

Juha Jussila

Kuvan digitaalinen kompositointi noodipohjaisessa kompositointiympäristössä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

19.5.2014

Tekijä Otsikko	Juha Jussila Kuvan digitaalinen kompositointi noodipohjaisessa kompositointiympäristössä
Sivumäärä Aika	53 sivua + 2 liitettä 19.5.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	digitaalinen media
Ohjaajat	yliopettaja Harri Airaksinen ohjaaja Alexander Seraidaris art director Jesse Myllymäki
<p>Insinööriyössä tutkittiin kuvan digitaalisen kompositoinnin teknisiä perusteita noodipohjaisessa kompositointiympäristössä. Tavoitteena oli opetella ratkomaan kompositoinnin haasteita itsenäisesti, samalla harjoitellen noodipohjaisen kompositointiohjelmiston käyttöä. Työssä keskityttiin kehittämään optimoitu ja hierarkkinen kompositointityönkulku. Kompositoinnilla tarkoitetaan kuvan koostamista useista kuvälähteistä, joita kutsutaan elementeiksi.</p> <p>Työ tehtiin helsinkiläiselle tuotantoyhtiölle. Työssä uudelleenkompositoitiin osa mainoksesta, jonka yritys on tuottanut mainostoimiston toimeksiannosta. Kompositointiin käytettiin mainosta varten kuvattuja ja renderöityjä elementtejä. Tavoitteena oli luoda kompositio uudelleen alusta, keskittyen kompositoinnin opetteluun ja ongelmanratkintaan.</p> <p>Insinööriyössä tutkittiin noodipohjaisen kompositoinnin etuja ja pyrittiin perustelevaan, miksi noodipohjainen kompositointi on hyödyllistä opetella. Insinööriyöraportin tarkoitus on olla hyödyksi tuleville harjoittelijoille ja muille noodipohjaiseen kompositointiin tutustuville.</p> <p>Projektia kompositoitaessa suurimmaksi haasteeksi osoittautui visuaalisesti uskottavan kuvan luominen taiteellisesta näkökulmasta. Tekniseltä osalta syntynyt kompositointiskripti on toimiva ja kevyt ja noudattaa järjestelmällistä hierarkiaa. Kompositointiskripti saatiin optimoitua kevyeksi tietokoneressurssien säästämiseksi. Ongelmia työssä tuotti digitaalisen valaisun päätöksenteko yhdessä värimäärittelyn tasapainon saavuttamisen kanssa. Noodipohjainen kompositointi havaittiin monimutkaiseksi, mutta noodipohjaisuuden tuomat mahdollisuudet todettiin erittäin hyödyllisiksi. Työtä tehdessä havaittiin, että opittu kuvankäsittelymatematiikan ja suuren värisyvyyden lineaariseen gammaan pohjautuvan kuvankäsittelytyönkulun ymmärtäminen auttoi parempien valaisu- ja värimäärittelylopputulosten saavuttamisessa.</p>	
Avainsanat	kompositointi, jälkikäsitteily, Nuke, tietokonegrafiikka

Author Title	Juha Jussila Digital Image Compositing with Node-Based Compositing Software
Number of Pages Date	53 pages + 2 appendices 19 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Digital Media
Instructors	Harri Airaksinen, Principal Lecturer Alexander Seraidaris, Director Jesse Myllymäki, Art Director
<p>This Bachelor's thesis is focused on studying the technical basics of image compositing in a node-based compositing environment. The goal of his thesis was learning to independently create and develop optimized and hierarchical compositing workflows and solutions. Learning of node-based compositing was also emphasized during this study. Compositing is referred to as the process of compiling a single image or an image sequence from multiple image sources, called elements.</p> <p>This thesis was created for a Helsinki based production company. A re-composition of a previous advertisement was composited from scratch, using the image elements of the original composition. During the project, focus was on learning compositing and creative problem solving by developing solutions and workflows for various compositing challenges.</p> <p>This thesis studies the benefits of node-based compositing and tries to rationalize why node-based compositing is beneficial for compositors. The thesis is written and targeted with future trainees in mind, making it useful for people not yet familiar with node-based compositing.</p> <p>During the compositing process, it turned out that the greatest challenge was achieving an aesthetic and artistic, yet believable integrated composite. From a technical aspect, the created compositing script implemented a functional, light and hierarchic workflow, but from an artistic point of view the proper balance and harmony of lighting and color grading was not fully achieved. The problems encountered were mainly based on decision making with digital lighting, and the discrepancies with real-life light behavior and digital light manipulation. Despite being a complicated task, node-based compositing was noted to be a favored and recommendable way of creating advanced composite images. The gained understanding of image-processing mathematics and high color-depth linear gamma workflows learned throughout the study was noted to aid in achieving better lighting and grading results.</p>	
Keywords	Compositing, post-processing, Nuke, VFX, CGI

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Liikkuvan kuvan digitaalinen kompositointi	3
2.1	Kompositointi lyhyesti	3
2.2	Kompositointi taiteellisesta näkökulmasta	6
2.3	Kompositoinnin matematiikka	9
2.4	Kerrosittainen ja noodipohjainen kompositointi	13
3	Noodipohjaisen kompositointiskriptin rakenne	19
3.1	Gamma, väriavaruus ja värisyvyys	19
3.2	Datan siirto ja käsittely – putket, kerrokset ja kanavat	21
3.3	Datan lukeminen ja tallentaminen	25
3.4	Kompositointinoodit ja datan kuljetuksen hierarkkinen rakenne	27
3.5	Kompositointi 3D-ympäristössä	30
4	Kuvan koostaminen	34
4.1	Tausta	34
4.2	3D-elementtien multipass-kompositointi	35
4.3	Elementtien upottaminen ympäristöön	39
4.4	Etuala ja täyttömateriaali	40
5	Jälkikäsittely	43
5.1	Syvyyden luonti	43
5.2	Valaisu	43
5.3	Linssi- ja kameratehosteet	45
5.4	Värimäärittely	46
6	Yhteenveto	49
	Lähteet	52
	Liitteet	
	Liite 1. Proviva-projektin Nuke-noodipuu	
	Liite 2. Proviva-ruutukaappauksia	

1 Johdanto

Digitaalisen kompositoinnin opettelu on pitkä prosessi, joka vaatii niin teknistä kuin taiteellista osaamista. Kompositoinnilla tarkoitetaan kuvan koostamista erillisistä elementeistä. Ennen kaikkea kompositointi vaatii kokenutta visuaalista silmää, jotta lopputuloksesta saadaan uskottava. Prosessissa tärkeintä on visuaalisesti hyvän lopputuloksen syntyminen suunnitellussa aikataulussa. Päästäkseen lopputulokseen on kompositoijan hallittava monia kompositointitekniikoita niin hyvin, ettei työssä tarvitse keskittyä tekniikkaan, vaan taiteelliseen lopputulokseen. Tekniikka on vain työkalu, jota käytetään valmiin komposition luomisessa. Jotta kompositoija voi täysin keskittyä kuvan taiteelliseen ja visuaaliseen puoleen, on tunnettava, miten tekniikka toimii ja mihin se perustuu, niin että siitä saa kaiken mahdollisen hyödyn sujuvasti.

Insinööriyön tavoitteena on tutustua kompositoinnin teknisiin perusteisiin ja sitä kautta oppia ratkomaan kompositointihaasteita itsenäisesti, suunnitellen niille optimoituja ratkaisutyönkulkuja. Insinööriyössä keskitytään noodipohjaiseen kompositointiin, koska se tarjoaa laajimmat mahdolliset toteutusmahdollisuudet ja useita tapoja ratkaista samaa ongelmaa. Työssä tutkitaan myös tapoja pitää kompositointiskripti selkeästi luettavana ja kevyenä resurssien ja renderöintiajan säästämiseksi.

Insinööriyö tehdään Brink Helsinki Oy:lle, joka on mainoselokuvaan ja printtimediaan keskittyvä tuotantoyhtiö. Brink Helsinki keskittyy työssään visuaaliseen tarinankerrontaan. Yrityksen tavoitteena on kerätä kokoon taitava ja innostunut joukko artisteja ja antaa heille uusimmat ja tehokkaimmat työkalut visuaalisen tarinankerronnan toteuttamiseen, samalla panostaen mahdollisimman sujuvaan ja selkeään työskentelyyn asiakkaan kanssa.

Kompositointi on yksi kriittinen osa tarinankerronnan toteuttamisessa, ja Brinkillä kompositointiin käytetään uusimpia ja monipuolisimpia saatavilla olevia ohjelmistoja. Insinööriyöraportti on kohdistettu erityisesti tuleville työharjoittelijoille ja lukijoille, joilla ei ole aikaisempaa kokemusta noodipohjaisesta kompositoinnista. Raportti pyritään kirjoittamaan niin, että siitä voivat hyötyä myös henkilöt, jotka vasta tutustuvat kompositointiin. Noodipohjaiseen kompositointiin siirtyminen voi tuntua alkuun rasittavalta taakalta, sillä tekniikat ja työnkulut, jotka ennestään hallitsee hyvin, on opeteltava to-

teuttamaan uusilla keinoilla. Raportin tavoitteena on kannustaa tutustumista noodipohjaiseen kompositointiin ja sen tarjoamiin mahdollisuuksiin ja etuihin.

Insinööriyössä uudelleenkompositoidaan osa helsinkiläisen mainostoimiston tilaamaa Proviva-mehumainoksesta, jonka Brink Helsinki toteutti. Proviva-mainoksessa on kaksi digitaalista ympäristöä, joista kompositoitavaksi valittiin vähemmän kuvaelementtejä sisältävä ruuhkaisen kadun bussipysäkille sijoittuva kohta. Raporttia kirjoittaessa keskitytään kohtauksen ensimmäisen kuvan kompositointiin, jotta teksti olisi yhtenäistä ja lukijan helppo seurata mukana. Kuva koostetaan yhdistämällä valokuva, kuvattua videota ja 3D-animaatiota.

2 Liikkuvan kuvan digitaalinen kompositointi

2.1 Kompositointi lyhyesti

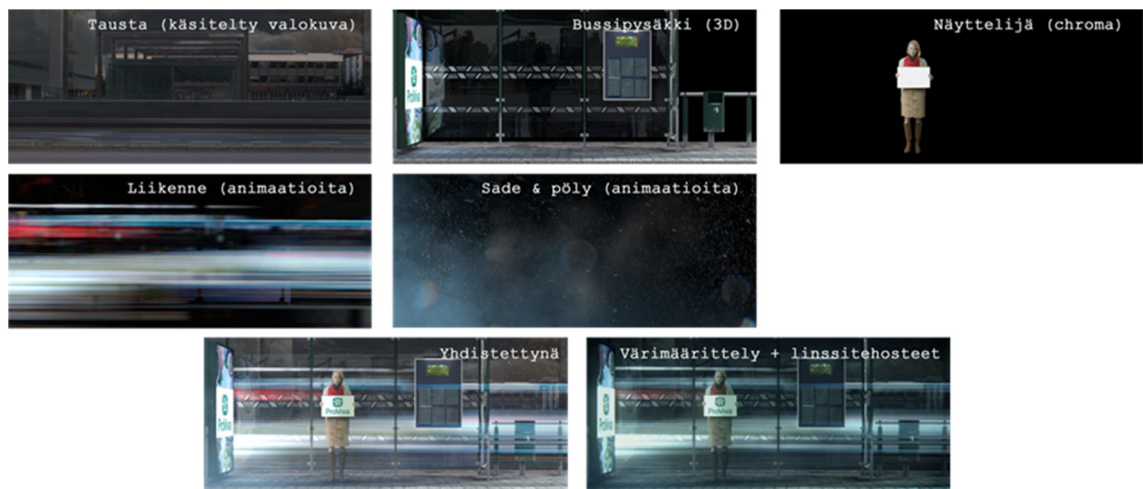
Tehostekuvien luonti aloitetaan aina suunnittelulla. Kuvan täytyy kaikilta osiltaan kertoa ja tukea haluttua tarinaa. Suunnitteluvaiheessa päätetään, miltä kuvan yleisilme, tunnelma ja valaisu tulevat näyttämään. Teknisen toteutustavan valinta on osa suunnitteluprosessia. Kaikki päätökset otetaan huomioon tuotannossa eli kuvauksissa sekä still-grafiikkaa ja 3D-grafiikkaa luotaessa. Kun jälkituotanto käynnistyy ja tehostekuvan eri osat alkavat valmistua, aloitetaan projektin kompositointi koostamalla eri osista yksi yhtenäinen kuva. Valmiiksi kompositointi voidaan saada vasta, kun kaikki kuvan osat alueet ovat valmiit.

Kuvan kompositoinnilla tarkoitetaan lopullisen kuvan koostamista vähintään kahdesta kuvalähteestä. Kompositoinnin tavoitteena on saada lopullinen kuva näyttämään siltä, että se olisi peräisin vain yhdestä kuvalähteestä, liikkuvan kuvan tapauksessa useimmiten elokuvakamerasta. Kuvalähteet täsmätään näyttämään samankaltaisilta, jotta liittäminen näyttäisi saumattomalta. Täsmääminen tehdään muokkaamalla kuvien ominaisuuksia siten, että eri kuvalähteet sopivat yhteen toistensa kanssa ja myös ympäristön kanssa. Lopuksi kuvaan luodaan haluttua sävyä ja tunnelmaa sekä lisätään lopullisen kuvitteellisen tai imitoitavan kuvalähteen, esimerkiksi elokuvakameran, ominaisuuksia vastaavia piirteitä, kuten syväterävyyttä, linssiheijastuksia, vääristymiä ja liikeepäterävyyttä. [1, s. 2.]

Kompositointi tehdään useimmiten valitsemalla yksi pääkuvamateriaali kompositiolle. Päämateriaalia käytetään pohjana muille komposition elementeille. Elementiksi kutsutaan komposition osana olevaa kuvalähdettä [1, s. 7]. Kameralla kuvattuja kuvia ja animaatioita kutsutaan termillä plate [1, s. 10]. Pääkuvamateriaalina on useimmiten plate-kuva, sillä kuvatun kuvan perspektiiviä ja kameran liikettä ei voi aidosti muuttaa jälkikäteen. Komposition kokonaisperspektiivin säilymisen takaamiseksi täytyy kaikkien komposition elementtien noudattaa pääkuvan perspektiiviä.

Proviva-projekti koostuu viidestä pääelementistä. Kuvassa 1 ensimmäisellä kahdella rivillä näkyvät projektin pääelementit ja alimmalla rivillä niistä koostettu yhdistelmä sekä lopullinen kompositio tehosteineen. Plate-kuvia ovat tausta (valokuva) ja näyttelijä (elo-

kuvakameralla kuvattu video chroma-taustaa vasten). Pääkuvaksi valittiin plate-kuvan sijaan bussipysäkki, joka on täysin 3D:nä luotu animaatioelementti. Valintaan päädyttiin siitä syystä, että bussipysäkki on ainoa kuvaelementti, joka sisältää kameran liikettä. Kameran liike on virtuaalisen 3D-kameran liikettä, joten siitä on saatavilla tarkka positiio- ja linssidata. Tätä dataa hyödynnetään rakennettaessa lopullisen komposition animoitua kamera-ajoa. Kuvan keskimmaisella rivillä näkyvät sade- ja liikenne-elementit ovat useista elementeistä koostettuja animaatioita. Alimmat kaksi kuvaa näyttävät kuvayhdistelmän vasemmalla ja lopullisen värimääritellyn kuvan linssitehosteineen oikealla.

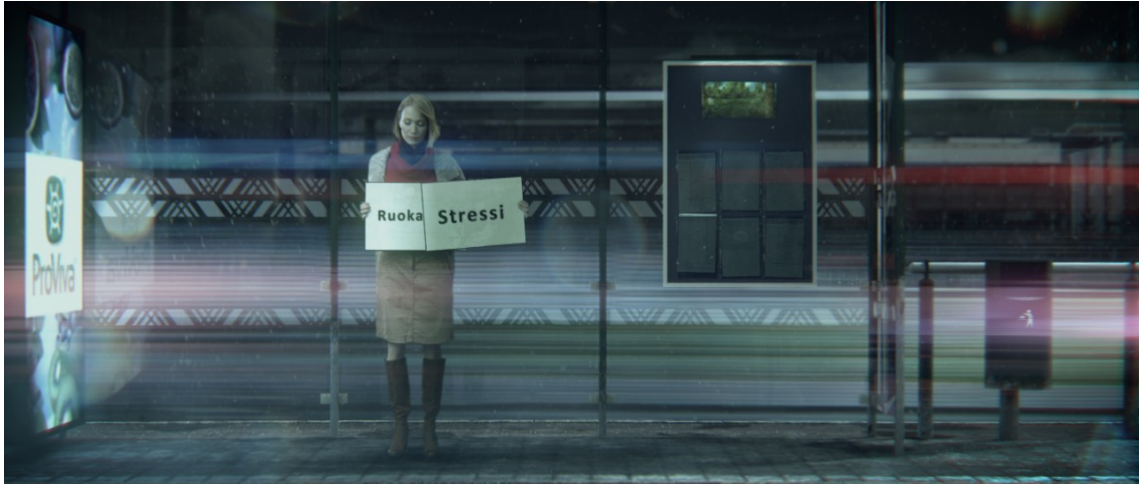


Kuva 1. Proviva-projektin viisi pääelementtiä, elementtien yhdistelmä sekä lopullinen värimäärittely kompositio.

Komposition parallaksi muodostuu plate-kuvan kameran tai animoidun kameran liikkeestä. Liikkuvan kuvan yhteydessä parallaksilla tarkoitetaan sivu- ja pystysuuntaisen kameraliikkeen aiheuttamaa kohteiden siirtymää, joka aiheutuu kohteiden eri etäisyydestä kameraan. Jos koostetun kuvan elementit eivät noudata kaikki samaa perspektiiviä tai jos parallaksi on virheellinen, katsoja yleensä aistii virheen. Pienten perspektiivi- ja parallaksivirheiden kohdalla katsoja ei välttämättä havaitse, mikä kuvassa on vikana, mutta kuvan yleinen uskottavuus kärsii. Proviva-projektissa parallaksi rakennettiin virtuaalikameran positiio- ja linssidatan pohjalta. [1, s. 46, 393.]

Yksinkertainen kompositointiesimerkki on taustan vaihtaminen kuvassa, jossa näyttelijä on kuvattu chroma-taustaa vasten. Kuvälähteitä on kaksi: digitaalisesti luotu tausta ja videolle kuvattu näyttelijä. Näyttelijäkuvaa on plate-kuva ja toimii pohjana kompositiolle. Näyttelijäkuvasta poistetaan chroma-tausta, ja pelkän näyttelijän sisältävä kuva liite-

tään uuden taustan päälle. Proviva-projekti noudattaa pääpiirteissään samaa ideaa, mutta sen sijaan, että näyttelijän takana oleva tausta korvataan, näyttelijä upotetaan ja sulautetaan täysin uuteen kokonaiseen ympäristöön. Kuvassa 2 näkyy ruutukaappaus valmiista Proviva-projektista. Kuvassa näkyy digitaalisesti luotu ympäristö, johon chroma-taustaa vasten kuvattu näyttelijä on upotettu.

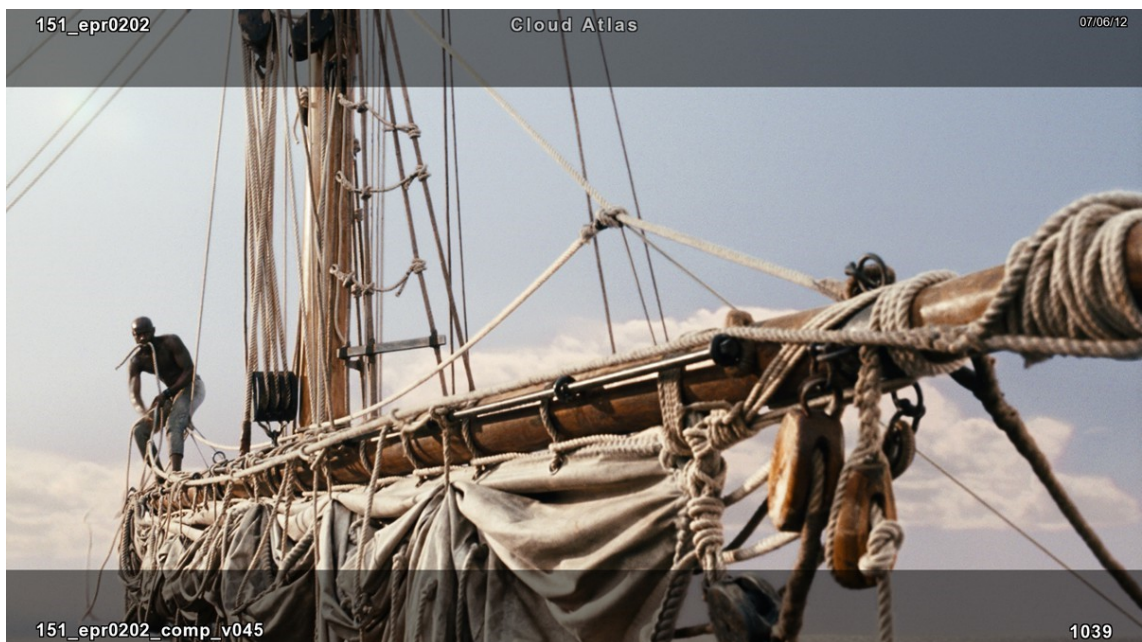


Kuva 2. Valmis Proviva-projekti.

Kompositointitapaukset ovat usein paljon monimutkaisempia kuin pelkän chroma-taustan korvaus. Monesti jo pelkästään korvattava tausta luodaan useista animoiduista kuvälähteistä ja joukkoon lisätään still-elementtejä. Kuten Jesper Kjolsrud kertoo Failesin [2] artikkelissa, myös tuotannossa, jonka tavoitteena on hyödyntää mahdollisimman paljon aitoa kuvattua materiaalia, joutuu kompositointia tekemään huomattavan paljon. Vaikka kuvataan oikeita esineitä ja ihmisiä, täytyy niitä usein kuvata elementeiksi ja yhdistää jälkikäteen kompositoimalla. Proviva-projektin viidestä pääelementistä kolme (bussipysäkki, autojen valojuovat, pöly & sade) koostuu useista alaelementeistä. Jokainen pääelementti sisältää lisäksi kuvan muokkausta niin, ettei yksikään elementti päädy lopulliseen kuvaan alkuperäisenä. Näiden lukuisten elementtien ja muokkausten täytyy muodostaa uskottava kuva, joka vaikuttaa siltä, että se olisi yhdellä kameralla kuvattu. Toimivan lopputuloksen saavuttamiseksi kuvaan täytyy luoda tunnelmaa, joka sopii tarinaan, jota kuvalla halutaan kertoa. Tämä monimutkaisuus tekee kompositoinista taiteellista työtä, joka toimiakseen vaatii taustalle paljon teknistä osaamista [1, s. 13].

2.2 Kompositointi taiteellisesta näkökulmasta

Kompositoinnin tavoitteena on luoda valmis kuva, joka näyttää aidolta ja uskottavalta. Aito ja uskottava kuva ei aina välttämättä ole kuitenkaan fotorealistinen kuva. Uskottavuudella tarkoitetaan sitä, että katsoja on valmis alitajuisesti hyväksymään hänelle esitetyn kuvan. Tilanteissa, joissa kuvan varsinainen sisältö ei olisi todellisuudessa mahdollinen, on kompositoinnilla erittäin tärkeä rooli kuvan uskottavuuden luonnissa. Jos katsoja näkee elokuvatehosteen tai mainoksen, jossa 3D-animoitu hahmo on upotettu perinteiseen videokuvaan huonolla toteutuksella, katsoja takertuu todennäköisesti näkemäänsä huonoon toteutukseen eikä keskity itse tarinankerrontaan, sillä hän ei hyväksy näkemäänsä kuvaa. Kuvassa 3 näkyy tehostekuva elokuvasta Cloud Atlas. Tehostekuvassa purjelaivan masto ja ympäristö vaikuttavat todellisilta. Kuva on todellisuudessa toteutettu kuvaamalla näyttelijä matalassa lavastemastossa chroma-taustaa vasten. Taustan taivas on lisätty jälkikäteen, ja kameran animaatiota on muokattu, jotta katsoja saa vaikutelman, että tapahtumat olisivat oikeasti merellä. [3.] Kuvan on oltava niin uskottava, että katsoja on valmis hyväksymään kuvan antaakseen huomion kiinnityä täysin tarinaan ja tapahtumiin, joita kuvalla kerrotaan. [1, s. 2–3, 12–13.]



Kuva 3. Kompositoitu kuva, joka on kuvattu lavastemastossa chroma-taustaa vasten. Trixter-grafiikkastudion tehostekuva elokuvasta Cloud Atlas. [3.]

Elokvakerronnassa ja mainonnassa tärkeintä on viestin välittyminen katsojalle. Kompositoinnilla on mainoksissa ja elokuvien tehostekuvissa suuri merkitys häiriöttömän

viestinvälityksen kannalta. Näissä tapauksissa kompositoidun kuvan täytyy olla myös taiteellisesti miellyttävä ollakseen mahdollisimman uskottava. Kuvan tunnelmalla ja ulkoasulla on suuri merkitys siihen, minkälaista tunnelmaa kuva luo katsojalle. Vastaaan voi tulla tilanteita, joissa kuvauksissa syntynyt kuvamateriaali ei vielä vastaa tunnelmaltaan täysin haluttua lopputulosta. Tämä otetaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa, jolloin monesti voidaan todeta järkeväksi tehdä kuvauksissa mahdollisimman neutraalia materiaalia. Neutraali kuvamateriaali antaa vapaammat kädet kuvan muokkaamiseen jälkikäsitellyssä. Kompositointivaiheessa neutraalit kuvaelementit on helppo yhdistää kokonaisuudeksi, sillä väreiltään ja valoisuudeltaan ne sopivat jo valmiiksi yhteen. Lopuksi kuvalle rakennetaan haluttu tunnelma muokkaamalla yksittäisiä elementtejä ja niistä syntynyttä lopputulosta. Tunnelman rakentamisessa onnistuakseen on kompositoijalla oltava taiteellista silmää ja kokemusta, sillä värimaailma ja dynamiikka on luotava kokonaan keinotekoisesti.

Pelkkä fotorealistinen tehostekuva ei läheskään aina riitä kuljettamaan tarinaa eteenpäin, sillä fotorealistinen kuva on usein yllättävän neutraali ja lähes tunteeton. Fotorealismien neutraaliuden voi testata ottamalla valokuvan upeasta ja värikkästä aurin-gonlaskusta. Kuva on otettava neutraalisävyisellä filmillä tai digikameralla kuvaprosessorin kuvankäsittely kytkettynä pois päältä. Otettua valokuvaa uudelleen katsottaessa se ei kuitenkaan näytä yhtä värikkäältä ja säväyttävältä, kuin kuvan ottaja itse tilanteen muistaa. Uusi katsoja, joka näkee kuvan ensimmäistä kertaa eikä ollut paikalla kuvaustilanteessa, luo kuvaustilanteesta mielikuvan, joka vastaa hyvin pitkälti sitä, miltä otettu kuva näyttää. Syntyy tilanne, jossa kuvan ottajalla ja kuvan katsojalla on erilainen mielikuva samasta tilanteesta.

Valokuvaa katsottaessa yksi mahdollinen syy muistikuvan ja valokuvan erilaisuuteen on otetun kuvan värikylläisyys ja aivojen muistama värien kylläisyys. Ihmissilmä pystyy vastaanottamaan suuremman väriavaruuden kuin filmit ja kennot [1, s. 67–68]. Aivojen ja näköaistin toiminnasta on olemassa useita erilaisia teorioita. Joidenkin teorioiden mukaan aivot eivät varsinaisesti tallenna silmien näkemää kuvaa valokuvamaisesti, vaan pikemminkin luovat ajatuksen, joka sisältää tiedonpalasia ja viitteitä asioihin ja ympäristöön, joita nähdyssä tilanteessa esiintyy [4]. Wessonin [5] kirjoittamassa artikkelissa käsitelty muistin toiminta tukee ajatusta, miksi näitä mielikuvia ja ajatuksia muistella aivoilla on taipumus muistaa näkemänsä värikkäät tilanteet esimerkiksi värikylläisempinä ja intensiivisempinä ja harmahtavat tilanteet synkempinä kuin ne todellisuudessa ovat, jos katsoja on kokenut tai muistanut tilanteen erityisen värikkäänä tai synk-

känä. Digitaalista kuvaa kompositoitaessa tämä toimintatapa on otettava huomioon, sillä tarkoituksena on välittää katsojalle kuva, joka vastaa pikemmin aivojen luomaa mielikuvaa tilanteesta eikä raakaa kameran ottamaa valokuvaa tai videota. Proviva-projektin kompositoinnissa pidettiin mielessä, että tarkoitus on välittää katsojalle stressistä ja arjen kiireistä mielikuva, johon samaistua. Tilanne sateisella bussipysäkillä ruuhka-aikaan harmaana päivänä luotiin näyttämään synkältä ja ankealta silti säilyttäen kuvan kiinnostavuuden, ettei katsoja siirrä huomiota pois kuvasta.

Toinen valokuvan ja kuvanottotilanteen erilaisuuteen vaikuttava tekijä on kuvaajan ja katsojan tunnetila, sillä aivot tallentavat näkemänsä kuvan ajatuksen ja liittävät siihen tilanteessa vallinneita tunteita [5]. Valokuvaa katsottaessa katsojan tunnetila on lähes varmasti erilainen kuin valokuvan ottaneella henkilöllä kuvanottohetkellä. Tästä syystä valokuvasta saatu tunne ei ole samanlainen kuin kuvaajalla kuvanottohetkellä. Digitaalisen kuvan kompositointivaiheessa voi yrittää vaikuttaa ja vahvistaa kuvan katsojalle antamaa tunnetilaa, sillä kuvan näkeminen ensimmäistä kertaa todennäköisesti herättää katsojassa uusia tunteita. Esimerkiksi väreillä ja valon sävyillä voi vaikuttaa siihen, minkälaisia tunteita kuva voisi herättää. Lämminsävyinen kuva liitetään iloisempiin ja mukaviin tunteisiin, kun taas kylmänsävyinen kuva liitetään surullisempiin ja kolkkompiin tunnelmiin. Proviva-projektin värimaailma luotiin synkän harmaansiniseksi taittaen sitä hieman vihreään päin. Harmaus ja synkkyys auttavat sadepäivän mielialan luonnissa. Sinisen sävyt luovat vaikutelmaa iltapäivästä tai illasta ja luovat kylmänsävyisen yleisilmeen. Nostamalla hieman kuvan vihreitä sävyjä vahvistetaan vaikutelmaa ympärillä olevasta ankeasta loisteputkihenkisestä keinovalaisusta, ja samalla luodaan kevyttä elokuvamaisuutta.

Yksi fotorealismien ongelmista on se, että kamerat eivät kykene tallentamaan kovin laajaa dynamiikkaa ihmissilmään verrattuna. Kuvaa kompositoitaessa on kuvainformaatio saatava mahtumaan käytössä olevan dynamiikkaan. Sellaisen tilanteen toistaminen, jossa silmä näkee äärimmäisen kirkkaita sävyjä ja silti samalla kykenee erottamaan hämäriä alueita, ei onnistu helposti kuvassa. Kuvassa kirkkaudella ja tummuudella on rajat, joiden sisälle kaikki haluttu kuvainformaatio on saatava sovitettua. Digitaalisessa kompositiossa on teknisesti mahdollista muokata valoisuutta ja sen suhteita ja luoda lopputulos, jota ei olisi mahdollista valokuvaamalla saavuttaa. Pelkkä tekninen työ ei kuitenkaan riitä, sillä valon kanssa työskennellessä on oltava näkemystä siitä, miten valo käyttäytyy ja minkä verran kuvan valaisua voi muokata ilman uskottavuuden menetystä. Esimerkiksi kadulla olevan bussipysäkin valot eivät ole itsessään kovin kirkkai-

ta. Niiden kirkkaus pysyy aina samana siitä riippumatta, minkälainen vallitseva luonnonvalo on. Proviva-projektissa luotiin tunnelma niin hämärästä luonnonvalosta, että jomelko himmeä bussipysäkin valo alkaa vaikuttaa kirkkaalta ympäristöön nähden.

Uskottava ja aito kuva on sellainen, joka usein muistuttaa enemmän aivojen tallentamaa mielikuvaa jostakin tilanteesta kuin varsinaista kuvattua kuvaa. Jos kuva muistuttaa aivojen luomaa mielikuvaa, ihminen hyväksyy kuvan helpommin siitä huolimatta, että varsinainen sisältö olisi epärealistista. [1, s. 2–3.] Taiteellisessa mielessä kompositointia voi jossain määrin verrata mielikuvien ja joissakin tapauksissa unenomaisien mielikuvien luontiin, sillä esimerkiksi unet voivat olla todella uskottavia ja aitoja siitä huolimatta, että unessa tapahtuisi jotain täysin epärealistista.

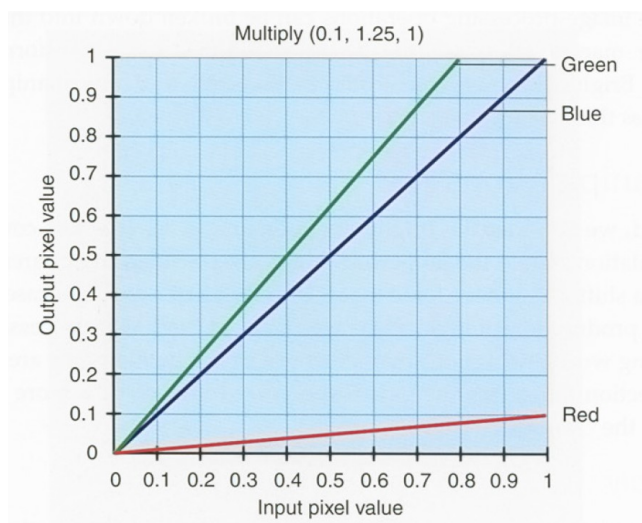
2.3 Kompositoinnin matematiikka

Tekniseltä kannalta digitaalinen kompositointi on pohjimmiltaan matematiikkaa. Kompositoitavat kuvälähteet ovat joko valmiiksi digitaalisia tai ne digitoidaan ennen tuontia kompositointiohjelmistoon. Kaikki kompositointivaiheessa tehtävä työ tapahtuu bittitasolla kuvamatriiseja käsittelemällä. Kuvälähteet ovat matriiseja, ja niille tehtävät operaatiot ovat matemaattisia käsittelyoperaatioita.

Kompositointiohjelmisto suorittaa matematiikan taustalla ja esittää matemaattiset operaatiot visuaalisesti ja helposti havainnollistettavassa muodossa. Kompositoijan on ymmärrettävä kompositoinnin matemaattiset perusteet, jotta haluttuun taiteelliseen lopputulokseen pääseminen olisi helpompaa. Lopullinen valmis kompositio on laaja kokonaisuus yksittäisiä matemaattisia operaatioita suoritettuna eri kuvälähteille komposition eri vaiheilla. Operaatioita ja niiden parametreja muokataan myös aika-akselilla tilanteen niin vaatiessa. Komposition tuloksena syntyy yksi lopullinen kuvamatriisi.

Kompositointi perustuu kuvankäsittelyn ja signaalinkäsittelyn matematiikkaan. Kuva on matriisi, jota kompositointiohjelmisto prosessoi matemaattisilla funktioilla ja algoritmeilla väriavaruuden määrittämällä raja-arvoilla. Yksinkertaisimmillaan kuvalle tehtävät operaatiot ovat pikseliarvojen kertomista ja jakamista, niistä vähentämistä ja niihin lisäämistä. Nämä operaatiot voidaan tehdä vakioilla, esimerkiksi lisäten kuvan kirkkautta lisäämällä jokaiseen pikseliin tietty arvo tai käyttämällä projektin muita kuvälähteitä operaattoreina. [1, s. 93.]

Kuvankäsittelyoperaatioita voidaan tutkia kuvan 4 kaltaisessa koordinaatistossa, jossa X-akselilla näkyy funktiolle syötettävä arvo ja Y-akselilla funktion tuloksena antama arvo. Koordinaatistoon piirretään funktion kuvaajia, minkä avulla voidaan tutkia, mitä operaatio tekee pikseliarvoille. Koska kuva koostuu erillisistä matriiseista jokaista väri- ja datakanavaa kohden, voidaan jokaiselle pääkanavalle piirtää omat kuvaajat päällekkäin. Näin voidaan vertailla kuvankäsittelyoperaation vaikutuksia eri värikanaville. Kuvankäsittelyoperaatiota, joka muuttaa pikselien arvoja funktioiden ja ehtojen avulla, kutsutaan termillä Look Up Table (LUT). [1, s. 94–95.] Kuvassa 4 näkyvä kuvaaja on RGB-multiply-operaation LUT, jossa kanavien kertoimet ovat $R = 0,1$, $G = 1,25$ ja $B = 1$.



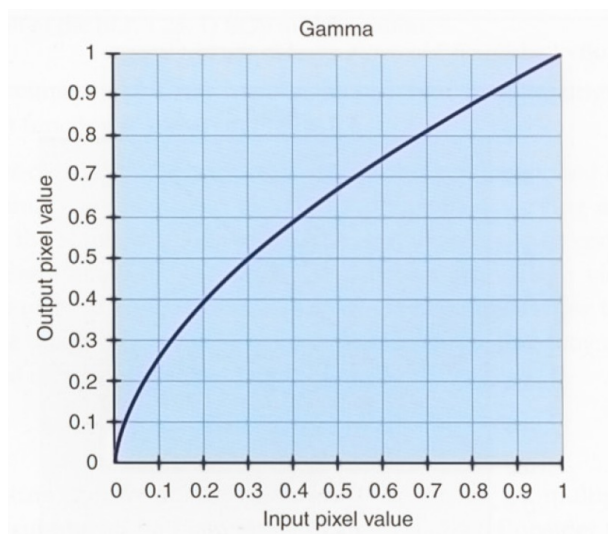
Kuva 4. Multiply-operaation LUT [1, s. 98].

Kuvankäsittelyssä ja kompositoinnissa hyödynnetään monia matemaattisia funktioita, kuten esimerkiksi eksponenttifunktiota. Kuvamatriisin pikseliarvoja voidaan käsitellä siten, että 0 vastaa mustaa ja 1 täysin kirkasta pikseliä. Yhdistämällä tämä toiminnallisuus gammakorjausfunktioon, joka on eksponenttifunktio, saadaan aikaan LUT, joka muokkaa vain pikseleitä, joiden arvo ei ole 0 tai 1, vaan jotain siltä väliltä. Gammakorjaus säilyttää siten kuvan mustan ja valkoisen raja-arvot ja muokkaa vain keskisävyjä painottuen tummiin sävyihin. Kuvankäsittelyfunktioita esiteltäessä käytetään symbolia O (output) kuvaamaan tuloksena syntyvää kuvaa ja merkkiä I (input) kuvaamaan funktiolle syötettävää kuvadataa. [1, s. 100–102.]

$$O = I^{\frac{1}{\gamma}}$$

Kaava 1. Gammafunktio [1, s. 100].

Kaavassa 1 on esitettyä gammakorjauksen eksponenttiyhtälö, jossa merkki γ kuvaa gamma-arvoa. Gamma-arvoa muokkaamalla säädetään gammakorjauksen voimakkuutta. Kuvassa 5 näkyy yhtälöllä saatu kuvaa kirkastavan gammakorjausfunktion kuvaaja, joka saadaan käyttäen gamma-arvoa $\gamma = 1,7$.



Kuva 5. Gamma-operaation muodostama LUT gamma-arvolla $\gamma = 1,7$ [1, s. 100].

Kuvankäsittelyssä kompositointiohjelmistot käyttävät myös konvoluutiosuodattimia, jotka perustuvat konvoluutiomatriisiin käyttöön. Konvoluutiosuodattimilla tehdään muun muassa kuvan pehmenystä, terävöitystä ja reunojen korostamista. Konvoluutiosuodatin toimii niin, että se lukee käsiteltävän matriisin pikselin arvon ja ympäröivien pikselien arvot konvoluutiomatriisin määrittämän koon mukaan. Konvoluutiomatriisi määrittää, millä painotuksella käsiteltävä pikseli ja ympäröivät pikselit otetaan uuteen konvoluutiomatriisin kokoiseen tilapäismatriisiin, jonka kokonaiskeskiarvo lasketaan ja sijoitetaan uuteen matriisiin käsiteltävän pikselin tilalle. Tämä operaatio toistetaan käsiteltävän matriisin jokaiselle pikselille. [1, s. 113–115; 6.]

Kuvaelementtien yhdistämiseen on omat algoritmit, joita käytetään erilaisiin tilanteisiin riippuen elementtien sisällöstä. Elementtien yhdistämiseen käytetyt algoritmit ovat ku-

vankäsittelyoperaatioita, mutta niistä puhutaan yleensä kompositointioperaatioina siitä syystä, että ne käsittelevät kuvaa yhdistämällä useampaa kuvalähdettä. Kompositointioperaatiolle syötettävää kuvaa merkitään I:n sijasta A:lla ja B:llä, siten että B on kuvalähde, johon lisätään tai jota manipuloidaan, ja A on kuvalähde, jota käytetään manipulointiin. Lähteiden alaindekseihin voidaan merkitä kanavat (RGB ja A eli alpha-kanava), jotta selviää, minkä kuvan alpha-kanavaa käytetään syntyvän yhdistelmäkuvan uuden alpha-kanavan luomiseen. Kaavassa 2 näkyy tyypillisin kaksi kuvalähdettä yhdistävä operaatio, nimeltään Over, joka lisää A-kuvan B-kuvan päälle hyödyntäen A-lähteen alpha-kanavaa. [1, s. 149–154.]

$$O_{rgba} = A_{rgba} + ((1 - A_a) * B_{rgba})$$

Kaava 2. Over-kompositointioperaatio [1, s. 160].

Useimmat kompositointioperaatiot eivät vaadi erillistä alpha-kanavaa, mutta jos alpha-kanava on liitettyä kuvalähteeseen, se otetaan mukaan käsittelyyn. Alaindeksimerkin-
töjä ei siksi tarvita kaikissa kompositointioperaatioyhtälöissä. Yksi näistä yleisistä operaatioista on multiply-operaatio (kaava 3), joka kertoo kuvalähteiden pikseliarvot toisil-
laan. Sitä käytetään lähinnä prosessoimaan alpha-kanavia ja maskeja eikä varsinaises-
ti yhdistämään kuvalähteitä.

$$O = A * B$$

Kaava 3. Multiply-kompositointioperaatio [1, s. 162].

Kuvalähteiden yhdistämiseen samalla tekniikalla käytetään multiplyn johdannaisope-
raatioita, kuten esimerkiksi screen-operaatiota (kaava 4).

$$O = 1 - ((1 - A) * (1 - B))$$

Kaava 4. Screen-kompositointioperaatio [1, s. 162].

Screen-operaatio muuttaa kuvalähteet pikseliarvoiltaan ensin käänteisiksi synnyttäen
kaksi negatiivista kuvalähdettä. Negatiivit kerrotaan toisillaan, ja lopputuloksen pikse-
liarvot muunnetaan taas käänteisiksi, jolloin syntyy uusi positiivikuva. Screen-
operaation etu tavalliseen multiply-operaatioon nähden on tummaa multiply-operaation

lopputulosta huomattavasti kirkkaampi lopputulos, joka soveltuu esimerkiksi valon lisäämiseen taustaan perimällä taustan kirkkausarvoja. [1, s. 158–160, 162.]

Haluttu taiteellinen lopputulos määrittää, mikä tekninen toteutustapa kompositoinnissa on valittava. Kompositointioperaatioiden teknisessä valinnassa on huomioitava, onko käytössä erillinen alpha-kanava vai käytetäänkö kuvalähteiden omia alpha-kanavia. Myös halutun lopputuloksen ja yhdistettävien kuvalähteiden kirkkaudet vaikuttavat sopivan operaation valintaan. Monesti useampi kompositointioperaatio synnyttää halutun lopputuloksen pienin vivahde-eroin, jolloin lopullinen valinta on tehtävä puhtaasti taiteellista näkökulmaa painottaen.

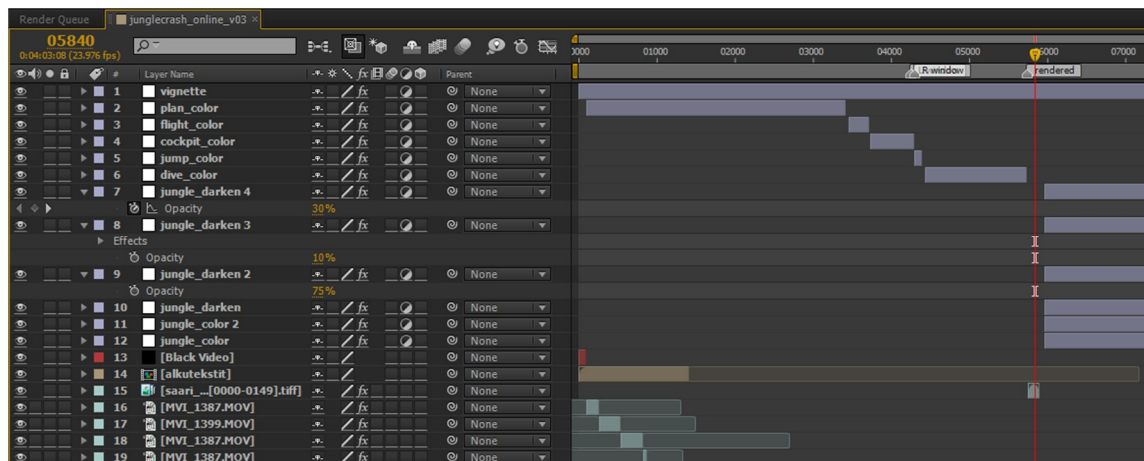
2.4 Kerroksittainen ja noodipohjainen kompositointi

Kompositointiohjelmit jakautuvat karkeasti kahteen ryhmään: kerroksittaisiin ja noodipohjaisiin kompositointiohjelmiin. Taulukossa 1 on lueteltu yleisimmät kompositointiohjelmit. Kerroksittaiset kompositointiohjelmat ovat aloittelijalle helppokäyttöisempiä. Noodipohjaiset ohjelmat ovat monimutkaisempia ja tarkoitettu raskaampaan käyttöön. Taulukosta myös käy ilmi, että kaikki yleisimmät noodipohjaiset kompositointiohjelmat ovat saatavilla Linux-työasemille. Elokuva- ja tehosteteollisuudessa moni maailmalla tunnettu suuri yritys suosii Linux-työasemia raskaiden prosessien työstämiseen. Aikaisemmin oli saatavilla myös useita kompositointiympäristöjä, jotka myydään kokonaisuuksina käsittäen laitteisto- ja ohjelmistupuolen. Nämä tehoyöasemat toimivat eri prosessoriarkkitehtuureilla kuin PC-laitteet, joten niitä ei ole tässä taulukossa.

Taulukko 1. Yleisimmät kompositointiohjelmit.

Valmistaja	Ohjel- misto	Käyttöjär- jestelmät	Toimintatapa	www-sivu
Adobe	After Effects	Win, Mac	kerroksittainen	http://www.adobe.com/products/aftereffects.html
Apple	Motion	Mac	kerroksittainen	http://www.apple.com/fin/final-cut-pro/motion/
Autodesk	Flame	Linux	noodipohjainen	http://www.autodesk.com/products/autodesk-flame-family/overview
Autodesk	Smoke	Mac	noodipohjainen	http://www.autodesk.com/products/smoke/overview
Eyeon	Fusion	Win, Linux	noodipohjainen	http://www.eyeonline.com/Fusion.html
The Foundry	Nuke	Win, Mac, Linux	noodipohjainen	https://www.thefoundry.co.uk/products/nuke-product-family/nuke/

Kerroksittaisessa kompositoinnissa kaikki operaatiot tehdään tasoissa niin, että operaatiot ladotaan kerroksina päällekkäin aikajanelle. Renderöintijärjestys kerroksittaisessa kompositoinnissa aloitetaan aina pohjalla olevasta kerroksesta renderöiden siihen seuraava yläpuolella oleva kerros. Visuaalinen esitystapa operaatioiden järjestykselle on käytännössä yksiulotteinen, sillä kerroksen päälle lisätty uusi kerros vaikuttaa aina vain alapuolella oleviin kerroksiin. Kerroksittaisia kompositioita voi kuitenkin ryhmittää niin, että yksi kerros voi sisältää monta alakerrosta, jotka vastaavasti voivat sisältää omia alakerroksiaan. Kuvassa 6 näkyy Adoben After Effects (http://www.adobe.com/products/aftereffects.html) -nimisen kerroksittaisen kompositiointiohjelman kerrosnäkö. Jokainen kuvassa näkyvä rivi vastaa yhtä kerrosta. [7.]

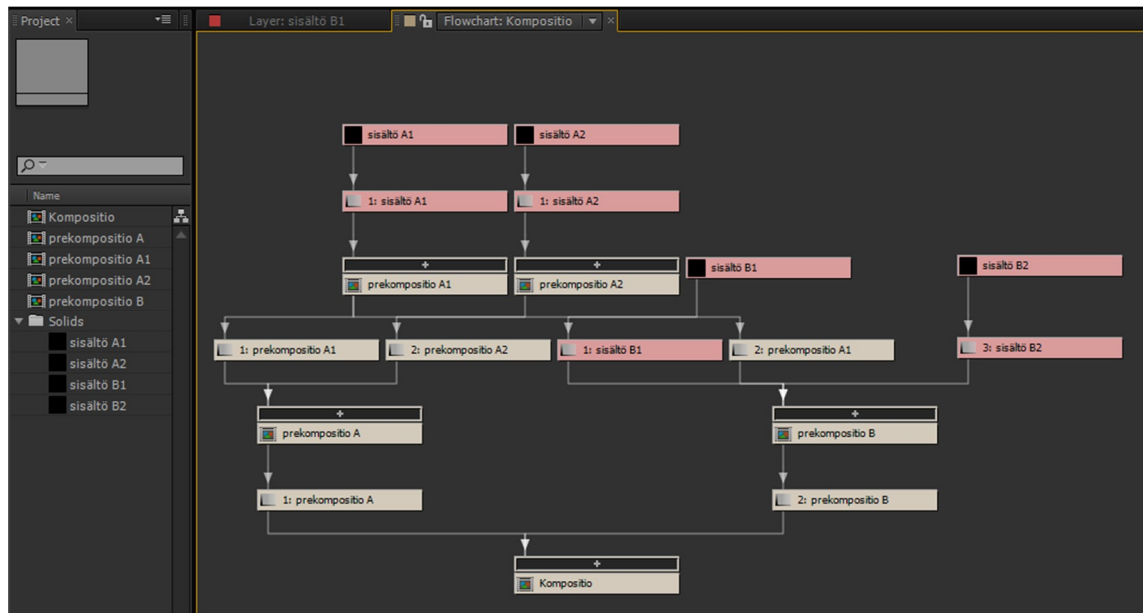


Kuva 6. Adobe After Effects -kompositiointiohjelman kerrosnäkö.

Kerrokset, jotka sisältävät alakerroksia, ovat alakerroksien kompositioita, ja niitä kutsutaan prekompositioiksi. Ne näkyvät aikajanelle yhtenäisenä kerroksena ja ovat itsenäisiä kompositioita. Kuvassa 6 alkutekstit-niminen kerros on prekompositio. Kompositiointikonaisuus rakennetaan pienemmistä prekompositioista. Tästä syystä kerroksittainen kompositointi on suhteellisen nopeaa ja yksinkertaista varsinkin aloittelijoille. Kerroksittainen malli on tuttu kuvankäsittelyohjelmista ja videon leikkausohjelmista.

Kompositointiprojektien kasvaessa monimutkaisemmiksi alkavat kerroksittaisen kompositoinnin rajoitukset tulla vastaan. Esimerkiksi kuvan 7 tilanne, jossa prekomposition (A) puolivälissä muodostunut kuva tarvitaan toisen prekomposition (B) puoliväliin, on kerroksittaisen kompositoinnin kannalta hankala. Ensimmäinen prekompositio A täytyy jakaa kahdeksi prekompositioksi A1 ja A2. A1 ja A2 muodostavat prekomposition A.

Lopulta prekompositio A1 lisätään B-prekompositio kerrosten väliin. Kuvan 7 tilanne on kuvattuna Adobe After Effects -ohjelman prosessikaavionäkymässä, sillä se on ainoa järkevä tapa hahmottaa kompositiorakennetta, koska itse kerrosnäky ei mahdollista jatkuvaa kokonaistilanteen hahmottamista. Jos prekompositioita täytyy jakaa osiin muutamia kertoja, se ei vielä hankaloita asioita liikaa, mutta kun koko kompositointiprojekti pirstaloituu kymmeniksi prekompositioiksi, muuttuu projektin hallinta todella vaikeaksi.



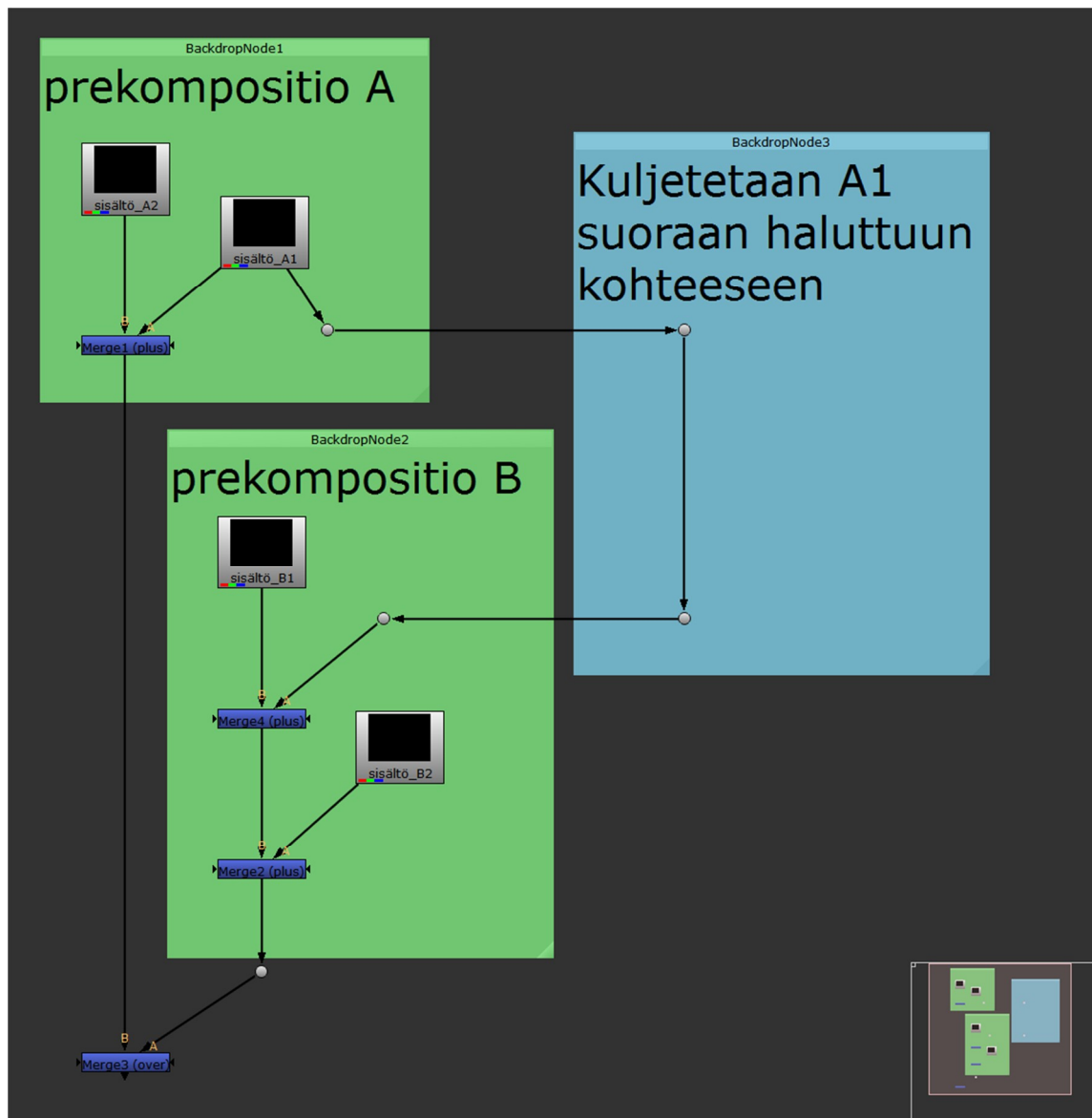
Kuva 7. Monimutkaisempi esimerkin prekompositiorakenne havainnollistettuna prosessikaavionäkymässä kerroksittaisessa Adobe After Effects -kompositointiohjelmassa.

Pohjimmitaan kerroksittaiset kompositointiohjelmat käsittelevät operaatiot noodeina, joilla on sisääntulo ja ulostulo. Rajoituksena on se, että operaatiot täytyy aina ketjuttaa peräkkäin. Poikkeuksena on kompositionoodi, joka mahdollistaa ketjujen yhdistämisen ja linkittämisen luomalla hierarkkisen kompositiorakenteen. Suurin rajoite ja hidaste kerroksittaisessa kompositoinnissa on prekompositioiden käyttö ja käytännössä yksilotteinen kompositiorakenne.

Aito noodipohjainen kompositointiohjelmisto käsittelee jokaisen noodin erillisenä yksikönä kaksilotteisessa hierarkiassa ja sallii jokaisen noodin ulostulon jakamisen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jokaisen noodin ulostulo on liitettävissä jokaisen noodin sisääntuloon komposition missä tahansa vaiheessa. Näkymältään tämä vastaa kerroksittaisen kompositointiohjelmiston prosessikaaviota, mutta kaikki työskentely

tehdään suoraan prosessikaavioon. Kompositionoodin eli prekomposition tilalla on Merge-noodi, joka mahdollistaa kahden tai useamman kuvalähteen yhdistämisen halutulla matemaattisella operaatiolla. [7; 8.]

Kerroksittaisessa kompositointiohjelmassa kuvalähteet tai prekompositiot lisätään toisiinsa latomalla ne päällekkäin halutussa järjestyksessä ja määrittämällä jokaiselle haluttu kompositointioperaatio. Tuloksena syntyy vain lopullinen kuva ja mahdolliset kuvalähteinä käytetyt prekompositiot. Noodipohjaisessa kompositointiohjelmassa kuvalähteet yhdistetään toisiinsa käyttämällä Merge-noodeja halutussa järjestyksessä määrittäen jokaiselle Merge-noodille haluttu kompositointioperaatio. Noodipohjaisessa ympäristössä tuloksena syntyy kuva jokaisesta noodihierarkian noodista, eli ilman prekompositiota saadaan tuloksena paljon enemmän kuvalähteitä, jotka voi joko renderöidä tai hyödyntää myöhemmin samassa kompositiohierarkiassa. Kuvassa 8 näkyy aiemmin kuvassa 7 käsitelty prekompositointiesimerkki The Foundryn noodipohjaisella NukeX- (<https://www.thefoundry.co.uk/products/nuke-product-family/nuke/>) kompositointiohjelmalla toteutettuna. Prekompositioita A ja B vastaavat alueet on maalattu vihreällä taustalla. Vaaleansinisen taustan läpi kulkeva putki kuljettaa esimerkissä mainitun A1-prekomposition kuvan B-prekomposition väliin. Värilliset taustat on lisätty vain vertailun helpottamiseksi, eivätkä ne tee itse käsiteltävälle kuvalle mitään. Todellisuudessa noodipohjaisessa kompositoinnissa prekompositioita ei tarvita. [7; 8.]



Kuva 8. Kuvan 7 prekompositioesimerkki toteutettuna noodipohjaisella The Foundryn NukeX-kompositointiohjelmistolla.

Kuvan lisäksi datan käsittely helpottuu noodipohjaisessa ympäristössä. Esimerkiksi syvyyskartan ja liike-epäterävyysinformaation muokkaaminen ja kuljettaminen komposition eri vaiheisiin onnistuu helposti. 3D-ympäristössä tapahtuvan kompositoinnin käsittely helpottuu, sillä 3D-dataa on helppo linkittää noodilta toiselle ja muokata matkan varrella. Tiedon välittämisen helppous ja vapaus mahdollistaa paljon monimutkaisempien toimintojen käytön, ja siitä syystä noodipohjaisissa kompositointiohjelmistoissa on yleensä paljon enemmän toimintoja ja ominaisuuksia kuin kerroksittaisissa kompositointiohjelmistossa. Muutamia esimerkkejä ovat esimerkiksi kerroksittain renderöidyn

3D-kuvan valaistuksen muuttaminen ja tekstuurien vaihtaminen suoraan kompositio-ohjelmistossa ilman alkuperäisen 3D-materiaalin uudelleenrenderöintiä.

Brink Helsinki käyttää sekä kerroksittaista että noodipohjaista kompositointia. Kerroksittainen kompositointi Brinkissä tehdään Adoben After Effects -ohjelmalla ja noodipohjainen kompositointi Eyeonin Fusion- ja The Foundryn NukeX-ohjelmistoilla. Kompositio-ohjelmisto valitaan aina käyttötarkoituksen mukaan tapauskohtaisesti, sillä se mahdollistaa tuotannon tehokkuuden. Alkuperäinen Proviva-mainos kompositoitiin The Foundryn NukeX-ohjelmalla. Tätä insinööriyötä varten tehty kompositio tehtiin NukeX:n ohjelmistoversiolla 7.0v4. Kuvaelementit, jotka olivat ennestään valmiit, oli yhdistelty valokuvista ja stock-kuvamateriaaleista. Bussipysäkki oli mallinnettu Autodeskin 3ds Max -ohjelmalla (<http://www.autodesk.com/products/autodesk-3ds-max/overview>) ja renderöity Chaos Groupin V-Ray-renderöijällä (<http://www.chaosgroup.com/en/2/vray.html>). Näyttelijä oli kuvattu RED One -kameralla vihreää chroma-taustaa vasten.

3 Noodipohjaisen kompositointiskriptin rakenne

3.1 Gamma, väriavaruus ja värisyvyys

Nuke-kompositointiohjelmisto eroaa monista muista ohjelmistoista siten, että se toimii aina lineaarisessa 32-bpc (32 bits per channel) -väriavaruudessa [8]. Vertailun vuoksi esimerkiksi käsiteltäessä valokuvaa Adobe Photoshop-ohjelmalla kuvan käsittely tehdään oletusarvoisesti alkuperäisen kuvan omassa väriavaruudessa. Useimmiten ei-ammattitasoinen digitaalinen valokuva on JPEG-pakattu 8-bpc-kuva, joka on sRGB-väriavaruudessa. Käsiteltäessä esimerkkikuvaa ohjelmassa, joka toimii kuvan omassa väriavaruudessa, ohjelma valitsisi käyttöön gammakorjatun 8-bpc-sRGB-väriavaruuden. [8.]

Kuvan värisyvyys määritellään bitteinä. Mitä enemmän bittejä kuvan väri-informaatiolle varataan, sitä enemmän värejä kuva voi sisältää. Bittisyvyys määritetään sekä pikselille (bits per pixel, bpp) että värikanavalle (bits per channel, bpc). Värikanavan bittisyvyys määrittää, kuinka monta eri intensiteettiä yksittäinen kanava voi saada. Pikselin bittisyvyys määrittää, kuinka monta bittiä yksittäistä pikseliä kohden on käytössä yhteensä. Pikselin bittisyvyys ottaa huomioon RGB-värikanavat ja muut mahdolliset kanavat, kuten alpha-kanavan. Taulukossa 2 on lueteltuna värikanavan yleiset bittisyvyudet ja niiden antama kuvan värisyvyys, yksittäisen kanavan intensiteettiarvot ja se, montako yksittäistä väriarvoa pikseli voi saada. 8-bpc-värisyvyydessä jokaiselle kolmelle värikanavalle (RGB) varataan intensiteetin esittämiseen kahdeksan bittiä pikseliä kohden. Kahdeksalla bitillä saadaan kuvattua desimaalimuodossa intensiteettiarvot väliltä 0 ja 255. Esimerkiksi punaisen värikanavan intensiteettiarvo 0 esittää, ettei pikselissä esiinny yhtään punaista. Intensiteettiarvon ollessa 255 pikselin punainen värikanava on kirkkaimmillaan. 16-bpc-värisyvyys mahdollistaa intensiteettiarvot väliltä 0–65 535 ja 32-bpc-värisyvyys intensiteettiarvot väliltä 0–4 294 967 295. [9, s. 98–99.]

Taulukko 2. RGB-kuvan bittisyvydet ja niitä vastaavat intensiteettiarvot.

Bittiä / kanava	Kuvan värisyvyys (RGB)	Tarkkuus	Kanavan intensiteettiarvot
8	24-bittinen	2^8	0–255
10	30-bittinen	2^{10}	0–1 023
16	48-bittinen	2^{16}	0–65 535
32-float	96-bittinen	2^{32}	0,0–1,0 näkyvässä kuvassa, mutta ei rajoitettu näihin

32-bpc float -värisyvyydellä tarkoitetaan väriarvojen esitystapaa, jossa intensiteettiarvot pimeästä kirkkaaseen esitetään välillä 0–1 käyttäen desimaaleja. Float-sana viittaa siihen, että desimaalipilkun paikka on joustava tilanteen mukaan. 32 bittiä värikanavaa kohden mahdollistaa niin suuren sävymäärän, että sävyt, jotka eivät näy kuvassa eli ovat esimerkiksi mustaakin pimeämpiä tai valkoista kirkkaampia, voidaan tallentaa mukaan. Käytännössä jos jokin pikseli kuvassa on kirkkaampi kuin valkoinen, se saa arvon, joka on suurempi kuin 1. Jos pikseli on tummempi kuin musta, se saa negatiivisen intensiteettiarvon. Tällä mahdollistetaan esimerkiksi kuvan valotuksen muuttaminen jälkikäteen ja kuvaa tuhoamaton prosessointi. [9, s. 98–99.]

Kun kuvaa käsitellään muissa kuin 32-bpc float -väriavaruuksissa, käy helposti niin, että pikseliryhmä, jossa pikseleillä on eri arvoja eli kuvassa on informaatiota, tulee kuva muokattua epähuomiossa täysin valkoiseksi tai mustaksi. Jos pikseliryhmää yrittää palauttaa muokkaamalla sitä takaisin, on kuvainformaatio eli pikseleiden väliset kirkkauserot hävinnyt täysin.

Nuke-ohjelmistoon voi tuoda 8-bpc-kuvan, tummentaa sen täysin mustaksi esimerkiksi multiply-noodilla ja siitä huolimatta kuvan voi palauttaa myöhemmin tekemällä uuden päinvastaisen multiply-operaation. Desimaalipohjainen 96-bittinen värisyvyys mahdollistaa tämän. Nuke tekee kaikki operaatiot sisäisesti 32-bpc float -värisyvyydellä siitä riippumatta, missä värisyvyydessä alkuperäinen kuva on. Tärkein hyöty suuresta värisyvyydestä on kerroksittaista 3D-kuvaa kompositoitaessa ja filmiltä skannattua tai digitaalisella elokuvakameralla kuvattua korkean värisyvyyden omaavaa kuvaa käsiteltäessä. 3D-renderöinnit ovat useimmiten 16- tai 32-bpc-syvyydessä ja kameralta tuodut kuvat 10- tai 12-bpc-syvyydessä. [9.]

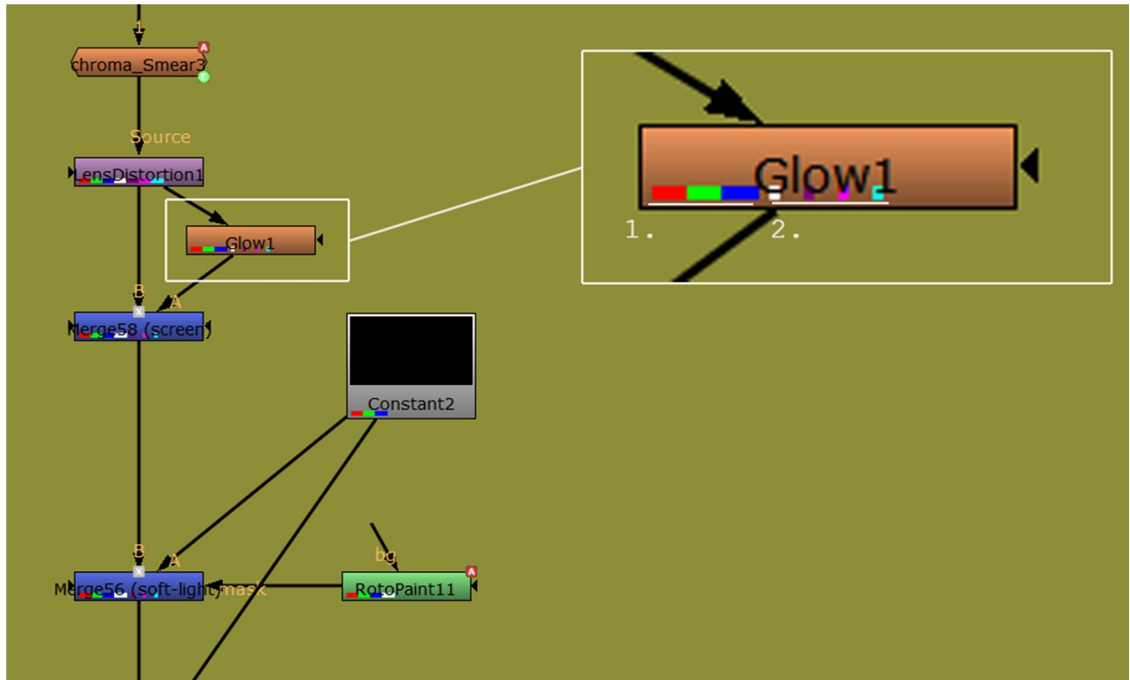
Lineaarisuudella tarkoitetaan sitä, että Nukessa matemaattiset operaatiot tehdään alkuperäisen kuvan väriavaruuden gamman vaikuttamatta operaatioihin. Kaikki operaati-

ot tehdään lineaarisella gammalla. Käytännössä siis kaikki sisään tuodut kuvat käsitellään lineaarisesti ja gammakorjaus tehdään pelkästään monitorilla näkyvälle kuvalle ja Nukesta renderöidylle kuvalle. Muissa kuvaohjelmistoissa muutokset kuvaan tehdään yleensä työskentelyväriavaruudessa tai kuvan alkuperäisessä väriavaruudessa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi kuvan kontrastia muutettaessa kontrastioperaatio ottaa huomioon kuvan gamman. [9, s. 98–99.]

Proviva-projektin kameralla kuvatut osuudet olivat kompositointivaiheessa 3072 x 1728 resoluution 16-bpc-värisyvyuden LZW-pakattuja TIFF-kuvajonoja.

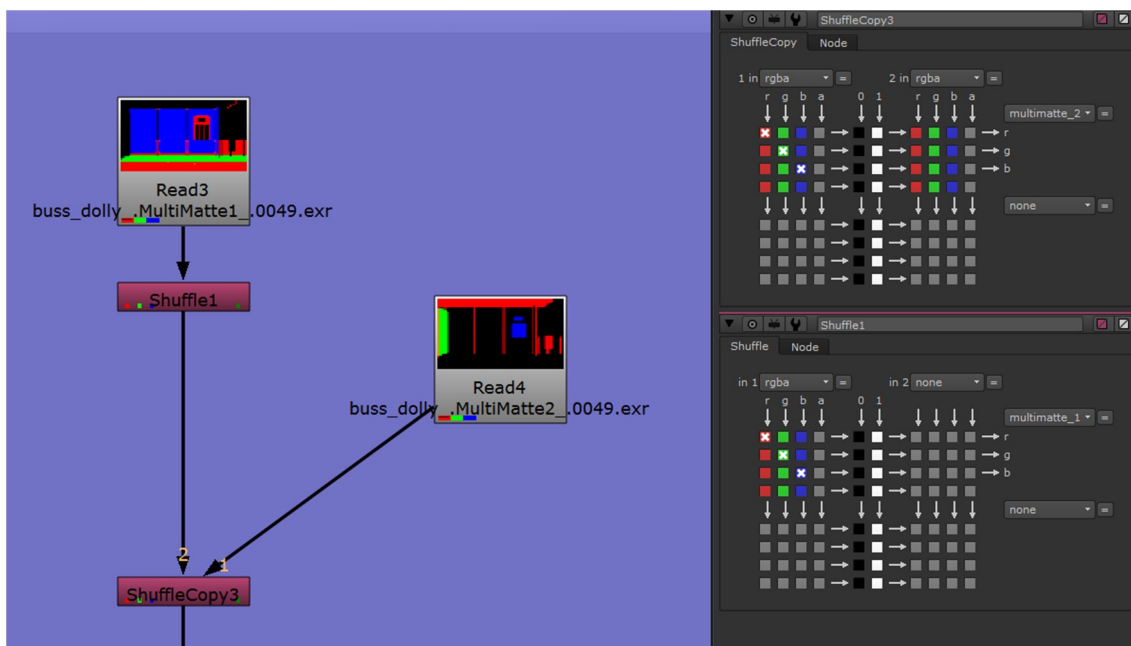
3.2 Datan siirto ja käsittely – putket, kerrokset ja kanavat

Nuke hallitsee datan välittämisen ohjelman sisällä eri tavalla kuin kerroksittaiset kompositointiohjelmat. Kuvaformaattit sisältävät pikselidataa kanaviin tallennettuina. Yleisimmin käytössä on kolme värikanavaa (punainen, vihreä ja sininen) ja yksi alpha-kanava läpinäkyvyysinformaatiota varten. Nukessa kanavat (channel) niputetaan kerroksiksi (layer) ja kerrokset kuljetetaan putkissa (pipe). Putki kuljettaa dataa noodien välillä. Visuaalisesti putket esitetään nuoliviivoilla, joissa nuoli kuvaa datan kulkusuuntaa. Kuvassa 9 näkyy noodeja, jotka on yhdistetty putkilla. Datan kulkusuunta kuvassa on ylhäältä alaspäin. Nuken kanavakerros voi sisältää 4 kanavaa, ja kerroksia voi olla enintään 256, minkä vuoksi Nuke-projekti voi sisältää enintään 1 024 erillistä kanavaa. Kuvassa 9 noodien alareunassa näkyy pieniä suorakaiteita, jotka ilmaisevat, mitkä putken kuljettamat kanavat ovat aktiivisia noodissa. Kuvan Glow1-noodi esimerkiksi käsittelee pelkästään R-, G- ja B-värikanavia, jotka näkyvät sen vuoksi suorakaiteina (kuvassa alue numero 1). Glow1-noodi ei muokkaa alpha-kanavaa ollenkaan, sillä alphan indikaattori on neliö muiden deaktivoitujen kanavien joukossa (kuvassa alue numero 2). [9, s. 62, 56.]



Kuva 9. Putket näkyvät mustina nuoliviivoina Nuke-ohjelmiston noodipuussa. Putkien kuljettama noodikohtainen kanavainformaatio näkyy numeroiduilla alueilla.

Kanavien hallintaan on omat noodit, joilla voi järjestellä kanavia uudestaan, korvata niitä pelkkää 0 tai 1 sisältävillä matriiseilla tai korvata niitä muista putkista tulevilla kanavilla. Näistä yksinkertaisin on Shuffle-noodi, jolla voi järjestellä kanavia keskenään putken sisällä. Esimerkiksi erikseen renderöidyn alpha-matten, joka sijaitsee kuvatie-doston R-värikanavalla, voi Read- ja Shuffle-noodien avulla tuoda Nukeen ja sijoittaa putken Alpha-kanavaan. Copy-noodilla kanavan voi liittää olemassa olevaan putkeen ja luoda näin uusia kanavia tai korvata olemassa olevia kanavia. Kaikista monipuolisin on ShuffleCopy-noodi, joka yhdistää Shuffle- ja Copy-noodien toiminnan yhdeksi monipuoliseksi kanavanhallintanoodiksi. Sillä tuodaan olemassa olevaan putkeen uusia kanavia ja samalla mahdollistetaan jo putkessa olevien kanavien järjestely. Kuvassa 10 näkyvät Shuffle- ja ShuffleCopy-noodit käytössä. [9, s. 84.]

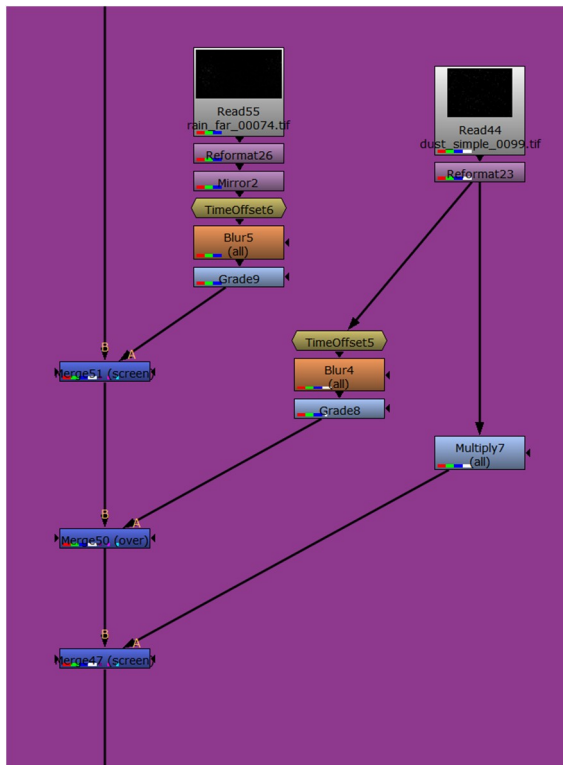


Kuva 10. Kahden Multimatte-renderöinnin niputtaminen yhdeksi putkeksi, joka sisältää uudet multimatte_1- ja multimatte_2-kerrokset, jotka kuljettavat yhteensä kuusi Multimatte-kanavaa.

Putket määrittävät kompositointiskriptin rakenteen, ja noodit määrittävät kompositointioperaatiot. Putket kuljettavat kanavia hierarkkisesti siten, että kanavalla on sisältöä vasta sen jälkeen, kun sille on syötetty sisältö noodilta. Sen jälkeen putken sisältö säilyy putkessa seuraavien noodien läpi, kunnes sitä muokataan. Kompositioskriptiin voi luoda omia kerroksia, jotka sisältävät omia kanavia tarpeen mukaan. [9.] Provisa-projektin bussipysäkkielementti sisältää renderöntikerroksia, jotka koostuvat useista matte-kanavista eli maskeista R-, G- ja B-kanavien tilalla. Nämä ovat V-Ray-renderöijän Multimatte-kerroksia, joiden avulla 3D-kuvasta voidaan erottaa halutut alueet tekstuurien tai objektien mukaan. Kuvassa 10 näkyy, miten Nukessa bussipysäkin Multimatte-renderöinneistä saa niputettua omat kanavakerrokset, joista voi luoda yhden putken, joka kuljettaa kaikki kuusi bussipysäkin Multimatte-kanavaa. Tämä yksittäinen putki on helppo kuljettaa kompositointiskriptissä noodeille, joissa tarvitaan bussipysäkkielementin Multimatte-maskeja. Näin vältetään usean mattekuvan kuljettaminen monella putkella ja saadaan kompositointiskripti säilymään visuaalisesti selkeänä.

Suorituskyvyn säilyttämiseksi Nuke-skriptin hierarkia täytyy suunnitella järkeväksi. Tärkeä selkeyttävä tekijä, joka pitää yllä suorituskykyä, on niin sanottu B-putkirakenne. Kuvassa 11 näkyy vasemmalla pystysuora B-putki, johon liitetään sisältöä kolmella Merge-noodilla. Merge-noodi, joka yhdistää kaksi tai useampaa kovalähdettä, käyttää

sisääntuloinaan A- ja B-sisääntuloa. Siitä huolimatta, että käytössä oleva kompositointioperaatio olisi pelkästään yksinkertainen Add ($O = A + B$), on merkitystä sillä, kumman kuvälähteen syöttää kumpaan sisääntuloon. Jos Merge-noodin kytkee pois päältä, B-sisääntulo pääsee noodista aina suoraan läpi ($O = B$). Tästä syystä kompositointi kannattaa tehdä niin, että kuvan taustaelementit tulevat aina B-sisääntuloon ja kuvaan lisättävät etualan elementit syötetään A-sisääntuloon. Kuvassa 11 oikealla näkyvät noodit lukevat ja muokkaavat uutta sisältöä, joka syötetään B-putken merge-noodien A-sisääntuloihin. Lopputuloksena syntyvää kuvaa on helppo tutkia kytkemällä B-putken merge-noodeja nopeasti päälle ja pois päältä pikanäppäimellä. Projektin läpi jatkuva B-putki mahdollistaa noodien kytkemisen pois päältä ilman, että kompositoitu kuva muuttuu mustaksi. [10.]



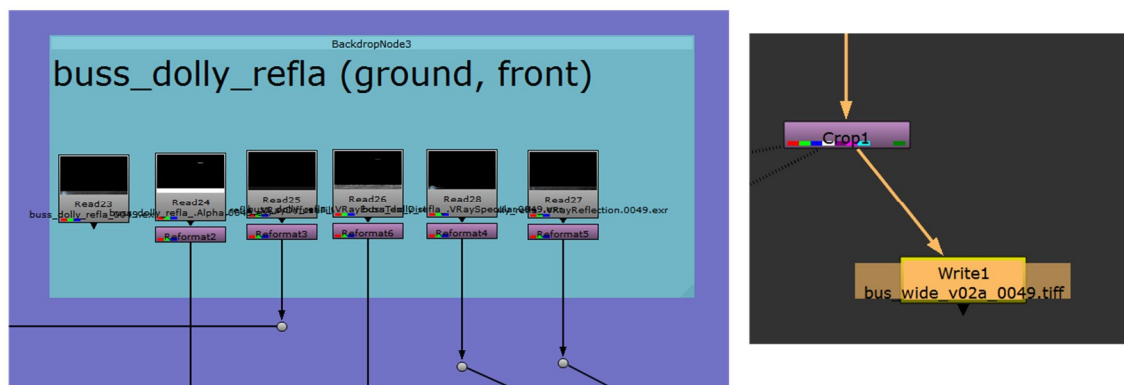
Kuva 11. B-putkirakennetta Proviva-projektin noodipuussa.

B-putken säilyttäminen auttaa kuljettamaan putkeen lisätyt uudet kanavat loppuun saakka. Jos B-putkeen syötetään maski kompositointiskriptin alkuvaiheilla, se on käytössä vielä skriptin lopulla, jos sitä ei ole korvattu muulla sisällöllä. Lisäksi ongelmatilanteissa ratkaisuja on helpompi etsiä, sillä kanavat ja niiden sisältö eivät ole hajaantuneet ei-toivottuihin paikkoihin matkan varrella.

Kompositointiskriptin kaksiulotteista visuaalista esitystapaa kannattaa hyödyntää. Pro- viva-projektissa noudatettiin järjestelmällistä rakennetta skriptiä luotaessa aina, kun mahdollista. Projektissa B-putki rakentuu ylhäältä alaspäin. B-putkeen Merge-noodilla lisättävät kuvaelementit syötetään noodeihin yläviistosta ja maskit vaakatasossa oikealta. Lähes kaikki lukunoodit sijaitsevat skriptin tai omien osa-alueidensa yläosassa ja kaikki lopulliset kirjoitusnoodit alaosassa. Esirenderöinnit, jotka katkaisevat B-putken tai muita osia, tekevät selkeän poikkeuksen vasemmalle pystysuorasta putkesta. Nämä visuaaliset työtavat helpottavat hahmottamaan Nuke-skriptiä nopeammin, eikä siitä tarvitse vaivalla etsiä skriptin eri osia.

3.3 Datan lukeminen ja tallentaminen

Kuvan ja datan kuljettaminen sisään ja ulos Nukesta tehdään luku- ja kirjoitusnoodien avulla. Nämä noodit pitävät myös huolen väriavaruusmuunnoksista. Luku- ja kirjoitusnoodit mahdollistavat Nuken sisäisen 32-bpc-värisyvyyden. Kirjoitusnoodit vastaavat Nukessa myös renderöintioperaatioita. Kirjoitusnoodi renderöi sille tuodun putken kuvan ja kirjoittaa sen levyille halutuilla asetuksilla. Sekä lopullinen kompositio että mahdolliset suorituskykyä lisäävät välivaihekompositiot renderöidään kirjoitusnoodilla. Käytännössä tavallinen kompositointiskripti alkaa lukunooodeista ja päättyy kirjoitusnoodeihin. Kuvassa 12 lukunoodit näkyvät vasemmalla ja putket alkavat niistä. Kirjoitus- eli renderöintinoodi näkyy kuvassa oikealla. [8.]



Kuva 12. Nuken harmaita lukunooodeja vasemmalla ja keltainen kirjoitus- eli renderöintinoodi oikealla.

Lukunoodi (Read) lukee tiedoston tai tiedostojonon levyiltä ja tuo sen Nukeen. Noodista ulos lähtevä putki kuljettaa vain tiedoston sisältämät kanavat. Ennen kanavien syöttämistä putkeen lukunoodi muuntaa luettavan kuvan väriavaruuden Nukan sisäiseen lineaariseen 32-bpc float -väriavaruuteen. Lukunoodien jälkeen kaikki toiminnot ohjelmiston sisällä suoritetaan lineaarisessa värityötilassa. Joissakin tapauksissa saattaa olla tarpeen ohittaa lukunoodin värimuunnos, mutta niissä tilanteissa täytyy muunnos tehdä itse valitsemalla oikea värimuunnosnoodi lukunoodin perään. Oma värimuunnosnoodi tarjoaa hieman säätövaraa muunnoksen tekemiseen, joten joissakin tilanteissa se mahdollistaa paremman värierottelun kuvan tummilta alueilta. [8.]

Kirjoitusnoodia (Write) käytetään käsitellyn kuvan renderöimiseen ja tallentamiseen kiintolevyille. Kuten lukunoodissa, tapahtuu kirjoitusnoodissakin väriavaruusmuunnos. Riippuen siitä, mihin työvaiheeseen renderöitävä kuva on menossa, se täytyy muuntaa kohdeformaatin väriavaruuteen. Kuvan värisyvyttä kavennetaan formaatille sopivaksi, ja kuvaan luodaan valittu gamma. Renderöinti lineaarisessa väriavaruudessa kaiken kuvainformaation säilyttämiseksi on myös mahdollista ja suositeltavaa, jos renderöitävää kuvaa on tarkoitus käsitellä myöhemmin. [8.]

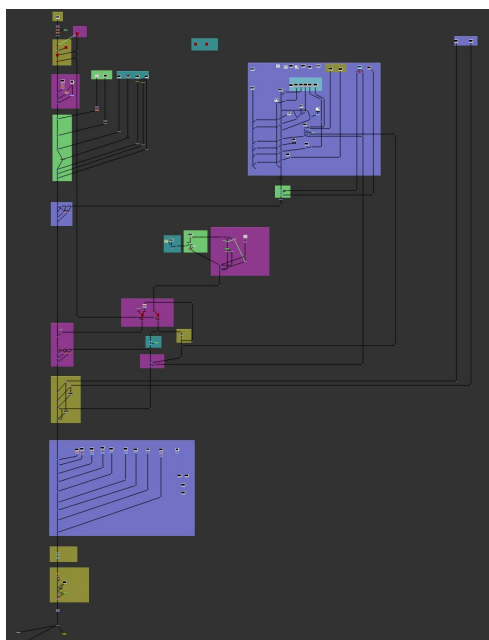
Datan vientiä ja tuontia varten on omat luku- ja kirjoitusnoodit, joista tärkeimpiä ovat ReadGeo- ja WriteGeo-noodit, joilla kompositioon voi tuoda muilla ohjelmistoilla luotuja 3D-objekteja ja vastaavasti myös viedä Nukessa muokattuja objekteja ja kameraanimaatioita takaisin 3D-ohjelmistoihin [8]. Proviva-projektiin tuotiin V-Ray-renderöijän kameradata 3ds Max -ohjelmasta. Tähän käytettiin Christian Pundschusin 3ds Max -skriptiä nimeltään max2nuke (<http://www.scriptspot.com/3ds-max/scripts/max2nuke>). Max2nuke-skripti mahdollistaa kameradatan kopioimisen suoraan 3ds Maxista Nukan natiiviksi kameranoodiksi. Tällä vältetään ylimääräinen lukuoperaatio, sillä kameran tiedot saadaan suoraan osaksi Nuke-skriptiä. [11.]

Proviva-projektissa on 55 lukunoodia. Suuri osa niistä tulee bussipysäkin eri renderöintikerroksista, jotka on luettava jokainen erikseen. Myös kaikki grafiikkaelementit on tuotava Nukeen omalla lukunoodilla, jotta niiden yhdistäminen onnistuu. Jokaista lopullista kompositoitua kuvaa varten on oma kirjoitusnoodi, ja lisäksi kompositointiskriptin renderöintiäikoja on kevennetty esirenderöimällä komposition eri vaiheita. Esirenderöintiä käytettiin bussipysäkin koostamiseen ja ennen värimäärityä sekä linssitehosteiden lisäämistä. Tämä työnkulku auttoi projektin keskivaiheilla, sillä jokaisella monitoriikkunan päivityksellä Nuke ei tarvinnut renderöidä kaikkia kompositointiskriptin ope-

raattoreita, vaan sen sijaan hyödyntää valmiita 32-bpc-väriavaruuden lineaarigamman esirenderöintejä joita on huomattavasti nopeampi käsitellä. Lopullista hienosäätöä tehtäessä esirenderöinnit kuitenkin kytkettiin pois käytöstä, sillä skriptin jokaiseen osaluueeseen on pystyttävä tekemään muutoksia, joiden tulokset näkee heti.

3.4 Kompositointinoodit ja datan kuljetuksen hierarkkinen rakenne

Lukemisen ja kirjoittamisen lisäksi kaikki kuvalle ja datalle tehtävät matemaattiset operaatiot suoritetaan noodien avulla. Jokainen noodi on yksikkö, joka sisältää tietyt matemaattiset operaatiot ja keinot datan kuljettamiseen noodilta toiselle ohjelman sisällä. Koska Nuke on kompositointiohjelmisto, tärkein noodi on kuvälähteiden yhdistämisen eli kompositoinnin hoitava Merge-noodi.

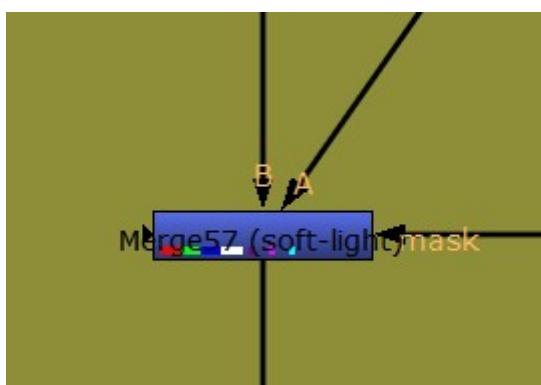


Kuva 13. Proviva-projektin Nuke-skriptin kokonaishierarkia.

Proviva-projektin kompositointiskriptin hierarkia näkyy ruutukaappauksena kuvassa 13. Suurempi versio kuvasta on liitteessä 1. Skripti rakennettiin noudattamaan hierarkiaa, joka toistuu kauttaaltaan projektissa. Noodipuun hierarkia alkaa vasemmalta ylhäältä, jossa rakennetaan taustakuva 3D-avaruuteen. Skriptin runko eli B-putki, johon kaikki elementit lopulta koostetaan, alkaa taustakuvan luonnin jälkeen ja jatkuu koko skriptin yläreunasta alas kuvan vasemmassa reunassa. Kaikki keskellä ja oikealla olevat noodiryppäät prosessoivat kuvan pieniä osa-alueita ja kokoavat niistä valmiita pääelementte-

jä liitettäväksi rungon B-putkeen. Visuaalisen selkeyden vuoksi ja helpottamaan skriptissä navigointia noodit rakennettiin alueittain, ja alueet merkittiin suorakaiteilla, joiden sisällä olevat noodit liittyvät kaikki samaan operaatioon. Visuaalisesti selkeä hierarkia nopeuttaa työskentelyä ja tekee skriptistä luettavamman myös muille sen parissa työskenteleville.

Tärkein noodi koko hierarkiassa on Merge-noodi, joka yhdistää kahdesta tai useammasta putkesta tulevan datan yhdeksi putkeksi. Kuvassa 14 näkyy lähikuva Nuken Merge-noodista Proviva-projektissa. A- ja B-kirjaimilla merkityt putket ovat noodin sisääntulot, ja alaspäin lähtevä putki on ulostulo. Neljäs putki, joka tuodaan noodiin oikealta, on maskia varten. Näkyvillä on myös noodin uniikki nimi ja suluisissa käytössä oleva kompositointioperaatio. Merge säilyttää kuvan kanavat ennallaan halutulla tavalla, eli datan yhdistäminen tapahtuu valikoivasti. Kahta kuvaa yhdistettäessä valitaan haluttu kompositointioperaatio, eli matemaattinen algoritmi, jolla kuvamatriisit yhdistetään. [8; 9.]

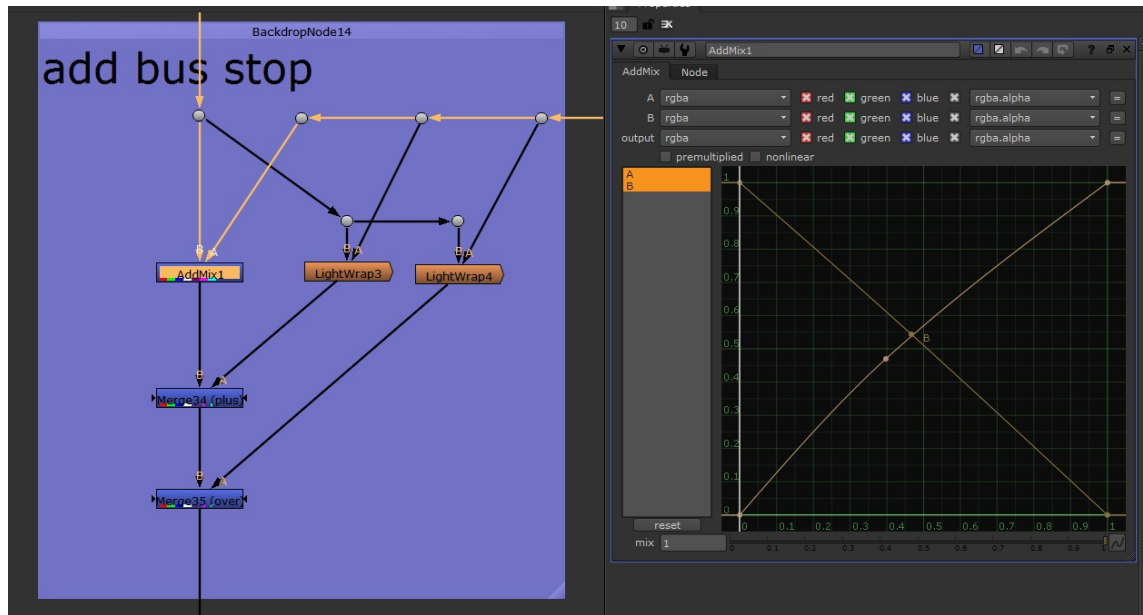


Kuva 14. Nuken Merge-noodi.

Kuvien yhdistämisessä mahdolliset alpha- ja matte-kanavat vaikuttavat siihen, mitkä pikselit R-, G- ja B-kuvamatriisista otetaan huomioon. Lopputuloksena saadaan funktion laskemat uudet R-, G- ja B-kuvamatriisit sekä uusi alpha-matriisi. Maskia käytetään rajaamaan haluttua aluetta, johon Merge-noodin kompositointioperaatio vaikuttaa. Lopputuloksena saadaan uudet värimatriisit ja uusi alpha-matriisi, jotka on laskettu maskia hyödyntäen. Noodipohjaisen kompositoinnin suuri hyöty on mahdollisuus käyttää projektin mitä tahansa kanavia, tuoda niitä mistä tahansa kompositointiskriptin vaiheesta ja syöttää lähes mihin tahansa haluttuun noodiin maskina. [9.]

Noodipohjaisen järjestelmän etuna on mahdollisuus helposti yhdistää vain tiettyjä haluttuja kanavia. On mahdollista yhdistää pelkät punaiset värikanavat, tai sininen ja vihreä värikanava ristiin, vaikuttamalla lopputuloksen alpha-kanavaan tai säilyttäen sen samana A- tai B-kuvalähteestä. Järkevästi rakennetussa kompositointiskriptissä on mahdollista yhdistää värikanavat ja alpha-kanavat erikseen ja säilyttää mahdollisimman suuri kontrolli yhdistysprosesseista. Lisäksi kaikki muut datamatriisit voi yhdistää erikseen ja säilyttää niissäkin haluttu kontrolli joka tilanteessa. Esimerkiksi kahta Z-syvyyskanavalla varustettua kuvalähdettä yhdistäessä usein kannattaa yhdistää RGB-kanavat omalla Merge-noodilla ja Z-kanavat omalla noodilla. Tällä järjestelyllä Z-kanavaa on helppo säätää ilman vaikutuksia värikanaviin.

Yhdistettäessä uusia etualan elementtejä B-putkeen voi Merge-noodin sijasta käyttää myös AddMix-noodia. AddMix on Mergeä vastaava noodin, mutta sillä pystyy lisäksi hallitsemaan lisättävän etualaelementin ja taustan alpha-kanavien gammasäätöjä siten, että kummatkin gammakäyrät näkyvät päällekkäin samassa säätöikkunassa tarjoten visuaalisen avun gamman hallintaan. Päällekkäiset gammakäyrät näkyvät kuvassa 15. Proviva-projektissa etualaelementit kokonaisuuksina liitettiin B-putkeen AddMix-noodilla Merge-noodin sijaan. Tämä lisätty hienosäätö helpotti elementtien upottamisessa kuvaan luomalla sulavat reunat etualaelementeille. Kuvassa näkyy rakenne, jolla bussipysäkkielementti upotetaan taustakuvaan. Samaan hienosäätöön on mahdollista päästä myös ilman AddMix-noodia, mutta se vaatisi jokaisessa käyttötapauksessa monimutkaisen noodirakenteen ennen Merge-noodia ja lisäisi tarvittavien noodien määrää ilman, että siitä olisi skriptin visuaalisessa hahmottamisessa mitään hyötyä. Kuvassa 15 näkyy myös kaksi Lightwrap-noodia, joiden sisältö syötetään B-putkeen. Nämä Lightwrap-noodit ottavat sisään samat putket kuin AddMix-noodi ja luovat efektiä, jolla taustan sävyjä saadaan vuotamaan etualaelementin päälle. [1, s. 181–183.]



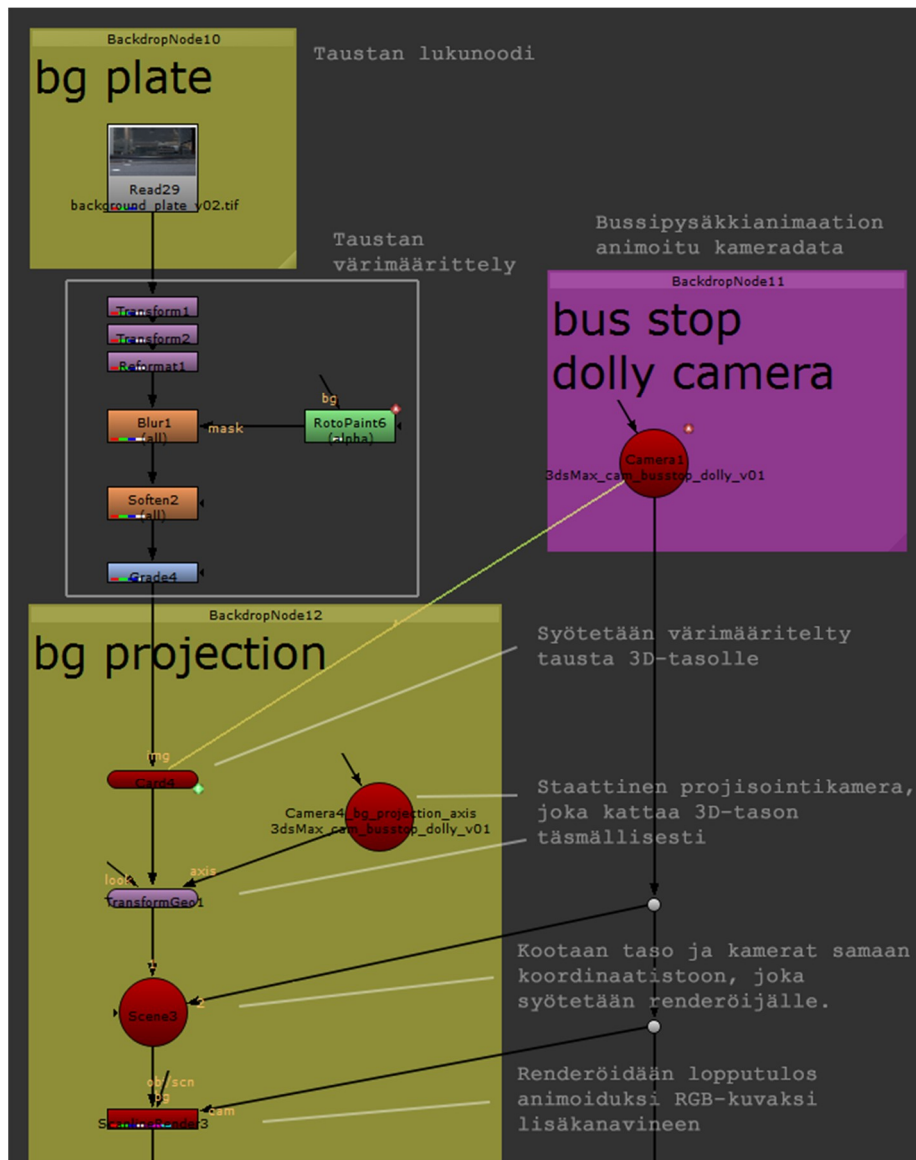
Kuva 15. Vasemmalla rakenne ja AddMix-noodi, joka lisää bussipysäkkielementin taustakuvaan. Oikealla AddMix-noodin sisääntulojen alpha-kanavien gammakäyrät.

Työskentelytapa kannattaa suunnitella etukäteen, sillä noodiympäristö tarjoaa lukuisia tapoja tehdä saman asian päätyen samaan lopputulokseen. Joissakin tapauksissa saattaa olla järkevää säilyttää mahdollisimman paljon dataa samassa B-putkessa ja valita noodikohtaisesti, mihin kanaviin haluaa noodin vaikuttavan. Proviva-projektissa päätettiin erotella RGB- ja datakanaville tapahtuvat operaatiot tilapäisesti omiksi putkiksi. B-putkessa kuljetettiin aina runkorakennetta ja RGB-kanavia, ja tarpeen tullen B-putken rinnalle erotettiin oma putki alpha-kanavan, Z-syvyyskartan ja muiden datakanavien muokkaamisen ajaksi, minkä jälkeen yhdistettiin saatu lopputulos takaisin B-putkeen Merge- tai ChannelCopy-noodeilla.

3.5 Kompositointi 3D-ympäristössä

Proviva kompositointiskriptin runkona on 3D-tasoista rakennettu taustakuva, jonka pohjalta projektin rungon B-putkirakenne alkaa. Kuvassa 16 näkyy, miten taustakuvan projisointi rakennetaan, jotta taustakuva voidaan animoida bussipysäkkielementin 3D-kameran liikkeitä ja linssidataa hyödyntäen. Taustaan saadaan näin sama parallaksi kuin bussipysäkkianimaatioon. Valmiiseen animoituun taustakuvaan lisätään etualaelementtejä siinä järjestyksessä, jossa ne kuvan syvyydessä sijaitsevat, kameraa lähimpänä olevat elementit viimeisenä. B-putkeen lisätään etualaelementit AddMix-noodeilla ja päälle lisätään elementin upottamiseen tarvittavat reunavalotehosteet

(Lightwrap), jotka vuotavat taustan sävyjä uuden etualaelementin reunojen päälle sekoittaen elementin taustan kanssa sulavasti yhteen.



Kuva 16. Taustakuvan projisointi 3D-tasolle ja kuvaaminen animoidun kameran liikkeitä ja lissidataa hyödyntäen.

Kuvaa 16 voidaan lukea ylhäältä alaspäin. Animoidun taustan rakentaminen aloitetaan tuomalla taustakuva Nukeen lukunoodilla. Taustakuvalle suoritetaan rajausta Transform-noodeilla, ja se muokataan projektiin formaattiin sopivaksi Reformat-noodilla. Taustaa pehmennettiin hieman Blur- ja Soften-noodien avulla, jotta katsojan huomio ei kiinnity liikaa taustaan ja jotta kuva ei ole epärealistisen terävä. Grade-noodilla muokataan taustakuvan värisävyjä projektiin sopivammaksi. Grade-, Blur- ja Soften-noodit lisättiin väliin vasta projektin loppuvaiheilla, jolloin kuvaan oli kompositoitu kaikki tarvit-

tavat elementit. Kun kaikki elementit ovat koossa, kuvan hienosäätöön pystyy keskittymään kokonaisuutena.

Kuvan 16 "bg projection" -nimetyllä alueella taustakuvasta tehdään taso 3D-koordinaatistoon. Tason teksturointi tehdään projisoimalla, eli käyttämällä 3D-kameraa diaprojektorin tavoin heijastamaan tekstuuri tason pintaan. Bussipysäkkianimaatiossa kameran liike on kohdetta lähenevä dolly-liike, joten projisointikameran positio saatiin kopioimalla animoidun kameran ensimmäisen ruudun positio. Seuraavissa ruuduissa kamera lähenee kohdetta, joten taso peittää kuva-alan kokonaan. TransformGeonoodin avulla säädettiin tason positio ja rotaatio niin, että taso osoittaa kohtisuoraan projisointikameraa kohden, jotta vältetään perspektiivivirhe. Seuraavaksi Scenenoodilla kerättiin taso, projisointikamera ja animoitu kamera yhteen 3D-koordinaatistoon renderöijää varten. ScanlineRender-noodi renderöi kuvan käyttäen kamerana bussipysäkkianimaation kameran liikettä ja linssidataa. ScanlineRender-noodilta renderöity lähtevä kuva on taustavalokuvan sisältävä RGB-muotoinen animaatio, jossa kameran liike on täsmälleen sama lähenevä dolly kuin bussipysäkkianimaatiossa. Projektin rungon B-putki lähtee ScanlineRender-noodista.

B-putken rinnalla Proviva-projektissa kuljetetaan 3D-avaruuden hallintaan ja koordinaatistoon liittyvät putket ja tarvittavat matte-maskit omissa putkissaan. Aina kun skriptin etualaelementtejä tarvitsee saada työstettyä komposition 3D-avaruudessa, saadaan koordinaatisto ja kameradata helposti linkitettyä oikeaan paikkaan. Kuvan 16 oikeassa alareunassa kameralta lähtevä putki jatkuu suoraan alaspäin läpi projektin B-putken rinnalla. Samoin maskien kanssa työskenneltäessä kaikki tarpeelliset maskit kulkevat läpi komposition helposti hahmotettavissa putkissa. Maskeja sisältäviä putkia kuljetin koko noodipuun oikeassa laidassa. Kun kaikki etualaelementit on upotettu kuvaan, tehdään kuvalle lopullinen värimäärittely. Värimäärittelyvaiheessa on tarpeen muokata etualaelementtien sävyjä ennen niiden lisäämistä B-putkeen lisäämällä värimäärittelynoodeja AddMix-noodien eteen. Kompositointiskriptin lopulla luodaan kuvalle kamera- ja linssitehosteita, kuten heijastuksia, vääristymiä ja raetta. Lopulta valmis kuva renderöidään ja kirjoitetaan kiintolevylle Write-noodilla.

Kuvan kompositointia täytyy usein tehdä 3D-avaruudessa, jotta perspektiivi ja syvyys saadaan luotua oikeanlaiseksi. Proviva-projektissa 3D-renderöity bussipysäkki sisältää jo valmiiksi kamera-ajon bussipysäkkiä kohti, ja kamera-ajon jälkeiset kuvat on kuvattu lähempänä kohdetta. Bussipysäkkiä ja kohdetta upotettaessa taustaan täytyy ottaa

huomioon tarvittava perspektiivi ja parallaksi. Tausta on kaksiulotteinen kuva, joten se täytyy sijoittaa 3D-avaruudessa eri syvyydelle kuin bussipysäkki. Kohde on myös sijoitettava oikeaan paikkaan, bussipysäkin syvyystasolle. Bussipysäkin takana ja edessä vilisevät autot täytyy samoin sijoittaa niitä vastaaville syvyystasoille. Kamera-ajoon saa luotua oikean parallaksin näillä sijoittelulla, ja myöhemmät kuvat voidaan tehdä saman taustakomposition päälle käyttämällä niitä varten tehtyjä renderöintejä ja kuvattuja pätkiä.

Nukessa 3D-ympäristössä tapahtuva kompositointi onnistuu helposti, sillä ohjelmisto on natiivisti 3D-pohjainen. Monimutkaisuutta aiheuttaa se, että 3D-operaatiot täytyy myös tehdä noodien avulla. Tämä toimintatapa on äärimmäisen kätevä, mutta sen omaksuminen ja hahmottaminen vaatii hieman keskittymistä Nuken 3D-maailmaan. Yksittäisiä 3D-noodeja voi käyttää erillisinä tapauksina, mutta 3D-noodin kuva on aina renderöitävä esimerkiksi ScanlineRender-noodilla tavalliseksi kuvamatriisiksi. Jos useita objekteja haluaa yhdistää samaan renderöintiin, on käytettävä Scene-noodia yhdistämään objektit samaan 3D-avaruuteen, jonka ScanlineRender-renderöijänoodi renderöi. Tästä syystä voi olla välillä hankala erottaa, mitkä putket kuljettavat 3D-avaruuden dataa yhdistäen objekteja Scene-noodeihin ja kameroihin ja mitkä putket kuljettavat kuvamatriisidataa. Kuten kuvassa 16 näkyy, kaikki putket näyttävät samalta siitä riippumatta, minkälaista dataa niissä kulkee. Lisäksi on ymmärrettävä, että ScanlineRender-noodi renderöi pelkästään 3D-avaruuden kameran tuottamaa kuvaa kuvamatriisiksi ja syöttää sen ulos putkeen. Jos kuvan haluaa kirjoittaa levyille, se täytyy silti renderöidä ulos nukesta kuvatiedostoiksi Write-noodilla. [8; 9.]

Nuken 3D-ympäristö on erittäin monipuolinen siitä syystä, että koska lähes koko projekti on 3D-avaruudessa työستetty, sen voi renderöidä pala palalta erillisillä renderöintinoodilla ja sen jälkeen kompositoida renderöidyt osat yhteen. ScanlineRender-noodi on hyödyllinen työkalu myös Z-syvyyskarttoja luotaessa, sillä sen ja 3D-objektien avulla voi luoda syvyyskartan, jota käyttää kaksiulotteisen kuvan yhteydessä luoden kuvalle syväterävyyttä. Muita hyödyllisiä käyttötarkoituksia on esimerkiksi kameran liikkeen aiheuttavan liike-epäterävyyden luomisessa. Proviva-projektissa ScanlineRender-noodia käytettiin muun muassa taustan parallaksin luomiseen ja kohteen liittämiseen oikealle syvyystasolle bussipysäkin kanssa niin, että kameradata tuotiin 3DS Max -ohjelmasta bussipysäkin renderöintiin tarkoitetusta tiedostosta. Näin saatiin ylläpidettyä sama yhtenäisen kameran liike ja positio koko komposition läpi niin, että sitä dataa oli helppo hyödyntää mitä tahansa elementtiä liitettäessä kompositioon.

4 Kuvan koostaminen

4.1 Tausta

Proviva-projektin työstäminen aloitettiin taustasta, sillä se helpottaa jatkossa muiden elementtien sovittamista kuvaan. Taustana toimii esikäsitelty kuva autotiestä ja sen takana näkyvistä rakennuksista ja taivaasta (kuva 17). Taustakuvasta oli valmiiksi poistettu autot ja jalankulkijat, taivas oli muutettu ja sävytystä oli säädetty.



Kuva 17. Esikäsitelty taustakuva.

Taustakuvassa näkyvälle autotielle upotettiin jalankulkusaareke ja bussipysäkki, näyttelijä bussipysäkillä sekä liikkuvien autojen valojuovia. Varsinainen tapahtumien keski-kohta on näyttelijä bussipysäkillä, joten se alue täytyy saada erottumaan kuvasta. Taustakuvan geometrian 3D-mallintamista harkittiin syvyyskartan luontia varten. Syvyyskartan luominen taustakuvalla mahdollistaisi syväterävyyden luomisen niin, että taustakuvassa olisi eri syvyystasoja käytettävissä. Päädyttiin kuitenkin siihen johtopäätökseen, että taustan syvyyskartta ei ole tarpeellinen, sillä syväterävyyden voi luoda käsin, koska projekti rakentuu vain muutamista eri syvyystasosta.



Kuva 18. Vasemmalla alkuperäinen taustakuva, oikealla sävytetty ja epäterävöitetty tausta.

Taustan haluttiin olevan hieman epäterävä, jotta kohdealue tulee paremmin esille. Otaen huomioon liikenteen valokuovat ja etualaelementit, kuten sateen ja pölyn, tultiin siihen johtopäätökseen, ettei katsoja huomaisi juurikaan eroa lopullisessa kuvassa, vaikka taustassa itsessään ei olisi eri syvyystasoja. Lisäksi oikea linssi käyttäytyisi tilanteessa siten, että tarkan ja epäterävän syväterävyysalueen siirtymäalue ei ulottuisi taustan rakennuksiin saakka, vaan ne olisivat kaikki täysin epäterävällä alueella. Taustakuvassa oleva aita saattaisi olla terävän ja epäterävän siirtymäalueella ja siten hieman terävämpi kuin taustan rakennukset. Sen muoto on kuitenkin niin yksinkertainen, että on helpompaa ja nopeampaa käyttää maskia apuna sen epäterävyyden säätämiseen. Aita on myös samalla korkeudella kuin autojen valokuovat, joten aita ei tule juurikaan näkymään kuvassa. Kuvassa 18 näkyy vasemmalla alkuperäinen kuva ja oikealla elementtikohtainen kevyt muokkaus, joka taustalle tehtiin, jotta sen saa helpommin sulautettua osaksi lopullista kuvaa.

4.2 3D-elementtien multipass-kompositointi

Proviva-projektin 3D-renderöidyt bussipysäkkikuvat on renderöity kerroksittain, mikä tarkoittaa sitä, että kuvan valon ja värin ominaisuudet on eritelty erillisiksi kerroksiksi, jotka sijaitsevat erillisissä tiedostoissa. Kompositoinnissa nämä erilliset kerrokset yhdistetään takaisin yhdeksi kuvaksi. Eri renderöintikerrokset näkyvät eroteltuina kuvassa

19. Multipass-renderointi ja -kompositointi mahdollistavat 3D-renderöidyn kuvan muokkaamisen jälkikäteen ilman pitkiä renderointiaikoja. Kuvaa on mahdollista käsitellä paljon monimutkaisemmin kuin tavanomaista kuvaa, sillä halutut kuvaoperaatiot voi kohdistaa vain tietyn kuvakerroksen tiettyyn osaan. Samalla jokaisen kerroksen vaikutus kuvaan on säädettävissä. [10.]



Kuva 19. Bussipysäkin renderointikerrokset ja niistä yhdistetty komposiittikuva.

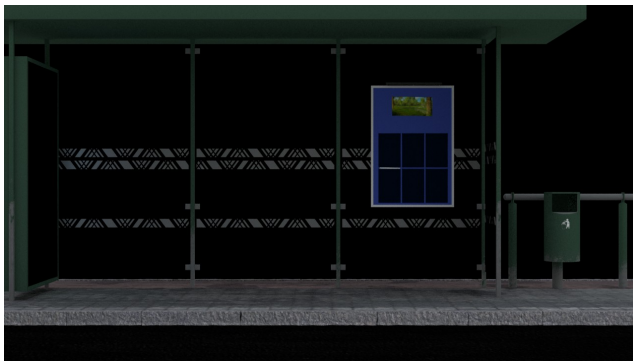
Laajassa bussipysäkkikuvassa erillisiä renderointiosia oli kolme, joista kahdessa oli lukuisia kerroksia ja yhdessä vain kaksi tarpeellista kerrosta. Bussipysäkki ja maa sen edessä on renderöity erikseen. Kolmas renderointi sisältää bussipysäkin mainoskylttiin vaihdettavan mainostekstuurin. Ennen jokaista multipass-kompositointioperaatiota oli bussipysäkin ja maan renderointikerrokset yhdistettävä yhdeksi kerrokseksi.

Multipass kerrokset ja niiden yhdistelmät yhdistetään Nukessa Merge-noodilla ja sen Plus-kompositointioperaatiolla. Multiply-operaatiota käytetään multipass-kerrosyhdistelmien luonnissa. Pohjana käytetään diffuse-kerrosta, joka sisältää pelkästään kuvan väri- ja tekstuuritiedon. Tässä tapauksessa diffuse-kerros luotiin yhdistämällä se bussipysäkin ja maan erillisistä renderöinneistä. Seuraavaksi diffuse-kerros kerrotaan (Multiply-operaatio) valaistuskerroksella (RawLighting) ja Global Illumination -kerroksella (GI), jolloin syntyvät suoran ja epäsuoran valon multipass-yhdistelmät. Suoran valon yhdistelmäkerros näkyy kuvassa 20 ja epäsuoran valon kerros kuvassa

21. Suora valaistuseros sisältää tiedon suorasta valosta ja varjoista. Global Illumination -kerros (GI) sisältää tiedon epäsuorasta valosta eli valosta, jonka lähteenä on taivas ja kaikki pinnat, jotka aiheuttavat valon heijastumista. Kaksi kertolaskuna syntyntä värillistä valaisukerrosta yhdistetään Plus-operaatiolla toisiinsa, jolloin muodostuu lopullinen valaisukerros. Tässä vaiheessa kuvassa on tekstuurit sekä suora ja epäsuora valaisu. [12.]



Kuva 20. Proviva-projektin bussipysäkin diffuse-renderöintikerros kerrottuna suoran valaistuksen renderöintikerroksella.



Kuva 21. Proviva-projektin bussipysäkin diffuse-renderöintikerros kerrottuna epäsuoran valaistuksen renderöintikerroksella.

Tässä vaiheessa kuvaan on mahdollista lisätä myös Ambient Occlusion -kerros (AO), joka on nopeammin renderöity epäaito versio Global Illumination -kerroksesta. Ambient Occlusion pyrkii matkimaan objektin pinnoilla erittäin pehmeään valonlähteen aiheuttamaa varjostusta. Ambient Occlusion -kerrosta on mahdollista käyttää Global Illumination -kerroksen sijaan, jos GI-kerrosta ei ole käytettävissä. AO-kerrosta on mahdollista käyttää myös taiteellisena keinona kuvaa muokattaessa, sillä sen avulla voi luoda kuvalle lisää tilavaikutelmaa muokkaamalla 3D-geometrian nurkka-alueiden kontrasteja. AO perustuu keskiarvojen laskentaan, jossa tutkitaan näytteenottopisteestä lähetetty-

jen valonsäteiden kulkua. Säteitä suunnataan näytteenottopisteestä jokaisen pinnan normaalin suuntaan ja tutkitaan, mitkä säteet eivät pysähdy geometriaan raja-arvoetäisyyksien sisällä. Näytteenottopisteelle lasketaan keskiarvo sen mukaan, kuinka suuri osa säteistä pysähtyy geometriaan. Mitä suurempi osa säteistä ei pääse matkaamaan vapaasti, sitä tummemman AO-arvon näytteenottopiste saa. [13; 14.]

Kun valaistus on valmis, lisätään kompositioon kuvaheijastukset, valon heijastukset, valon taittumiset ja itsevalaisevat pinnat. Kuvaheijastuksia lisättäessä yhdistettiin maan heijastusten lisäksi myös korvattavan mainoskyltin heijastus pysäkin lasipinnoista. Mainoskyltin heijastuksesta oli oma renderöinti, mutta siihen piti luoda maski, jotta renderöinnistä saatiin poimittua vain mainoskyltin heijastus eikä muita heijastuksia. Näiden lisäksi poistettiin lasiheijastuksista näyttelijän siluetin muotoinen alue, jonka sijainnin muokattiin silmämääräisesti vastaamaan näyttelijän heijastusta. Todellisuudessa heijastuksena kuuluisi näkyä näyttelijän selkäpuoli peilikuvana, mutta koska sitä kuvakulmaa ei ollut olemassa, käytettiin heijastukseen instanssia näyttelijäkuvasta. Instanssista luotiin siluetti tummentamalla sitä Grade-noodin multiply-parametrilla, ja se yhdistettiin luotuun heijastuskerrokseen Over-kompositointioperaatiolla. [12.]

Bussipysäkin lasien läpi näkyvä kuva taittuu lasin pinnan muotojen perusteella. 3D-renderöidyssä pysäkissä näille taittumille oli oma kerros, jossa taustakuva näkyi, mutta ylösalaisin. Sen sijaan, että tausta näkyisi pelkästään taittuneena lasien läpi, päätettiin lisätä ylösalaisin olevan taittumiskerros taustan päälle, jotta lasi saisi näkyvää pintarakennetta. Seuraavaksi kuvaan lisättiin vielä specular-kerros, joka sisältää valon heijastumiset pinnoilta ilman heijastunutta kuvaa. Specular-kerroksen avulla 3D-pinnat saavat paljon tilan tunnetta ja kolmiulotteisuutta. Itsevalaiseva elementti bussipysäkkikuvassa on mainoskyltti, joka hohtaa valonlähteenä. Muokattu itsevalaiseva kerros lisättiin kuvaan korvaten alkuperäisen 3D-renderöinnin itsevalaiseva kerros Proviva-tekstin ja -logon sisältävällä versiolla renderöinnistä. Viimeiseksi bussipysäkkikompositioon lisättiin ShuffleCopy-noodilla bussipysäkin alpha-kanava, joka määrittää bussipysäkin lasien läpinäkyvyyden ja sen, mitkä osat bussipysäkkikuvasta lisätään myöhemmin taustakuvan päälle.

Multipass-kerrosten hienosäätöön käytettiin Grade-noodin multiply-parametriä tai joissakin tapauksissa pelkkää Multiply-noodia. Niiden avulla säädetään, minkä verran lisätävä kerros näkyy kuvassa. Multiply-operaatio pitää suorittaa ennen kerroksen lisäämistä B-putkeen. Bussipysäkin multipass-kompositio oma B-putki lähti diffuse-

renderöintikerroksesta, ja lopuksi se lisätään komposition rungon B-putkeen. Tässä vaiheessa Multiply-noodien säädöt tehtiin vasta karkeasti, sillä niitä kannattaa hienosäätää vasta, kun koko kompositio on koostettuna. Siten näkee säätöjen vaikutuksen lopulliseen tulokseen parhaiten.

4.3 Elementtien upottaminen ympäristöön

Kuvaelementtien upottamiseksi taustaan käytettiin elementtikohtaista värimäärittelyä Grade-noodilla. Elementtien sävyt muokattiin yhteneviksi, jotta ne sopivat paremmin kokonaiskuvaan. Kompositioon lisättävien elementtien alpha-kanavia muokattiin tarvittaessa pehmentämällä niiden reunoja tai ohentamalla reunoja pikselin verran sisäänpäin. Alpha-kanavaa muokkaamalla elementin reunat saadaan sopivan pehmeiksi, jotta elementti ei erotu kuvasta irrallisena osana. AddMix-noodin alpha-kanavan gammakorjauksella tehtiin vielä hienosäätö tarpeen mukaan.

Pelkän alpha-kanavan muokkaus ei kuitenkaan yksin riitä, sillä lisätty elementti ei monesti ole reunojen lähistöltä valaistuksellisesti täysin ympäristöön sopiva. Lightwrap-noodia käyttämällä saatiin taustalla olevat sävyt vuotamaan lisättävän elementin reunojen päälle. Kuvassa 22 näkyy Lightwrap-noodilla tehty valovuoto roskakorin ympärille. Lightwrapin avulla esimerkiksi taustan ollessa etualaa kirkkaampi taustan valo saadaan vuotamaan etualaelementtien reunojen päälle.

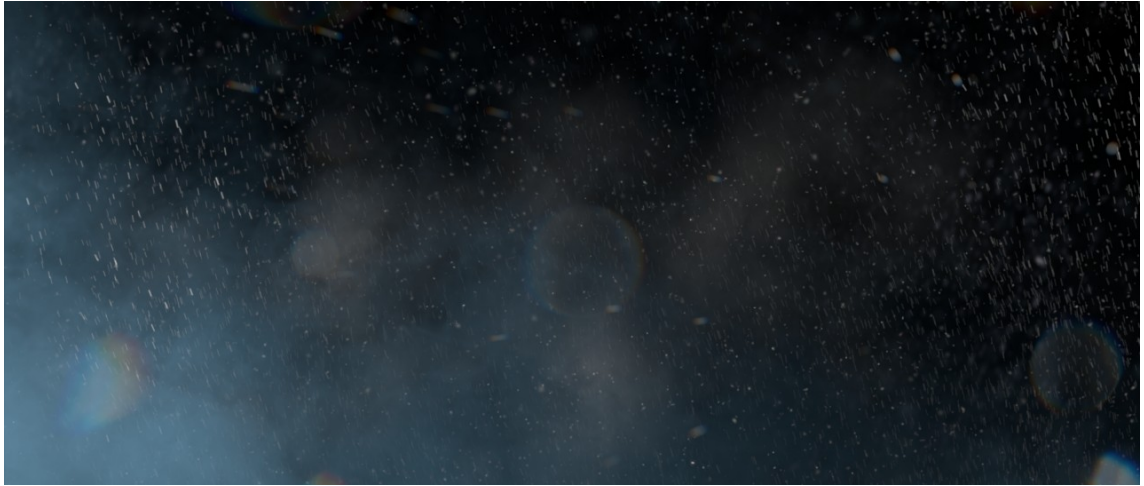


Kuva 22. Lightwrap-noodilla tehty valon vuoto elementtien päälle ja ChromaSmear-noodilla tehty dispersioilmiö.

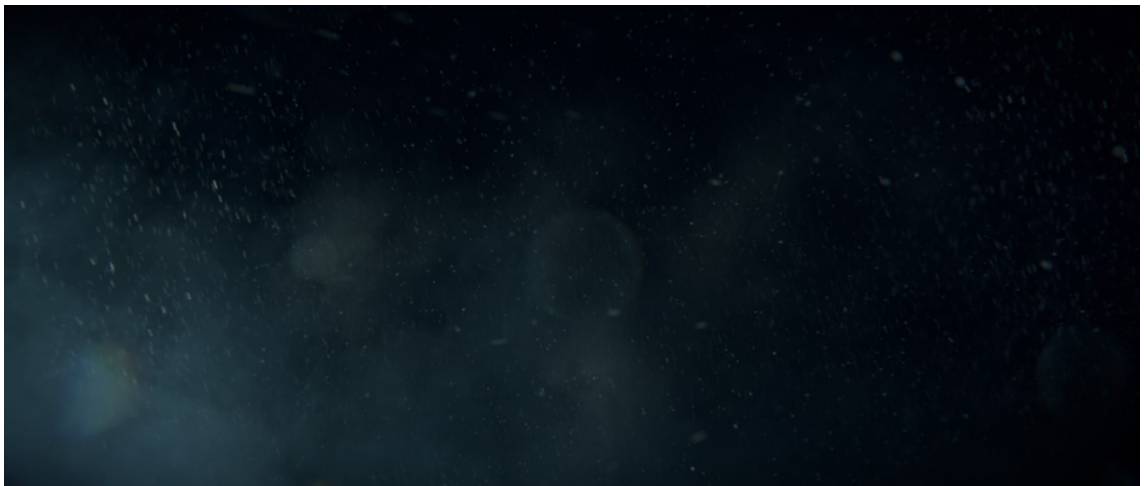
Projektissa käytettiin monen elementin kohdalla kahta Lightwrap-noodia, joista toisella sulautetiin elementin reunoja taustan kirkkaudesta huolimatta ja toisella luotiin elementin päälle vuotavaa valoa tilanteissa, joissa tausta oli huomattavan kirkas.

4.4 Etuala ja täyttömateriaali

Proviva-projektin tunnelmaa luotiin toteuttamalla synkän oloinen sadepäivä. Sade ja ilmkehän tehosteet luotiin kompositoimalla kuvaan erillisiä sade-, pöly-, savu- ja linssi-tehoste-elementtejä. Taustalle bussipysäkin taakse liitettiin kolme koko ruudun kokoista sade- ja pölyelementtiä. Koko projektin etuala luotiin yhdeksää elementtiä käyttäen. Myös kaikki yhdeksän etualaelementtiä olivat koko kuvapinta-alan kokoisia. Kuvassa 23 näkyvät kaikki sade- ja ilmkehäelementit yhdistettynä ja kuvassa 24 sama yhdistelmä värimäärittelyn ja linssitehosteiden kanssa.



Kuva 23. Kaikki sade- ja ilmakehäelementit yhdistettynä ja muokattuina.



Kuva 24. Sade- ja ilmakehäelementit projektin lopullisen värimäärittelyn ja linssitehosteiden kanssa.

Etualaelementtejä on paljon, ja niiden synnyttämä yhdistelmä on melko tiivis ja intensiivinen, kuten kuvassa 23 näkyy. Tätä yhdistelmää kuitenkin muokataan sopimaan kuvakokonaisuuteen. Kuvassa 24 näkyvät etualaelementit lopullisen värimäärittelyn ja linssitehosteiden kanssa. Vinjetointi vähentää sateen ja pölyn näkyvyyttä huomattavasti, jotta se ei ole liian paksua ja peitä lopullisen kuvan muita elementtejä alleen. Värimäärittely saa myös etualan näyttämään dynaamisemmalta eikä niin harmaalta, jolloin savu ja sade eivät peitä kuvaa täysin.

Etualan kompositointioperaatiot saavat myös aikaan sen, ettei savu ja pöly näytä kaksiulotteiselta kerrokselta. Screen-kompositointimoodilla saadaan savu käyttäytymään

dynaamisemmin taustalla olevan kuvan kanssa. Elementit pyrittiin valitsemaan siten, että ne tukevat toisiaan. Sade ei ole pelkkää nopeaa sadetta, vaan siihen lisättiin pienempiä leijailevia pisaroita tai hiukkasia korostamaan kosteuden ja lian määrää ilmassa. Savulla ja pölyllä saatiin myös aikaan vaikutelma, että ohi kiihtävät autot nostavat märästä maasta veden pöllyten ilmaan. Etualaa rakennettaessa otettiin huomioon kuvan yleinen sommittelu niin, että savu pyrittiin keskittämään kuvan vasempaan puoleen. Tämä tukee kuvan valaisua, joka on kirkkaampi kuvan vasemmassa reunassa ja himmenee oikealle mentäessä.

5 Jälkikäsitely

5.1 Syvyyden luonti

Proviva-projektin viimeistelyssä syvyytsvaikutelma päätettiin tehdä pääpiirteissään käsin. Projektin elementit sijoitettiin 3D-avaruudessa eri syvyytasosille jo työn alkuvaiheessa. Näin luotiin oikea parallaksi kamera-ajolle. Syväterävyyden jäljittelyssä harkittiin yhtenäisen syvyysskartan luomista, mutta koska projektin rakenne on yksinkertainen, päädyttiin siihen, että käsin tehtävä epäterävöittäminen on riittävää. Kaikkia luvussa 5 kuvattavien tekniikoiden lopputuloksia on näkyvillä liitteessä 2 olevissa valmiin Proviva-projektin ruutukaappauksissa.

Elementtien terävyyttä muokattiin sen mukaan, millä syvyytasolla ne sijaitsevat. Takalalla bussipysäkkielementin ja taustan välissä käytettiin satunnaisten valopisteiden tuike-animaatiota, jota pehmentämällä ja kirkastamalla lisättiin kuvaan bokeh-ilmion jäljittelyä. Taustakuvan epäterävöittämistä kokeiltiin tavallisella konvoluutiosuodatuksella ja monimutkaisemmalla linssin toimintaa jäljittelevällä epäterävöityksellä. Linssin toimintaa jäljittelevä epäterävöitys loi paremman lopputuloksen, mutta vasta jos taustaa sumennettiin niin paljon, että bokeh-ilmio alkoi hieman erottua. Taustan ei kuitenkaan haluttu olevan liian epäterävä, joten päädyttiin käyttämään laskentatehokkaasti huomattavasti edullisempaa Gaussin konvoluutiopehmenystä.

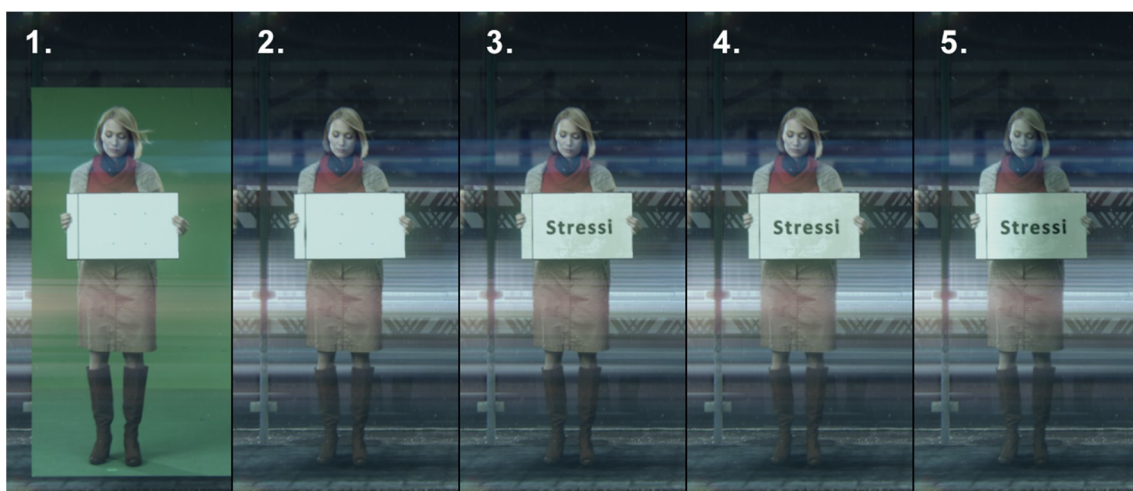
Syvyytsvaikutelmaan vaikutettiin myös elementtien valoisuudella ja värikylläisyydellä. Mitä kauempana linssistä elementti sijaitsee, sitä synkemmäksi se muokattiin. Värikylläisyyttä säädettiin niin, että mitä kauemmaksi kamerasta mentiin, sitä enemmän värikylläisyyttä vähennettiin. Näyttelijää kuitenkin muokattiin hieman kevyemmin, jotta henkilöstä saatiin huomion keskipiste ja kyltit näyttelijän kädessä saatiin erottumaan hyvin.

5.2 Valaisu

Elementtien valaisua muokattiin niin, että ne sopisivat ympäristöön mahdollisimman hyvin ja tukisivat kuvakokonaisuutta. Suurin valaisumuutos tehtiin näyttelijäelementtiin, jota muokattiin niin, että bussipysäkin mainoskyltti valaisee näyttelijän vasemman puolen kirkkaammaksi. Muilta osin valaisullisesti pyrittiin tasaiseen valoon, joka näyttäisi

siltä, että se olisi illan viimeistä taivaan sinertävää himmeää hajavaloa ja suurimmaksi osaksi katuvalojen hieman turkoosinvihertävää kaasupurkauslamppujen valoa.

Kuvassa 25 näkyy näyttelijäelementin valaisun ja reunojen vaiheittainen muokkaus. Ensimmäisenä vasemmalla näkyy chroma-elementti upotettuna ympäristöön. Valojuovat, sade ja pöly ovat muita kompositointielementtejä, jotka näkyvät näyttelijäelementin päällä. Vaiheessa 2 chromatausta on poistettu ja reunat näyttelijän ympärillä pehmenetty. Pehmentämällä reunat luodaan pohja hyvälle valaisulle. Vaiheessa 3 kyltteihin liitettiin kuvat, jotta valaisu tehdään lopulliselle elementtien yhdistelmälle. Vaiheessa 4 säädetään valon käyttäytymistä elementin reunoilla. Lightwrap-noodien luoma valon vuotoilmiö näkyy näyttelijän reunoilla. Vaiheessa 2 tapahtunut reunojen pehmenitys tehtiin pohjustuksena tälle vaiheelle. Viimeisessä vaiheessa elementin sävyt, kirkas piste ja tumma piste säädetään kokonaiskuvaan sopivaksi, niin että varjot ja kirkkaat alueet täsmäävät muun kuvan varjojen kanssa. Sävytykselle pyrittiin saamaan elementti näyttämään siltä, että se olisi valaistu ympäristössä olevilla valonlähteillä. Mas-kin avulla näyttelijän kuvassa katsottuna oikea puoli tummennettiin, jotta se vaikuttaisi olevan bussipysäkin valomainoksen varjopuolella.



Kuva 25. Proviva-projektin näyttelijäelementin valaisu vaiheittain eroteltuna.

Bussipysäkin valomainos yritettiin luoda jäljittelemään aavistuksen vihertävää loisteputkivaloa, mutta kuitenkin säilyttäen kirkkaan sävyn. Valomainokseen muokattiin Proviva-mainoskuva, joten sen haluttiin erottuvan bussipysäkin ankeasta valotunnelmasta huolimatta kirkkaana ja vahvasti valaisevana elementtinä. Tämän saavuttamiseksi kirk-

kaan valon linssissä ja silmän optiikassa aiheuttamaa hehkuilmiötä korostettiin valomainoksen ja näyttelijän valkoisten kylttien kohdalla.

Kuvan yleisilmeeseen luotiin valaisu, joka on kirkasta vasemmalla olevassa valomainoksessa ja hiljalleen himmenee kohti kuvan oikeaa reunaa kohden. Näin kuva ei näytä liian tasapaksulta tai litteältä, vaan siihen saa epäsymmetrisen tasapainon, joka tukee kuvan rajausta ja sommittelua, jossa huomion keskipiste on sijoitettu kuvan keskipisteestä vasemmalle. Ohi kiihtävien autojen valot saavat kuvan valaistuksen elämään, ja niiden liittämässä kuvaan päädyttiin käyttämään screen-kompositointioperaatiota, jotta saatiin hiukan jäljitelyä valokuuvien valaisevan bussipysäkkiä ja näyttelijää. Bussipysäkin lasiseinissä olevien harmaiden kuvioiden haluttiin käyttäytyvän hiukan kuin savulasin, joten niiden haluttiin reagoivan valoon hiukan eri tavalla kuin muun taustan. Screen-kompositointioperaatiosta oli hyötyä tässäkin tapauksessa.

5.3 Linssi- ja kameratehosteet

Proviva-projektissa jäljiteltiin kameran linssille tyypillisiä ilmiöitä, kuten vinjetointia, kuvan pehmenystä ja dispersioita. Vinjetoinnin avulla kuvan valaisua ja yleisilmettä korostettiin nostamaan näyttelijä ja Proviva-mainos huomion kohteiksi. Kuvan reunoja tummennettiin gammakorjauksella, jota rajattiin maskin avulla. Gammakorjaukseen päädyttiin, sillä se ei pimennä tummia alueita liian mustaksi eikä tee kirkkaista alueista harmaita. Vinjetointiefektin tehostamiseksi samaa gammakorjauksen maskia käytettiin lisäksi tummentamaan kuvan reunoja soft light -algoritmin avulla, joka muokkaa kuvan kirkkautta värien mukaan [8, s. 202].

Kuvan haluttiin olevan sopivan pehmeä eikä liian digitaalisen terävä. Pehmenystä ei silti haluttu liikaa, jotta kuva ei näyttäisi suttuiselta. Pehmennys päädyttiin tekemään samalla dispersion kanssa, jolloin dispersion aiheuttama osittainen värisiirtymä loi pehmeyttä kuvaan. Dispersio on ilmiö, jossa valon eri aallonpituudet kulkevat väliaineessa eri nopeudella aiheuttaen eri aallonpituuksille eri taittuman. Jotkut kameran linssit saavat dispersiota aikaan kuvan reunoilla, ja tätä lähdettiin jäljittelemään myös Proviva-projektissa. [15.]

Dispersio luotiin Luc Julienin kehittämällä ChromaSmear-noodilla (<http://www.nukepedia.com/gizmos/filter/chromasmear>). ChromaSmear pohjautuu liike-

epäterävyyteen, joka pidetään jatkuvasti samana kuvan ja kameran liikkeistä huolimatta. ChromaSmear-noodin avulla voi vaikuttaa eri värikanavien liike-epäterävyyden määrään, jolloin lopputuloksena syntyy jäljitely dispersion kaltainen efekti. Lopputulos, josta osan voi erottaa kuvassa 22, ei synny siirtämällä eri aallonpituuksia vastaavia värejä, joten tehoste ei ole aito. Jos sitä kuitenkin käyttää hillitysti siten, etteivät yksittäiset punainen ja sininen värikanava erotu liikaa, näyttää lopputulos riittävän uskottavalta. Tehostetta käytettiin vain kuvan reunoilla jäljitellen linssin käytöstä.

Dispersiotehostetta käytettiin myös osassa etualaelementtejä. Etualalle lisättiin elementtejä, jotka jäljittelevät bokeh-ilmiötä, jonka linssin pinnalla tarkennusalueen ulkopuolella olevat vesipisarat aiheuttaisivat. Vesipisara toimii samalla myös linssinä, ja pyöreytensä vuoksi linssin pinnalla oleva vesipisara aiheuttaa yleensä huomattavan dispersioilmiön, joka näkyy syntyneen bokeh-kuvion väreissä. ChromaSmear-noodin avulla näihin bokeh-elementteihin luotiin vahva dispersio, joka myös pehmennettiin hieman huomaamattommaksi.

Lopuksi kuvaan luotiin vielä hieman kevyttä raetta vähentämään kuvan digitaalisuutta. Rakeesta yritettiin tehdä niin huomaamaton, että sen tehtäväksi jää vain avustaa kuvan yhtenäistämässä. Rae luotiin FilmGrain-noodilla, joka jäljittelee filmiraetta skannattujen raenäytteiden pohjalta. Rakeella ei kuitenkaan yritetty saada kuvaa jäljittelemään filmiä, joten rakeen määrä pidettiin vähäisenä ja lähes näkymättömänä. Nederhorst [16] perustelee opetusmateriaalissaan raetta tärkeänä tunnelman luojana. Myös Proviva-projektissa rakeen ajatuksena pyrittiin luomaan kuvalle tunnelmaa ja olemusta siten, ettei mikään alue kuvassa saisi täysin staattista ja tasaista sävyä. Staattiset alueet näyttäisivät helposti liian kliinisiltä, eikä se auta uskottavan kuvan luonnissa.

5.4 Värimäärittely

Viimeisenä vaiheena kompositoinnissa tehtiin lopullinen värimäärittely. Värimäärittelyllä luotiin kuvalle haluttu värimaailma ja muokattiin kuvan valaisu näyttämään halutun sävyiseltä. Värimäärittely tehtiin useassa eri vaiheessa. Ensin kuvan elementtikohtaista värimäärittelyä säädettiin Grade-noodeilla ennen elementtien kompositointia projektin runkoon. Kun kuvasta saatiin tarpeeksi tasaisen sävyinen, luotiin lopullinen värimaailma Grade-noodien avulla projektin noodipuun lopulla. Lopullisen värimaailman näyttäessä sopivalta palattiin tarpeen tullen vielä elementtikohtaisiin värimäärittelyihin hie-

nosäättämään elementtejä niin, että ne saatiin sopimaan lopulliseen sävytykseen mahdollisimman hyvin.

Värimäärittelyllä pyrittiin tuomaan esiin ympäristön olemus pölynhiukkasineen ja sade- pisaroineen. Raja-arvoja asetettaessa vältettiin täysin mustaan ja valkoiseen päätymistä, kuten Nederhorst [16] kehottaa opetusmateriaalissaan. Kuvan mustia alueita nostettiin siten, että niissä näkyy ilma volumetrisen kaltaisena hentona usvana, mikä luo kuvalle olemusta. Näin välttyttiin liian kirkkailta ja puhtailta sävyiltä, samalla korostaen sitä, että kuvan ilmakehä ei ole tyhjä. Kuvan lopullinen luonne rakentuu hyvin pitkälti näiden pienten hienosäätöjen avulla. Ilmakehän volumetrisuutta rakennettaessa pyrittiin karkeasti jäljittelemään valon pehmeyttä ja käyttäytymistä väliaineessa. Teknistä mallia valon käyttäytymiselle otettiin silmämääräisesti Jaroszin [17] tutkimuksesta, käyttämättä kuitenkaan tutkimuksessa mainittuja fotorealistic renderöintimalleja.

Värimäärittelyvaiheessa kuvalle suoritettiin raja-arvojen asettaminen Softclip-noodin avulla. Koska Nuke toimii 32-bpc float -väriavaruudessa pikselit voivat saada arvoja, jotka ovat tummempia tai kirkkaampia kuin mitä lopullinen kuvaformaatti pystyy tallentamaan. Nuke osaa näyttää, mitkä alueet kuvasta ylittävät raja-arvot, ja niitä alueita voi korjata esimerkiksi maskien avulla. Näin voidaan välttää kuvan yli- tai alivalottuminen ja kuvainformaation menetys renderöitäessä valmista kuvaa. Grade-noodeilla työskennellessä kuva säädettiin niin, ettei suuria raja-arvojen ylittäviä alueita ole. Loput todella pienet kirkkaat ylivalottuvat ja tummat alivalottuvat yksityiskohdat korjattiin Softclip-noodin avulla. Lopullisen värimäärittelyn vaikutuksen näkee kuvassa 26, jossa vasemmallalla puolella näkyy Proviva-projektin raaka kompositio. Kuvassa oikealla näkyy sama ruutu linssitehosteiden ja lopullisen värimäärittelyn kanssa.



Kuva 26. Kuvassa oikealla linssitehosteiden ja lopullisen värimäärittelyn vaikutus lopputulokseen Proviva-projektissa.

Proviva-projektin värimäärittely tehtiin pääasiassa silmämääräisesti, hakien kuvalle mielekästä visuaalista ulkoasua. Tummia ja kirkkaita ääripäitä määritettäessä käytettiin kuitenkin mittareita tutkimaan pikselien väriarvoja, jotta saatiin dynamiikka mahdollisimman laajasti käyttöön ilman raja-arvojen ylityksiä. Väriarvojen mittauksia suoritettiin suurimmaksi osaksi ColorLookup-noodilla ja Nuken Viewer-kuvamonitorilla. Kuvan visuaalisessa arvioinnissa käytettiin sen uskottavuutta ja taiteellista miellyttävyyttä. Haastetta lisää se, että viimeistään kompositoinnin loppuvaiheissa alkaa sokeutua omalle työnjäljelle, kun on tullut katseltua samaa kuvaa ja projektia päiväkausia.

6 Yhteenveto

Jokainen kompositointiprojekti on erilainen, eikä niiden toteutukseen ole yhtä valmista kaavaa, jota noudattaa. Noodipohjainen kompositointi tarjoaa laajat mahdollisuudet toteuttaa samoja asioita eri tavoilla samalla mahdollistaen parhaan projektikohtaisen työnkulun valinnan. Taiteellisessa työssä tästä on suuri hyöty, sillä se estää kaavoihin kangistumista. Kun uusi projekti tulee vastaan, voi työnkulkua muuttaa helposti osittain tai kokonaan vastaamaan uuden projektin vaatimuksia, samalla pitäen mielen virkeänä myös teknisellä tasolla.

Taitavaksi kompositoijaksi ei tulla hetkessä, eikä pelkkä tekniikan osaaminen riitä. Tekniikkaa tulee käyttää työkaluna, jolla päästään haluttuun lopputulokseen ilman esteitä. Itse huomasin noodipohjaisen kompositoinnin helpottavan kompositoinnin oppimisprosessia kokonaisuudessaan, sillä projektia ja sen haasteita tulee pohdittua laajemmassa mitassa etsiessä eri ratkaisutapoja. Kerroksittaista kompositointia tehdessä ennen tuli käytettyä aikaa miettiessä, miten haasteet saa kierrettyä helpoiten ennalta määritellyillä tekniikoilla, kun nykyään tulee sen sijaan pohdittua, millä tekniikalla haasteet olisi järkevintä ratkaista ja ottaa niistä samalla kaikki hyöty. Ennen kompositointi tuntui välillä esteeltä, jonka yli oli päästävää. Nyt harjoittelun myötä kompositointia tehdessä tulee kehiteltyä uusia ideoita, joita on mahdollista hyödyntää ratkaisuja luodessa. Noodipohjaisessa kompositoinnissa oppii myös paremmin ymmärtämään, mihin tekniikka perustuu ja mitä sen taustalla tapahtuu. Tämä ymmärrys taas vastaavasti auttaa ongelmien ratkaisua. Samalla on tietysti muistettava, että noodipohjainen kompositointi ei ole aina kuitenkaan järkevin ratkaisu eikä siihen pidä luottaa sokeasti. On silti monia tapauksia, joissa kerroksittainen kompositointi on huomattavasti nopeampaa, kätevämpää ja paljon yksinkertaisempaa.

Yleisesti voisi pitää järkevänä harkita siirtymistä noodipohjaiseen kompositointiin siinä vaiheessa, kun projektin monimutkaisuus kasvaa tai tiedossa on mahdollisia tulevia yllättäviä tekijöitä ja ylimääräisiä vaatimuksia kesken työn. On todennäköisempää, että äärimmäisen hankaliin kompositointitapauksiin löytyy järkevä ratkaisu noodipohjaisella järjestelmällä. Yllätystilanteissa noodipohjaisuus tarjoaa todella suurta joustavuutta, sillä kompositioon voi lisätä jälkikäteen asioita muuttamatta koko työnkulun rakennetta.

Insinööriyössä pääpiirteissään onnistuttiin, mutta valmiista kompositiosta huomaa, että visuaalinen silmä ei ole vielä tarpeeksi kehittynyt sopivan lopputuloksen saamiseksi.

Tekniseltä kannalta kompositointiskripti, joka suunniteltiin ja toteutettiin, on toimiva. Värimäärittelyn ja valaisun parametrien hienosäädössä olisi pitänyt päästä parempaan lopputulokseen siten, että kuvan yleinen ilme ja tasapaino olisi ollut ammattimaisempi.

Yksi suuri haaste ja ristiriita kompositointiprojektia tehtäessä oli valaisu ja sen muokkaaminen. Aikaisempi kokemus näyttämö- ja esitystekniikan valaisusta oli ehdottomasti hyödyksi projektia tehtäessä, mutta toisaalta se aiheutti myös hankaluuksia päätöksenteossa. Ihmissilmä näkee valon täysin eri tavalla kameraan ja virtuaaliseen grafiikkaan nähden. Usein mielessäni oli tapa, miten valaista kuva vastaavassa aidossa kuvaustilanteessa, mutta kompositoinnissa digitaalisesti valoa muokatessa valo käyttäytyy eri tavalla. Aidon valon sijasta kompositoinnissa työskennellään kuvaelementtien valoisuusarvojen ja värien kanssa, eikä aito fotorealistinen lopputulos näytä automaattisesti parhaalta.

Digitaalisen valaisun ja värimäärittelyn myötä tekninen värinhallinnan osaaminen ja kuvan teoria tuli entistä tutummaksi. Työskentely ja tutustuminen Nuken 32-bpc-väriavaruuteen opetti ymmärtämään, miten kuvan dynamiikka toimii ja mitä matemaatiikkaa taustalla tapahtuu. Kompositointioperaatioiden kaavojen tutkiminen oli hyödyllistä, vaikka se aluksi tuntui hyödyttömältä. Projektin edetessä sai huomata, kuinka oikean kompositointioperaation valinta oli helpompaa, kun oppi ymmärtämään, miten eri operaatiot käsittelevät alpha-kanavia ja kuvan väriarvoja.

Aidonkaltaisen valaisun luominen muokkaamalla elementtejä on jo itsessään äärimmäisen vaikeaa, mutta vaikeinta prosessissa oli kuvan elävöittäminen ja korostaminen tekemällä valosta epärealistista. Monesti projektin aikana huomasin pohtivani muuttaman erilaisen valaisuratkaisun välillä, vain huomatakseni, etten osaa päättää, mikä näyttäisi parhaalta. Teatteri- ja elokuvavalaisussa vastaavassa tilanteessa mahdollisuudet olisivat rajoittuneemmat ja mielekkääseen ratkaisuun on helpompi päätyä. Todennäköisesti juuri ratkaisujen käytännössä loputon kirjo aina mahdollisen ja mahdotoman välillä teki päätöksenteon haastavaksi. Vaatii taitoa hallita ja käsitellä tilannetta, jossa vaihtoehtoja on hyvin runsaasti. Projektin loppua kohden sai yllättäen kuitenkin huomata, että halutun valaisun saavuttaminen helpottui, kun oppi ymmärtämään nooidien toimintaa myös tekniseltä ja matemaattiselta kannalta, vaikka taiteelliselta kannalta ei vielä päästy kaikkiin tavoitteisiin.

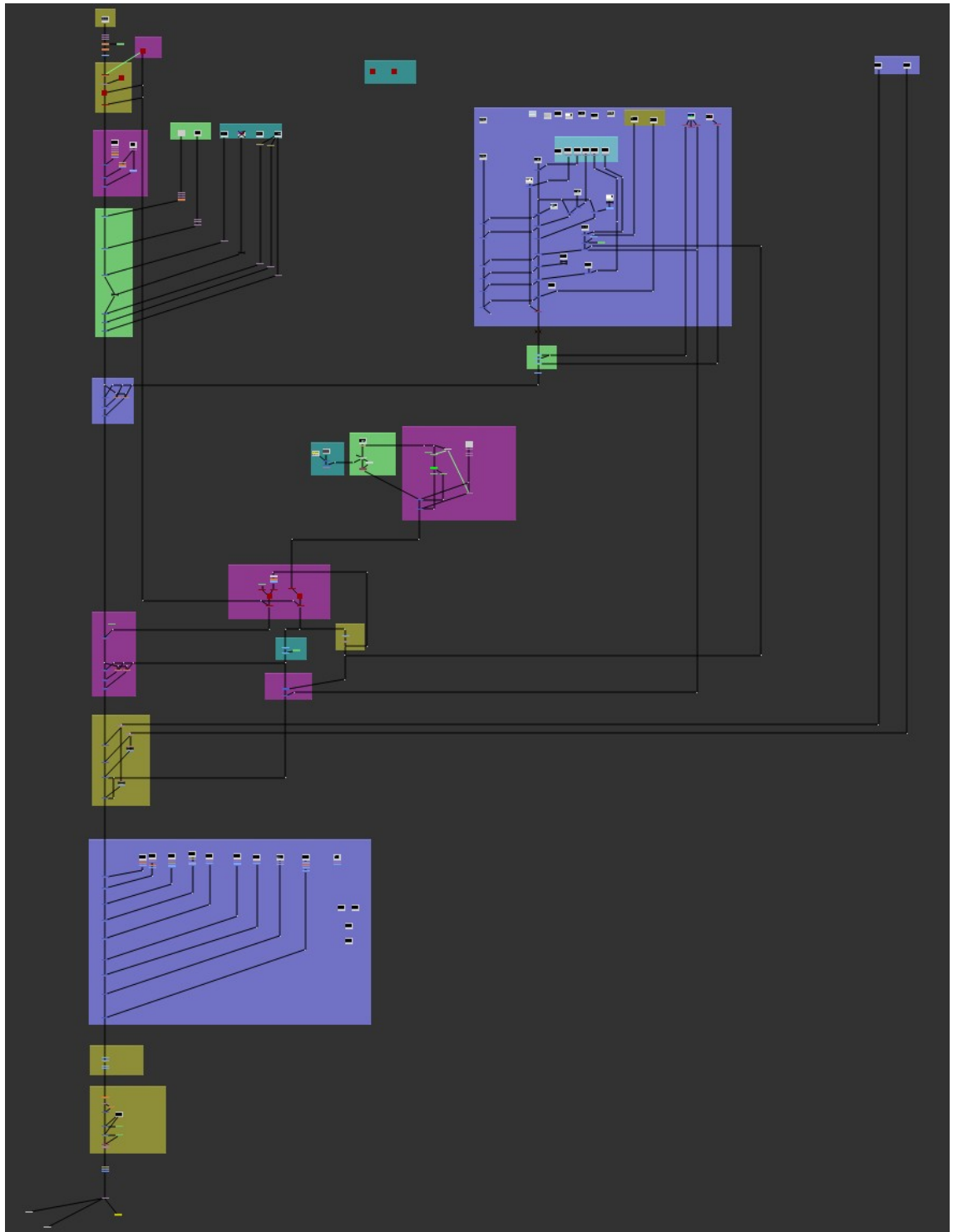
Kokonaisuudessaan projekti oli todella mielenkiintoinen, ja sitä tehdessä opin paljon uutta tekniikkaa kompositointiin liittyen. Arvokkainta projektissa oli kuitenkin suhtautumisen muutos kompositointiin ja sen tuomat uudet näkemykset. On paljon tehokkaampaa työstää mitä tahansa projektia, kun näkee sen tuomissa haasteissa uusia mahdollisuuksia. Lisäksi näkemys kompositoinnin taiteellisesta puolesta laajeni, kun sai huomata, kuinka haasteellista on saada aikaan visuaalisesti näyttävää, fotorealistisen viivahteen sisältävää ja samalla uskottavaa kuvaa.

Lähteet

- 1 Brinkmann, Ron. 2008. The Art and Science of Digital Compositing. 2nd edition. China: Morgan Kaufmann Publishers.
- 2 Failes, Ian. 2014. Case Studies in Invisible Effects. Verkkodokumentti. FXGuide.com, LLC. <<http://www.fxguide.com/featured/case-studies-in-invisible-effects/>> Luettu 3.4.2014.
- 3 Failes, Ian. 2012. Cloud Atlas: Choose Your Own Adventure. Verkkodokumentti. FXGuide.com, LLC. <<http://www.fxguide.com/featured/cloudatlas/#southpacific>>. Luettu 19.11.2013.
- 4 Ranpura, Ashis. 2013. How We Remember, and Why We Forget? Verkkodokumentti. Posit Science. <<http://brainconnection.positscience.com/how-we-remember-and-why-we-forget/>>. Luettu 12.4.2014.
- 5 Wesson, Kenneth. 2012. Learning & Memory: How Do We Remember and Why Do We Often Forget? Verkkodokumentti. Brain World Magazine, International Brain Education Association. <<http://brainworldmagazine.com/learning-memory-how-do-we-remember-and-why-do-we-often-forget/>>. Luettu 12.4.2014
- 6 Levoy, Marc. 2010. Spatial Convolution. Verkkodokumentti. Stanford Computer Graphics Laboratory. <<http://graphics.stanford.edu/courses/cs178-10/applets/convolution.html>>. Luettu 11.3.2014.
- 7 Hedin, Henric. 2010. Comparison of Node Based Versus Layer Based Compositing. Bachelor's Thesis. University of Gävle.
- 8 Närvänen, Pohjola, Byrne, Quinn. 2013. Nuke User Guide, Version 7.0v10. Verkkodokumentti . The Foundry Visionmongers Ltd. <<http://thefoundry.s3.amazonaws.com/products/nuke/releases/7.0v10/Nuke7.0v10-UserGuide.pdf>>. Luettu 23.1.2014.
- 9 Ganbar, Ron. 2011. Nuke 101, Professional Compositing and Visual Effects. United States of America: Peachpit Press.
- 10 Chambers, Scott. 2010. 10 Tips to Optimizing Nuke and Creating Efficient Workflows. Verkkodokumentti. Nukepedia. <<http://www.nukepedia.com/written-tutorials/10-tips-to-optimising-nuke-and-creating-efficient-workflows/>>. Luettu 20.1.2014.
- 11 Pundschus, Christian. 2009. Max2nuke. Verkkodokumentti. Scriptspot. <<http://www.scriptspot.com/3ds-max/scripts/max2nuke>>. Päivitetty 25.5.2009. Luettu 10.2.2014.

- 12 Multipass Rendering and Compositing. Verkkodokumentti. Sphere VFX Ltd. <<http://www.spherevfx.com/multipass-rendering-and-compositing/>>. Luettu 4.4.2014.
- 13 Ambient Occlusion. Verkkodokumentti. Pixar. <<http://renderman.pixar.com/view/ambient-occlusion>>. Luettu 10.4.2014.
- 14 Occlusion and Image-Based Lighting. Verkkodokumentti. Pixar. <<http://renderman.pixar.com/view/image-based-lighting>>. Luettu 10.4.2014.
- 15 Nave, Rod. 2012. HyperPhysics, Dispersion. Verkkodokumentti. Georgia State University. <<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/geoopt/dispersion.html>>. Luettu 2.5.2014.
- 16 Nederhorst, Rob. 2010. Creating Highly Realistic Composites: Feeling Real Vs Looking Real. Video. The Gnomon Workshop.
- 17 Jarosz, Wojciech. 2008. Efficient Monte Carlo Methods for Light Transport in Scattering Media. Dissertation. University of California, San Diego.

Proviva-projektin Nuke-noodipuu



Proviva-ruutukaappauksia

