä min:n pituiseksi videoksi. [3]

Tieteellisissä tutkimuksissa time-lapse-tekniikka on käytetty jo vuosia. Solujen muutoksia on kuvattu mikroskoopin läpi pitkillä aikaväleillä. Time-lapse-videoita käytetään nykyään paljon tv-sarjojen kuvitus- ja välivideoina. Myös luontodokumenteissa käytetään paljon intervallikuvausta. [3]

Time-lapse-videoita voi kuvata melkein mistä vain. Mielenkiintoisia videoita saa kuvaamalla sellaista liikettä, mitä ihmissilmä ei reaaliajassa huomaa. Hyviä ja suosittuja kuvauksen kohteita ovat muun muassa auringon nousut ja laskut, tähtitaivas, kasvien kasvaminen, pilvien liike, veden liike, liikenne, ihmismassat tai vaikkapa junamatkat. Vain ihmisen oma mielikuvitus on rajana.

3 LAITTEISTO

Time-lapse-videon kuvaamiseen yksinkertaisemmillaan riittää periaatteessa mikä kamera tahansa ja intervallin voi halutessaan säätää käsin. Toisaalta nykytekniikka tarjoaa monia eri mahdollisuuksia ja ratkaisuja time-lapse-kuvaamiseen. Kuvaamiseen voidaan käyttää kameraa aina perus pokkarista ammattilaiskalustoon asti. Lisäksi kuvaamiseen on tehty ja rakennettu paljon erilaisia apulaitteita muun muassa kameroiden liikutteluun, sekä useita erilaisia toteutuksia intervallien säätämiseen. Myös ohjelmistopuolella löytyy erilaisia ja monipuolisia ohjelmia helpottamaan intervallikuvaamista.

3.1 DSLR-kamera

DSLR-kamera eli digitaalinen järjestelmäkamera on tällä hetkellä kameroista ehdottomasti paras työväline kuvaajan kannalta. DSLR-kameralla saadaan kaikki digitaalisen valokuvaamisen edut käyttöön. Suurimpia etuja videokameraan verrattuna ovat suuri resoluutio, hinta ja käyttötarpeiden mukaan vaihdettavat objektiivit.

Osa DSLR-kameroista sisältääkin jo valmiiksi intervallikuvausmoodin, jolla kuvien intervallin pystyy säätämään ilman erillisiä lisälaitteita. On myös kameroita joissa kyseistä ominaisuutta ei ole, mutta useisiin kameroihin on tehty kolmannen osapuolen ohjelmistoja, jotka tuovat tarvittavat ominaisuudet kameran käyttövalikkoihin. Tietenkin on mahdollista, ettei kameraan saa kumpaakaan edellä mainittua ratkaisua ja ainoa mahdollisuus on käyttää erillistä intervalometriä (ks. luku 4.3).

DSLR-kameralla time-lapse-videoita kuvatessa huonoja puolia ovat sulkimen kuluminen, koska intervallivideot vaativat suuria kuvamääriä. Myös pakkaamattomat korkearesoluutioiset kuvat tarvitsevat erittäin paljon tallennustilaa ja vaativat tietokoneelta tehoa videon editointi- että pakkausvaiheessa.

3.2 Videokamera

Videokameralla kuvaaminen on helppo tie lähteä tutustumaan time-lapse-kuvaamisen maailmaan. Useimmat videokamerat sisältävät valmiiksi time-lapse-kuvaustoiminnon ja erillistä editointiohjelmaa ei edes välttämättä tarvita, koska kamera tekee videon valmiiksi videoksi oikeassa kuvasuhteessa.

Edullisempien videokameroiden heikkoina puolina DSLR-kameroihin verrattaessa, voidaan pitää niiden huonompia säätömahdollisuuksia ja huomattavasti heikompaa resoluutiota.

3.3 Kaukolaukaisimet

Intervallin säätämiseen on mahdollista käyttää erilaisia kaukolaukaisin ratkaisuja. Helpoin ratkaisu on hankkia erillinen kaukolaukaisin intervallitoiminnolla eli intervalometri. Intervalometriin asetetaan haluttu intervalliaika ja se liitetään kameraan synkronointijohdolla. Usein intervalometreissä voidaan säätää myös haluttu kuvamäärä, tai ottaa kuvia rajattomasti aina muistikortin täyttymiseen asti. [4]

Tietokoneen ollessa liitettynä kameraan voidaan oikeilla ohjelmilla käyttää intervallikuvaustoimintoja. Muun muassa Canon Utilities -ohjelmasta löytyy tällainen intervallikuvaustoiminto. Tietokoneen käyttäminen intervallikuvauksessa mahdollistaa suuret kuvatallennemäärät ja kuvassa mahdollisesti näkyvät virheet voi huomata kuvaushetkellä tietokoneen ruudulta.

3.4 Kameran liike

Time-lapse-kuvaajan erittäin tärkeä varuste on hyvä tukeva jalusta. Jalustan tulee olla niin tukeva, ettei kamera pääse yhtään heilumaan vaikka tuuli hieman yltyisikin. Pienikin kameran heiluminen jalustalla näkyy valmiissa videossa ja pidemmällä suljinajoilla tekee kuvasta erittäin epäterävän näköisen ja tärähtäneen.

Kuitenkin hyvä elävöittämiskeino time-lapse-videoon on kameran hallittu liike. Erilaiset kamera-ajot tuovat uudenlaisia mahdollisuuksia ja kuvakulmia kuvaamiseen.

Time-lapse-kuvaamiseen voidaan käyttää erilaisia askelmoottoreita, kuten pan-
naus- ja tilitysvideopäitä sekä Motion Control -järjestelmiä. Motorisoiduissa
videopäissä vertikaalisessa panoroinnissa tai horisontaalisessa tilityksessä
kamera pyörii oman akselinsa ympäri. Motion Control -järjestelmissä kamera
liikkuu fyysisesti paikasta a paikkaan b.

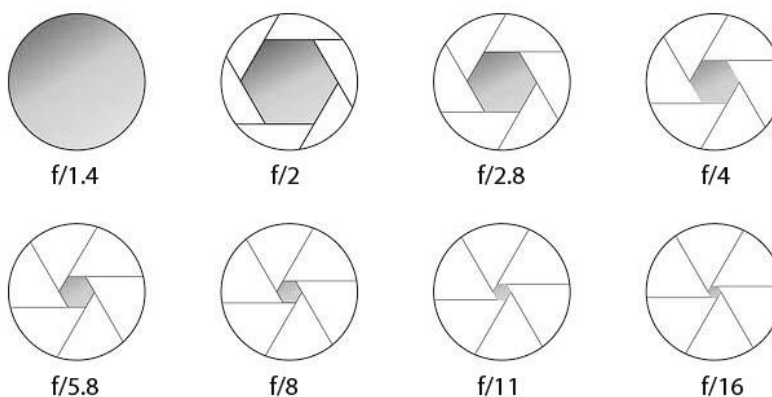
Motion Control -järjestelmään voidaan myös yhdistää motorisoituja videopäitä.
Näin ollen kameraa voi liikuttaa fyysisesti ja sen lisäksi pyörittää oman akselin-
sa ympäri. Näiden järjestelmien pitää myös olla tukevia ja liikkeen tulee olla ta-
saista. Time-lapse-videon intervallit ovat välillä todella suuria, jolloin Motion
Control -järjestelmän pitää pystyä liikuttamaan kameraa tarpeeksi hitaasti. Li-
säksi liikkeen välissä liike pitää pystyä pysäyttämään kuvan ottamisen ajaksi. [3]

4 KAMERA- JA KUVAUSTEKNIikka

Kameran säädöt vaikuttavat syntyvän kuvan lopputulokseen. Oikea valotus ja syväterävyys ovat monien säätöjen ja ominaisuuksien summa. Valotusta säädetään aukon, suljinajan ja herkkyuden kombinaatiolla. Yhden komponentin muuttaminen vaikuttaa koko kuvaan. Oikean valotuksen säätämisen apuna käytetään valotusmittaria valon mittaamiseen, joka kaikista nykyaikaisista DSLR-kameroista löytyy.

4.1 Aukko

Aukko määrittää sen kuinka suuresta reiästä valo kulkee objektiivin läpi. Aukon koolla tarkoitetaan polttovälin suhdetta aukon halkaisijaan. Aukon koko määritetään f-arvolla eli f/lukuarvo. Yleiset aukkokoot ovat yhden aukon välein 1; 1,4; 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22 ja 32 (Kuva 1). Mitä suurempi aukko ja pienempi lukuarvo sitä enemmän valoa pääsee läpi. Suurella aukolla kuvattaessa kuvan syväterävyysalue on kapea. Vastaavasti taas mitä suurempi lukuarvo sen pienempi aukko ja valoa pääsee vähemmän läpi syväterävyysalueen ollessa laajempi. [5]



Kuva 1. Aukkokoot

Käytettäessä elektronisesti säädettäviä objektiiveja pienien aukkojen käyttöä ei suositella välkkymisefektin takia. Elektronisesti säätyvän aukon ongelmana on, ettei se ole jokaisessa kuvassa aivan täsmälleen saman verran auki, joka taas aiheuttaa videoon ylimääräistä välkkymistä. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta, että aukkoarvot $f:8$ ja sitä suuremmat eivät aiheuta välkkymistä.

Time-lapse-kuvauksessa olisi hyvä käyttää vanhoja manuaalisia objektiiveja, joissa aukko voidaan säätää manuaalisesti. Myös elektronisesti säädettävän aukon pystyy lukitsemaan niin, että aukon valinnan ”lukitsemisen” jälkeen kiertää objektiivia hieman auki, jolloin sähkökontaktissa olevat liittimet eivät kosketa toisiinsa.

4.2 Suljinaika ja harmaasuodin

Suljinajalla hallitaan kuinka kauan valoa pääsee objektiivin läpi kennolle. Suljinajalla pystytään myös hallitsemaan kohteen liikkeen terävyyttä tai tarvittaessa epäterävyyttä. Time-lapse-kuvauksessa tarvitsee myös ajatella intervallin ja suljinajan suhdetta. Tällä suhteella hallitaan videon liikkeen sulavuutta. Time-lapse-kuvauksessa suositetaan yleensä $1/50$ s ja sitä pidempiä suljinaikoja välkkymisen estämiseksi. Aina tämä ei ole kuitenkaan mahdollista runsaan valon takia. [1]

Time-lapse kuvaamisessa voidaankin käyttää hyödyksi harmaasuotimia, joilla saadaan vähennettyä valon määrää. Suodin kiinnitetään objektiivin etupuolelle sijaitseviin suodinkierteisiin. Niitä valmistetaan eri vahvuisina joista yleisimmät suodattavat aukon, kaksi tai kolme valon määrästä. Harmaasuotimet mahdollistavat pitkät suljinajat käytettäväksi myös kirkkaalla ilmalla, kun hallitsevan valon määrä on suuri.[6]

4.2.1 Time-lapse: lyhyt suljinaika

Lyhyellä suljinajalla valoa pääsee vähemmän kennolle ja kuvauskohteen liikkeen pystyy pysäyttämään. Lyhyitä suljinaikoja käyttämällä ei kuvien välille tule liike-epäterävyyttä ja liikkuvat kohteet näyttävät hyppivän paikasta toiseen. [3]

Lyhyestä suljinajasta time-lapse-kuvauksessa voidaan puhua käytettäessä 1/50 s:a ja sitä lyhyempiä suljinaikoja. Erittäin lyhyillä suljinajoilla ongelmaksi syntyy sulkimen toiminnasta johtuva välkkyminen. Suljinajat eivät ole absoluuttisen pituisia, tällöin tuhannesosien heittoja syntyy ja joka näkyy lyhyitä suljinaikoja käyttämällä välkkymisenä. [3]

4.2.2 Time-lapse: pitkä suljinaika

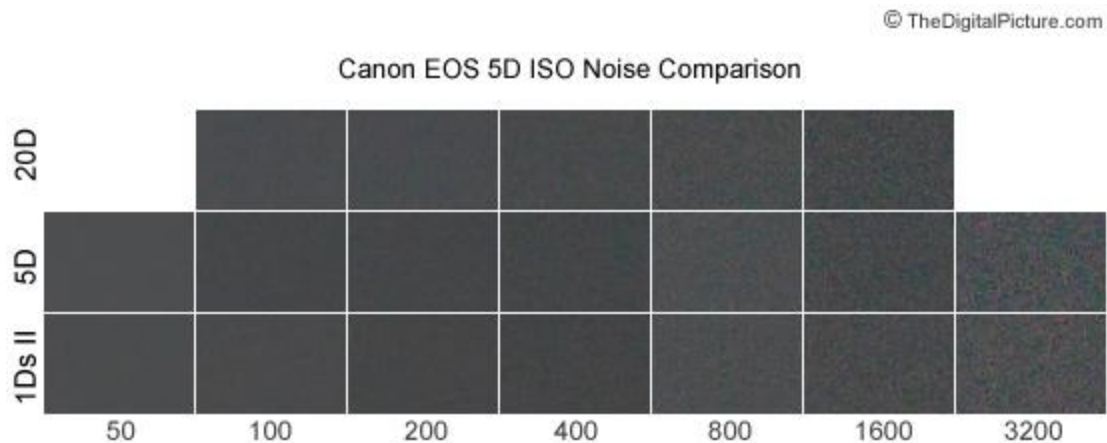
Pitkistä suljinajoista voidaan puhua kun valotetaan 1/50 s:a pidempiä aikoja. Erittäin pitkistä suljinajoista voidaan puhua yli 1 sekunnin valotuksista. Pitkää suljinaikaa käyttämällä kennolle pääsee enemmän valoa ja liikkuvaan kuvauskohteeseen syntyy liike-epäterävyyttä.

Kuvattavan kohteen liike saadaan näyttämään sulavammalta käyttämällä pitkää suljinaikaa suhteessa kuvien intervalliin, samalla paikallaan olevat kohteet pysyvät terävinä. Halutessa sulavan näköistä videokuvaa liikkuvasta kohteesta, suljinajan tulisi olla puolet intervallin ajasta. Erittäin pitkät suljinajat lisäävät kohinaa kuvassa ja heikentävät näin kuvanlaatua. [3]

4.3 ISO-arvo

ISO-arvo kertoo filmin tai kennon herkkyuden. Mitä pienempi ISO-arvo sitä tarkempia ovat kuvat, mutta vaativat enemmän valoa. Yleisiä ISO-herkkyys arvoja ovat 100, 200, 400, 800, 1600 ja 3200. Mitä suurempi on ISO-arvo, sitä pimeämmässä onnistuu kuvaaminen, mutta kohinan määrä kasvaa (Kuva 2). ISO-arvot eivät ole kameroiden kesken suoraan verrannollisia, esim Canon 500D kohisee ISO-arvolla 800 paljon enemmän kuin Canon 5D mk II samalla

ISO-arvolla. ISO-arvon kaksinkertaistuminen tarkoittaa suljinajan puolittamista esimerkiksi ISO 100 ja 1/100 s:a on vastaava kuin ISO 200 ja 1/200 s:a valotuksella. Yleensä kannattaa aina käyttää kuvaustilanteen sallimaa mahdollisimman pientä herkkyysarvoa kuvan laadun maksimoimiseksi (Kuva 2). [5]



Kuva 2. Kohinan määrän erot Canonin kameroissa [7]

Valkotasapainolla tarkoitetaan kuvan värilämpötilaa. Erilaiset valaisimet tuottavat eri värilämpöistä valoa ja valkoinen kohde voi näyttää kameralle eriväriseltä. Ihmisen aivot kuitenkin pystyvät tulkitsemaan valkoisen värin valkoiseksi hyvinkin erilaisissa tilanteissa. Valolähteestä riippuen värilämpötila voi olla sinertävää eli kylmää valoa tai kellertävää eli lämmintä valoa. [5]

Kuvan värilämpötila tulee tulkita oikein, jotta värit toistuisivat luonnollisen näköisesti niin kuin ihmissilmä värit näkee. Värilämpötilaa voidaan toki käyttää myös efektinä tuomaan kuvaan tunnelmaa.

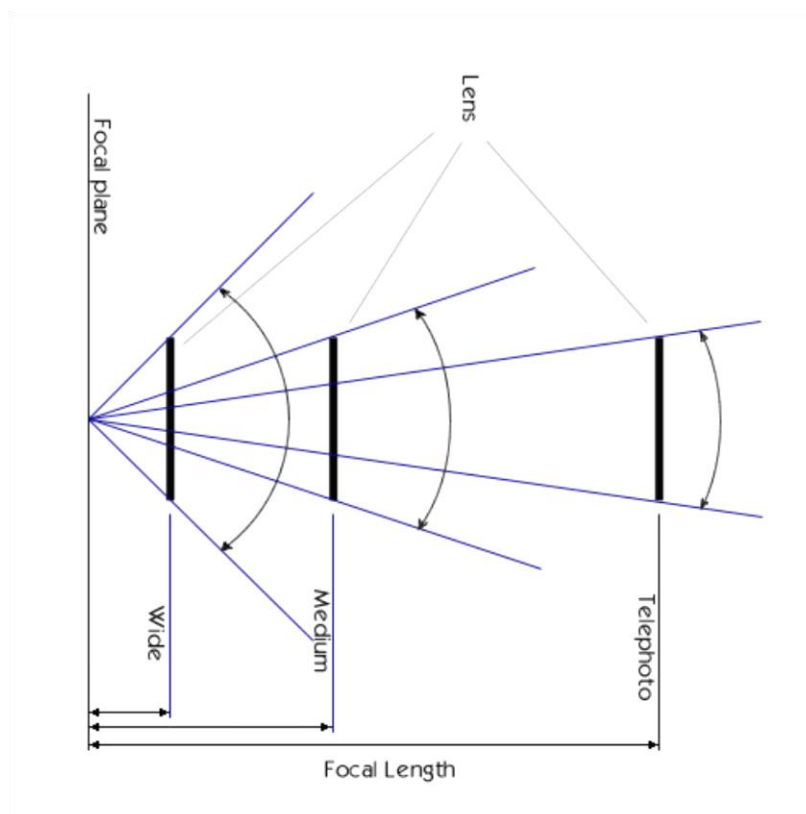
Time-lapse-videota kuvatessa tulisi aina käyttää manuaalisäätöä tai kameran omia valkotasapainon esiasetuksia välkkymisen ennalta ehkäisemiseksi. RAW-formaattiin kuvattaessa valkotasapainoa pystyy säätämään ja korjailemaan vielä kuvaamisen jälkeenkin kuvankäsittely vaiheessa.

4.4 Objektiivi, polttoväli ja kenno

Kuva tallennetaan kameras kennoille tai filmille optisesti objektiivin läpi. Objektiivin muodostuu useiden linssien peräkkäisestä jonosta. Objektiivit voidaan jakaa polttovälin mukaan karkeasti kolmeen eri luokkaan: laajakulmaobjektiivit 14-35 mm, normaaliobjektiivit 40-70 mm ja teleobjektiivit 80-400 mm. [8]

Kennoja ja filmejä on erikokoisia. Digipokkareista löytyy yleensä pienet kennot ja DSLR-kameroissa on croppikennoja tai täyskennoja. Yleisesti kuitenkin kennojen kokoja ja polttovälikerrointa verrataan 35mm kinofilmiin, joka on niin sanottu täyskenno.

Polttovälillä tarkoitetaan kuinka leveän alan objektiivilla pystyy kuvaamaan kennoille. Mitä kapeampi kuva-ala on, sen suurempina kohteet näkyvät (Kuva 4). [5]



Kuva 3. Polttovälit [9]

4.5 Tarkennus ja syväterävyys

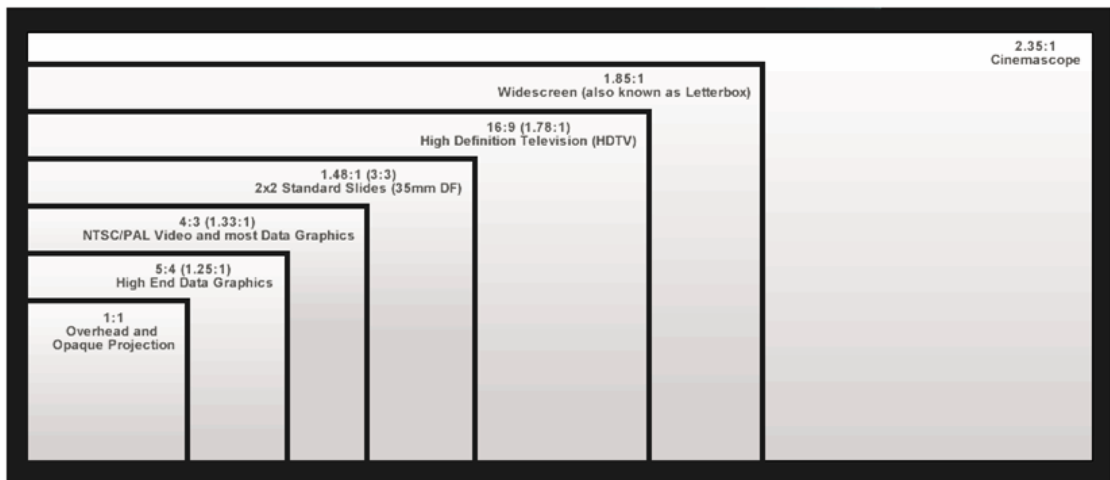
Tarkennuksella tarkoitetaan kuvassa olevaa tarkkaa kohtaa. Syväterävyudeksi kutsutaan syvyys-suuntaista aluetta jossa kohde on terävä. Useasti kuvattava kohde halutaan erottaa syväterävyysalueella taustasta ja kuva tarkennetaan kohteeseen. Syväterävyysalue pienenee mitä suurempi aukko on käytössä. Pienellä aukolla taas kuva voi olla kauttaaltaan terävä, riippuen tietenkin myös polttovälistä. Syväterävyyteen vaikuttaa myös käytetty polttoväli eli mitä suurempi polttoväli sen kapeampi syväterävyys ja laajassa päässä taas leveämpi syväterävyysalue. Lisäksi syväterävyyteen vaikuttaa kuvattavan kohteen etäisyys kuvaajasta. Mitä lähempänä kuvattava kohde on kuvaajaa, sitä kapeampi on syväterävyysalue.

Kennon koko on myös ratkaiseva tekijä syväterävyydessä. Pienellä kennolla syväterävyys alue on laaja ja esimerkiksi digipokkareilla on vaikea saada normaalipolttovälillä kapeaa syväterävyysaluetta. Suurikennoista kameraa käyttämällä syväterävyysalueesta saadaan tarvittaessa kapea. [10]

4.6 Kuvasuhde

Kuvasuhteella tarkoitetaan kuvan leveyttä suhteessa korkeuteen. Televisiossa käytetään yleensä 4:3 tai 16:9 kuvasuhdetta. Elokuviissa käytetyin kuvasuhde on yleensä 2,39:1 (Kuva 4).

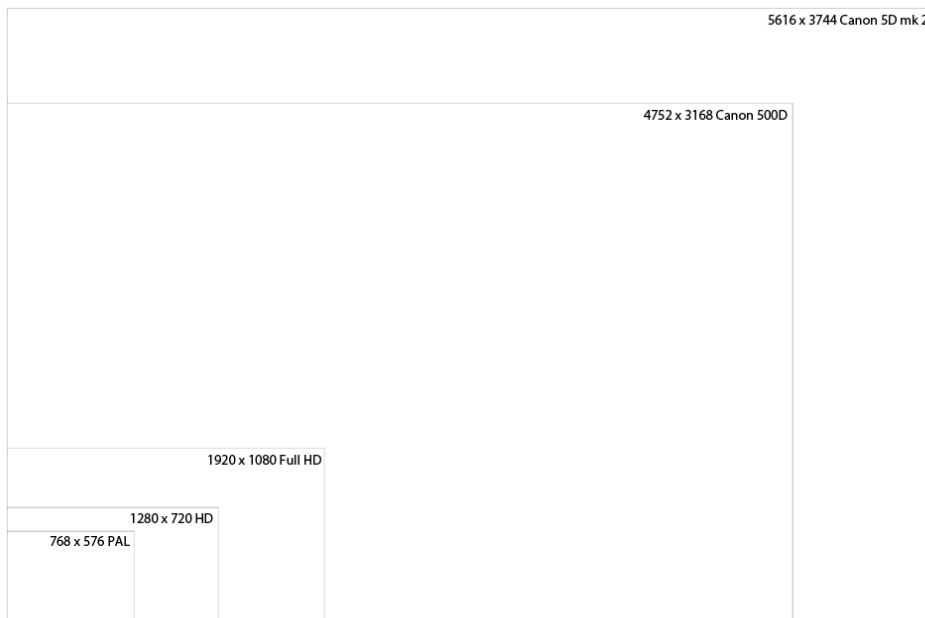
DSLR-kameran kennon kuvasuhde on yleensä 3:2 ja jos time-lapse-videon halutaan laajempi 16:9 kuvasuhde, tällöin valmiista videosta leikkaantuu ylhäältä ja alhaalta osa kuvasta pois, joka pitää ottaa huomioon kuvauksen sommitte-luvaiheessa.



Kuva 4. Kuvasuhteet [11]

4.7 Resoluutio

Resoluutio eli kuvan tarkkuus ilmoitetaan yleensä pikseleiden lukumääränä. Teräväpiirtokuvassa Full HD 1920 x 1080 pikseliä ja matalamman tason HD Ready 1280 x 720 pikseliä. Alla yleiset resoluutiot (Kuva 5).



Kuva 5. Resoluutioerot yleisten videoformaattien ja Canon kameroiden välillä

5 OHJELMISTOT JA FORMAATIT

Ohjelmistoja ja formaatteja on time-lapse-työskentelyyn valtava määrä. Tässä työssä käytettiin Canon DSLR -kameroita ja Adoben ohjelmistoperhettä, Magic Lantern-, LRTimelapse- sekä Canon Utilities -ohjelmia.

5.1 Magic Lantern

Magic Lantern on ilmainen kustomoitu firmware-lisäosa, joka toimii kaikissa Canon videokuvaominaisuuden omaavissa DSLR-kameroissa, joka toimii kameran oman firmwaren päällä. Magic Lanternista löytyy klassinen versio lähinnä videokuvaajille ja Unified-versio, jolla saadaan lisää video- ja valokuvausominaisuuksia kamerasta. Intervallikuvaajan valinta on Unified-versio, joka tukee suoraan intervallikuvausta. [12]

Magic Lantern Unified tuo intervallikuvaajalle monia erittäin käteviä ominaisuuksia aina intervalometristä alkaen. Magic Lanternista voi laittaa päälle esimerkiksi 16:9 rajausmerkit, jolloin kuvat tulevat rajattua oikein jo kuvausvaiheessa. [13]

Silent Pictures -kuvausmoodi ei tue Full HD resoluutiota, mutta hieman heikommalla resoluutiolla (1720x974) voi ottaa kuvia ilman, että suljin kuluu jokaisen kuvan yhteydessä. [13]

Bulb Ramping -kuvausmoodi kompensoi valotusta kuvattaessa siirtymiä päivystä yöhön. Bulb Ramping säättää valotusta, ISO-arvoa ja suljinaikaa automaattisesti muuttamalla. [13]

Stack Focus -kuvausmoodilla voi automaattitarkennuksen omaavalla objektiivillä kuvata kuvasarjan, jossa tarkennuspistettä siirretään kuvien välillä ja syvätevävyysalue liikkuu kuvan läpi syvyyssuunnassa. [13]

5.2 Kuvankäsittely

Kuvankäsittelyssä korjataan virheet kuvista ja säädetään kuvat vastaamaan haluttua lopputulosta. Kuvankäsittelyohjelmalla voidaan korjata kuvaamisessa sattuneita virheitä jonkin verran. Kuvatessa raw-kuvia valkotasapaino ja pienet valotusvirheet on helppo korjata esimerkiksi Adoben Lightroom -ohjelmalla.

LRTimelapse-ohjelmalla kuva voidaan skaalata ja rajata haluttuun kuvasuhteeseen ja resoluutioon. Ohjelmalla pystytään myös vähentämään kuvauksessa syntyneitä välkkymistä kuvaruutujen välillä. [14]

Kuvankäsittelyvaiheessa itse raw-kuvan datalle ei tehdä mitään, vaan kaikki muutokset tallennetaan raw-kuvan metadataan. [14]

5.3 Videoeditointi

Käsitellyt kuvat tuodaan editointiohjelmaan ja niistä koostetaan time-lapse-video asettamalla kuvat peräkkäin videoraidalle. Editointiohjelmassa esimerkiksi Adobe After Effects, määritellään kuvien määrä sekunnissa ja tehdään tarvittaessa digitaalisia tehosteita videoihin.

Valmiit video-osat valitaan, leikataan ja koostetaan lopulliseksi videoksi esimerkiksi Adobe Premiere -ohjelmassa.

5.4 Raw ja jpeg

Raw-kuva on digitaalisen kuvan ns. negatiivi. Raw-kuvaan tallennetaan kameran kennolta kaikki kuvainformaatio pakkaamattomana. Kameran säädöt tallentuvat raw-kuvan metadataan, jota voi jälkikäteen muokata kuvankäsittelyvaiheessa. [5]

Jpeg on häviöllistä pakkausta käyttävä tallennusformaatti. Yleisimmin jpeg-formaattia käytetään rajallisen tallennuskapasiteetin vuoksi. Valokuvauksessa kamera pakkaa osan informaatiosta ennen kuvan tallennusta. Pakkauksessa

osa kuvainformaatiosta häviää ja esimerkiksi valkotasapainon ja valotuksen jälkeempään korjaaminen ei onnistu yhtä hyvin kuin raw-kuvissa. [5]

Time-lapse kuvaamiseen raw-kuvat sopivat ehdottomasti paremmin. Ainoa syy käyttää jpeg-kuvia on muistikortin rajallinen koko, kun halutaan tehdä erittäin pitkiä intervallivideoita.

5.5 Videoformaatti

Digitaalinen video muodostuu kahdesta osasta, tiedostomuodosta eli "säiliöstä" sekä koodauksesta, johon lähes poikkeuksetta liittyy joko häviöllinen tai häviötön pakkaus. Videon pakkaamiseen ja purkamiseen tarvittavaa algoritmia kutsutaan koodekiksi.

Maailmalla yleisesti käytössä olevista koodekeista voitaisiin mainita MPEG-2 ja MPEG-4 AVC eli H.264. MPEG-2 on erittäin yleisesti käytetty koodaus kaapeli- ja satelliittitelevisiossa, digitaalisissa TV-lähetyksissä sekä DVD-videoissa. Nykyaikaisempi H.264 on huomattavasti tehokkaampi pakkauksen ja kuvanlaadun suhteen, joka mahdollistaa esimerkiksi korkearesoluutioisen, hyvää laatuista videon siirron internetissä. H.264 on vakiintunut koodaus muun muassa Blu-ray-levyillä, Youtubessa, Vimeossa ja lukuissa muissa internetin videopalveluissa. [15-16]

6 VIDEOPROJEKTI TURKU TIME-LAPSE

Time-lapse-videoprojekti piti sisällään monia mielenkiintoisia työvaiheita (kuva x). Työ aloitettiin tutustumalla aiheeseen ja mietittiin, millainen lopputulos haluttaisiin. Kun suunnitelmat oli tehty, siirryttiin kuvaamiseen. Tämä vaihe ei ollutkaan aivan niin helppoa, miltä se suunniteltuna vaikutti. Kuvausten jälkeen kuvat jälkikäsiteltiin ja koostettiin erillisiksi time-lapse-videoiksi. Videoille tehtiin vielä muokkausta editointiohjelmassa, jonka jälkeen valmis video pakattiin.

6.1 Idea ja aiheeseen tutustuminen

Idea Turku-videosta syntyi yhdessä Pixed Studion kanssa. Videosta kuitenkin haluttiin tehdä hieman erilainen, ja näin syntyi idea time-lapse-videoon.

Time-Lapse-kuvauksesta ei ole julkaistu suomenkielisiä kirjoja eikä englanninkielistä kirjallisuutta ollut kirjastoista saatavilla. Tietoa aiheesta löytyi pääasiassa internetsivulta sekä time-lapse-harrastajakuvaajien foorumeilta.

Tässä vaiheessa myös alettiin harjoitella time-lapse-kuvaamista, jotta osattaisiin välttää mahdolliset virheet ja ongelmat tulevaisuudessa. Harjoittelusta oli erittäin paljon apua intervallien ymmärtämisessä ja säätöjen testaamisessa tulevia kuvauksia varten.

6.2 Suunnittelu

Suunnittelu on erittäin tärkeässä asemassa time-lapse-videoita tehtäessä. Valokuvaamiseen verrattuna paikalle ei vain voi mennä ja ottaa kuvia, vaan pitää miettiä, millaisen lopputuloksen haluaa katsojalle välittää.

Videon suunnittelussa varsinaista kuvakäsikirjoitusta ei tehty, vaan lähdettiin miettimään erilaisia mahdollisia kiinnostavia kuvauskohteita Turusta. Kuvauspaikkojen hahmotuttua osaan tutustuttiin kuvauspäivää ennen, jotta tiedetään,

mistä suunnasta aurinko paistaa ja millainen hallitseva valo on kuvausten aikana. Suunnitteluvaiheessa mietittiin millainen lopputulos halutaan ja sen mukaan lähdettiin hakemaan oikeita intervaleja ja kameran valotusasetuksia. Tässä vaiheessa jo pitkälti hahmotettiin, millainen lopputuloksesta syntyisi. Apuna toimi piirretty aikajana, johon eri videopätkät sijoitettiin.

Ohjelmistovaihtoehtoista päädyttiin käyttämään Adoben tuoteperhettä, LRTI-melapse-ohjelmaa sekä Magic Lantern Unified -firmwarea.

6.3 Laitteisto

Projektissa käytettiin kahta DSLR-kameraa Canon 5D mk II ja Canon 500D. Canon 5d mk II kamera on täydenkennon DSLR-kamera, jolla kuvattiin tietokoneelle Canon Utilities -ohjelman avulla. Canon 500D on croppikennon DSLR-kamera, johon asennettiin Magic Lantern Unified time-lapse-kuvaamista varten.

Kuvauksissa käytettiin Sigma 24 mm 2,8; Canon 24–70 mm 2,8L; Nikkor 105 mm 2,8L ja Tamronin 17–50 mm 2,8 objektiiveja. Näistä Sigma ja Nikkor ovat vanhoja manuaalisesti tarkennettavia ja myös aukkojen säädöt toimivat manuaalisesti. Canonissa ja Tamronissa on automaattitarkennus sekä aukon elektroninen säätö.

Jalustoina käytettiin erittäin tukevia Slickin Pro-sarjan DX 500 -malleja sekä Manfrotton kuula- ja kinopäitä.

6.4 Kuvaaminen

Tässä projektissa kuvattiin ympäri Turkuja erilaisissa mielenkiintoisissa kohteissa ja aikaa kuvauksiin saatiin kulumaan kymmeniä tunteja. Kuvauskohteita olivat muun muassa Halistenkoski, Aurajokiranta, Ruissalo, Samppalinnan mäki, keskustan kadut: liikenne ja ihmiset, Tonttumäki sekä useita muita maisemallisesti Turkuun liitettyjä kuvauskohteita.

Jokainen kuvaustilanne oli aina oma tapahtumansa ja kameran säädöt haettiin hallitsevan valon, luonnon olosuhteiden ja halutun lopputuloksen mukaisesti. Etukäteen tehty hyvä suunnittelutyö ja kuvauspaikkaan tutustuminen helpottivat kuvauksia huomattavasti.

Tähtitaivaan kuvaus oli kaikkein haastavinta. Kaupungista heijastava valo haittasi kuvausta ja kuvat valottuivat ensimmäisissä kokeiluissa liikaa. Myös Canon 500D:n pieni näyttö tuotti ongelmia kuvien tarkastelussa kuvauspaikalla, toisin kuin tietokoneessa kiinni oleva Canon 5D mk II, josta kuvia katseltiin kesken kuvauksen.

Ihmismassoja ja liikennettä kuvattiin intervallien muutoksilla. Samoista asioista saatiin hyvin erinäköisiä lopputuloksia, kun muutettiin intervallin ja valotusajan suhdetta.

Kuvattaessa Canon 5D mk II kameralla tarvitsi ottaa huomioon time-lapse-videon lopullisen kuvasuhteen 16:9 asettamat rajat, eli kuvattaessa pitää hahmottaa, mikä osa ylhäältä tai alhaalta leikkaantuu pois. Canon 500D -kamerasta oli Magic Lantern -ohjelmassa päällä 16:9 kuvarajausmerkit, ja tämä helpotti huomattavasti sommittelua.

6.5 Kuvankäsittely

Kuvat tuotiin Adobeen Lightroom -ohjelmaan, jossa kuvat käsiteltiin aina yksi time-lapse-kohtaus kerrallaan. Raw-kuville tehtiin muun muassa valkotasapainon ja valotuksen hienosäätöjä kuvasarjan yhdelle kuvalle. Sen jälkeen asetukset kopioitiin muihin saman kohtauksen kuviin.

Kuvat käsiteltiin LRTimeLapse -ohjelmalla, jossa kuvista tasattiin valotusarvoja välkkymisen poistamiseksi. Tässä vaiheessa kaikki muutokset on tallennettu metadataan.

6.6 Editointi ja efektit

Editointiin käytettiin Adoben After Effects -ohjelmaa. Ensin määritettiin videon haluttu täysteräväpiirto resoluutio 1920 x 1080 HD. Käsitellyt kuvat tuotiin ohjelmaan ja kuvasarjoista koostettiin time-lapse-videoita 25 fps nopeudella.

Korkearesoluutioiset kuvat skaalattiin ja rajattiin lopulliseen kokoonsa. Kuvien korkearesoluutio antoi mahdollisuuden erilaisten ”liikkuva kamera” efektien tekkoon. Pannaus-, tiltaus- ja zoomausefektit tehtiin digitaalisesti Adoben After Effects -ohjelmalla.

Videot vietiin After Effectsistä Adoben Premiere -ohjelmaan, jossa videot leikattiin ja aseteltiin paikoilleen suunnitelman mukaan. Videoon tuotiin myös musiikkiraita ja kuvan leikkauksia sijoitettiin musiikin rytmiin. Musiikiksi valittiin rauhallinen, mutta kuitenkin mukaansa tempaava kappale. Valmis video pakattiin h.264-videokoodekillä, josta on muodostumassa alan standardi.

7 YHTEENVETO

7.1 Arviointi

Suunnitteluvaihe ja aiheeseen tutustuminen onnistuivat hyvin. Hyvän alkusuunnittelun ja kuvauspaikkoihin etukäteen tutustumisen ansiosta kuvaukset onnistuivat melko hyvin. Kuvauksista saataisiin vieläkin näyttävämmät kameran liikkeellä, mutta valitettavasti minkäänlaista järjestelmää kameran liikuttamiseen ei kuvauksiin saatu lainaksi.

Time-lapse-video onnistui kohtalaisen hyvin ja lopputulos on visuaalisesti näyttävää jälkeä. Käytettäessä time-lapse-kuvaustapaa toi se positiivisessa mielessä erilaisen näkökulman tavallisiin videoihin verrattuna.

Tavoitteet tulivat saavutettua, ja time-lapse maailma aukeni hyvin projektin myötä, vaikkakin videoiden kuvaaminen ja editoiminen on ajallisesti hyvin pitkä prosessi

7.2 Haasteellisuus

Haastetta tässä työssä riitti eniten kuvaamisessa ja kuvaamisen suunnittelussa. Kuvausolosuhteet vaihtelivat pitkissä monien tuntien intervallikuvauksissa, ja välillä kuvaukset tarvitsi lopettaa kesken rankkasateen takia. Sää tiedotusten seuraaminen oli erittäin tärkeää ja kuvauspäivät suunniteltiin niiden mukaisesti. Tosin aina eivät sää tiedotuksetkaan pitäneet paikkaansa ja kuvauspäiviä jouduttiin siirtämään.

Erittäin tärkeää oli saada kameran säädöt kohdilleen ja varmistua siitä, että kaikki on kunnossa ennen kuvaamista. Mikään ei lannista enempää kuin monen tunnin kuvaaminen kylmässä keskellä yötä ja editointivaiheessa huomata esimerkiksi tarkennuksen olleen hieman pielessä.

Myös jälkikäsitteily tarjosi mielenkiintoisia haasteita ja uusien ohjelmien opettelu. Jälkikäsitteily oli erittäin aikaa vievää, täysteräpiirtovideoita editoidessa tietokoneen tehot meinasivat loppua kesken.

7.3 Kehitysmahdollisuudet

Time-lapse-videota olisi erittäin mielenkiintoista kuvata kahdella täysin samantyyppisellä kameralla ja optiikalla. Kameroilla kuvattaisiin kaksi toistovirtaa, joista tuotettaisiin vasemmalla ja oikealle silmälle omansa. Kuvattaessa kahdella vierekkäisellä kameralla saataisiin lopullinen video tehtyä 3d-videona, joka näyttäisi time-lapse-videossa varmasti hyvältä. 3d-videoito tulee varmasti olemaan kuluttajaluokan näytöissä ja televisioissa jatkuvasti kehittyvä ominaisuus ja tämän tyyppisen videon tekeminen 3d-mediaan helpottuu tulevaisuudessa.

LÄHTEET

- [1] Wikipedia, "Photography", [WWW-sivu], Saatavilla <http://en.wikipedia.org/wiki/Photography> (Luettu 2.11.2011)
- [2] Wikipedia, "Camera obscura", [WWW-sivu], Saatavilla: http://en.wikipedia.org/wiki/Camera_obscura (Luettu 2.11.2011)
- [3] Wikipedia, "Time-lapse photography", [WWW-sivu], Saatavilla: http://en.wikipedia.org/wiki/Time-lapse_photography (Luettu 3.11.2011)
- [4] Wikipedia, "Intervalometer", [WWW-sivu], Saatavilla: <http://en.wikipedia.org/wiki/Intervalometer> (Luettu 3.11.2011)
- [5] Kolari, J, Forsgård P., Parempia kuvia, Habakuk ITC Oy, 2008
- [6] E. Elkins, D, The Camera Assistant's Manual, Focal Press, 2005
- [7] The Digital picture, "Canon EOS 5D Digital SLR Camera Review" [WWW-sivu], Saatavilla: <http://www.the-digital-picture.com/reviews/canon-eos-5d-dslr-digital-camera-review.aspx> (Luettu 2.11.2011)
- [8] Hedgevoe, J, Valokuvaajan suuri tietokirja, Kustannus-Mäkelä Oy, 2005
- [9] Digital photography basics, "The Newbie Guide to Digital Photography" [WWW-sivu], Saatavilla: <http://www.digitalphotographybasics.com> (Luettu 2.11.2011)
- [10] Leponiemi, K, Videokuvaus taitoa ja tekniikkaa, Docendo, 2010
- [11] ScreenExpert, "Aspect ratio help" [WWW-sivu], Saatavilla: <http://www.screenexpert.co.uk/content/1/20/aspect-ratio-help.html> (Luettu 2.11.2011)
- [12] Magic Lantern, "Magic Lantern Firmware Wiki" [WWW-sivu], Saatavilla: http://magiclantern.wikia.com/wiki/Magic_Lantern_Firmware_Wiki (Luettu 2.11.2011)
- [13] Magic Lantern, "Unified user guide" [WWW-sivu], Saatavilla: <http://magiclantern.wikia.com/wiki/Unified/UserGuide> (Luettu 2.11.2011)
- [14] LRTimeLapse, "LRTimeLapse" [WWW-sivu], Saatavilla: <http://lrlapse.com> (Luettu 4.11.2011)
- [15] IETF, "RTP Payload Format for H.264 Video" [WWW-sivu], Saatavilla: <http://en.wikipedia.org/wiki/Photography#History> (Luettu 18.11.2011)
- [16] IETF, "RTP Payload Format for MPEG1/MPEG2 Video" [WWW-sivu], Saatavilla: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2250.txt> (Luettu 18.11.2011)