

Live-streamin tuottamisen ratkaisut

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Tieto- ja Viestintäteknikka

2022

Konsta Lehtonen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Lehtonen, Konsta	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 49	Valmistumisaika 2022
Työn nimi Live-streamin tuottamisen ratkaisut		
Tutkinto Insinööri (AMK)		
Ohjaavan opettajan nimi, titteli ja organisaatio Henri Koukka, Lehtori, LAB-ammattikorkeakoulu		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Mark Poutanen, Kehittämispäällikkö, StartHub		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda ratkaisut ja ohjeistus eri skaalaisten livelähetysten suunnittelua ja tuottamista varten. Teoriaosuutena käydään läpi eri kokoisten livelähetysten suunnitteluun ja tuottamiseen liittyviä asioita, suoratoiston kannalta tärkeitä tietokoneohjelmistoja ja muita digitaalisia työkaluja.</p> <p>Käytännön osuutena tuotettiin livelähetyksiä LAB-ammattikorkeakoulun StartHubin tiloissa järjestetyissä tapahtumissa ja käytettyjä ratkaisuja varten luotiin työnkulkua selkeyttävät kaaviot studion järjestelystä ja teknisestä kokoonpanosta. Case-tuotannot onnistuivat ilman suuria ongelmia, mutta kompromisseja jouduttiin tekemään.</p> <p>Tehdyn työn perusteella selvitettiin, millaisilla jatkokehitysideoilla työnkulkuja olisi mahdollista kehittää ja optimoida.</p>		
Asiasanat live-stream, suora verkkolähetys, livelähetys, videotuotanto, suoratoisto, työnkulku		

Abstract

Author(s) Lehtonen, Konsta	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 49	
Title of Publication Solutions for live stream production		
Name of Degree Engineer (UAS)		
Name, title and organization of the supervising teacher Henri Koukka, Lecturer, LAB University of Applied Sciences		
Name, title and organization of the client Mark Poutanen, Development Manager, StartHub		
Abstract <p>The goal of this thesis is to create solutions and instructions for planning and producing live streaming broadcasts of different sizes. In the theory section there are overviews of things to consider when planning and producing live streams of different sizes, important computer software for live streaming and other digital tools.</p> <p>As the practical part of the thesis, live streaming broadcasts were produced for events hosted by StartHub, and diagrams for studio layouts and technical assemblies were created for the solutions used to clarify the workflows. Case productions were successful without major problems, although compromises regarding the workflows needed to be made.</p> <p>Ideas for further development and optimization of the workflows were determined after the productions.</p>		
Keywords live-stream, live web broadcast, live broadcast, video production, streaming, workflow		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Livelähetyksen suunnittelu ja tuottaminen.....	2
2.1	Lähetyksen tavoitteet ja tarkoitus.....	2
2.2	Skaalautuvuus ja eri tilojen tuomat vaatimukset.....	3
2.3	Kuva- ja äänilähteet.....	4
2.4	Graafiset elementit.....	6
2.5	Interaktiivisuuden rooli ja tärkeys lähetyksessä.....	6
2.6	Lähetyksen saatavuus jälkeenkäyttöön.....	7
3	Suoratoiston tekniikka.....	10
3.1	Bittinopeus.....	10
3.2	Videoenkooderit.....	10
3.3	Alustat.....	13
3.4	Muut ohjelmistot.....	15
4	Case-tuotannot.....	18
4.1	Case 1: Storm 2020.....	18
4.1.1	Käytetty kalusto.....	18
4.1.2	Studion järjestys ja tekninen kokoonpano.....	19
4.2	Case 2: LUT-konsernin pikkujoulut 2020.....	25
4.2.1	Käytetty kalusto.....	25
4.2.2	Studion järjestys ja tekninen kokoonpano.....	26
4.3	Case 3: European Dialogue For Sustainable Cities –lähetyssarja.....	29
4.3.1	Käytetty kalusto.....	30
4.3.2	Studion järjestys ja tekninen kokoonpano.....	31
4.4	Case 4: EU Green Week 2021 –avaustapahtuma.....	35
4.4.1	Käytetty kalusto.....	35
4.4.2	Studion järjestys ja tekninen kokoonpano.....	36
4.5	Case 5: Skystage–pelitapahtuma.....	40
4.5.1	Käytetty kalusto.....	41
4.5.2	Studion järjestys ja tekninen kokoonpano.....	41
5	Yhteenveto.....	45
	Lähteet.....	47

Termit ja käsitteet

DMX512 (Digital Multiplex 512): DMX512 (käytetään myös lyhennettyä termiä DMX) on 512-kanavainen standardi näyttämövalojen ohjaamiseen. Jokaisella kanavalla voidaan ohjata yksittäisen valon tiettyä ominaisuutta, kuten värejä, intensiteettiä tai suuntausta. (Henry 2022)

Fill-valo: Fill-valo (myös täyte- tai tasoitusvalo) on kolmen pisteen valaisuun liittyvä termi, jolla tarkoitetaan valoa, jolla kontrolloidaan key-valon luomien varjojen tummuutta. (MasterClass 2021)

GIF (Graphics Interchange Format): GIF on häviötön kuvatiedostomuoto, jota käytetään yleensä pieneen kokoon pakattujen animaatioiden ja kuvien lataamiseksi verkkosivuille. (AfterDawn Oy 2022a)

HDMI (High-Definition Multimedia Interface): HDMI on valtatatuksen saavuttanut mediakaapeliteknologia, jota suuri valikoima laitteita käyttää kuvan ja äänen siirtoon. (HDMI Licensing Administrator, Inc. 2018)

Hiusvalo: Hiusvalo (myös tausta- tai takavallo, englanniksi backlight) on kolmen pisteen valaisuun liittyvä termi, jolla tarkoitetaan valoa, jolla valaistetaan kohteen hiukset ja hartiata takaa päin, korostaen kohteen ääri viivoja. (MasterClass 2021)

Key-valo: Key-valo (myös avain- tai päävalo) on perinteisesti mediatuotannoissa käytettyyn kolmen pisteen valaisuun liittyvä termi, jolla tarkoitetaan valoa, jolla kuvattava kohde pääasiassa valaistetaan. (MasterClass 2021)

MOV (QuickTime file format): MOV on Applen kehittämä multimediaformaatti, jossa esimerkiksi video-, ääni- ja tekstimateriaalia voidaan tallentaa erillisille raidoille. (Aspose Pty Ltd 2022)

NDI (Network Device Interface): NDI on NewTek'in luoma avoin protokolla, jolla mahdollistetaan olemassa olevan paikallisverkkoinfrastruktuurin käyttö videon siirtoon laitteiden välillä. (Aleksandersen 2017)

RTMP (Real-Time Messaging Protocol): RTMP on viestiprotokolla, joka mahdollistaa video-, ääni- ja dataviestien kaksisuuntaisen siirron kommunikoivien laitteiden välillä. (Parmar & Thornburgh 2012, 3)

SDI (Serial Digital Interface): SDI on standardi digitaalisen videon siirtämiseen koaksiaali- tai valokuitukaapelia pitkin. SDI:tä käytetään yleensä TV-tuotannoissa ja videon siirtoon pitkien välimatkojen välillä. (Froehlich 2021)

Suoratoisto: Tekniikka, jolla mediaa toistetaan samanaikaisesti lataamisen aikana ilman tallennusta. Käytetään myös termiä streamaus tai striimaus. (AfterDawn Oy 2022b)

Väriavainus: Väriavainus (englanniksi chroma keying) on yleensä vihreän taustakankaan avulla tehtävä prosessi, jossa kohde ja tausta erotetaan toisistaan eroavien värisävyjen perusteella. Kohde voidaan tämän jälkeen syvätä halutun taustan päälle. (Yeager 2019)

1 Johdanto

Verkon välityksellä tapahtuva reaaliaikainen median suoratoisto on noussut Twitchin videopelistriimauksen ja sosiaalisten medioiden siivittämänä varteenotettavaksi median muodoksi. Monelle varmasti tulevatkin juuri nämä esimerkit ensimmäisinä mieleen, kun puhutaan livestriimauksesta. Livestriimaus on kuitenkin yleistynyt myös eri muodoissa, kuten opetuksen muotona, yrityksissä muun muassa kokous- ja tiedotustapana sekä erilaisten tapahtumien levitysmuotona. Näistä ei välttämättä puhuta livestriimauksena, mutta periaate on kaikissa sama: On kuva- ja äänilähteitä, joita näytetään katsojille verkon välityksellä reaaliaikaisena suoratoistona, ja mukana on useimmiten myös interaktiivinen aspekti esimerkiksi keskustelupalstan muodossa.

Yllä mainitut esimerkit eroavat toisistaan skaalan osalta. Skaalalla tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä livelähetyksen tuotannon kokoa (kuva- ja äänilähteiden määrä ja/tai laatu). Tämän opinnäytetyön tavoitteena on luoda toimivat ratkaisut LAB-ammattikorkeakoulun tiloissa toimivan Starhubin järjestämien tapahtumien levittämiseen reaaliaikaisena suoratoistona. Lisäksi tavoitteena on tarkastella kyseisten livelähetyksen suunnittelu- ja tuotantoprosessien työnkulkuja nimenomaan skaalan kannalta ja luoda työnkulkua selkeyttävät kaaviot livelähetyksen teknisistä kokoonpanoista.

2 Livelähetyksen suunnittelu ja tuottaminen

Koska on monta erilaista tapaa toteuttaa livelähetyksiä, on tärkeää, että valittu tuotantotapa on tarkoituksenmukainen ja tukee livelähetyksen tavoitetta. Tämän takia jokainen livelähetys olisi hyvä suunnitella tapauskohtaisesti lähetyksen sisältö sekä kuvauspaikka mielessä pitäen. Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi livelähetysten suunnittelussa ja tuottamisessa huomioonotettavia asioita.

2.1 Lähetyksen tavoitteet ja tarkoitus

Livelähetyksellä on aina jokin tavoite, oli se sitten kuinka toissijainen tai rento tahansa. Tavoite voi olla esimerkiksi omien tekemisten jakaminen pienelle yhteisölle, suuren yleisön viihdyttäminen, yhteisön sisäinen tiedottaminen, tapahtuman levitys eri kanaville ym. Lähetyksen tavoitteiden moninaistuminen johtaa myös tuotannon tapojen ja skaalojen moninaistumiseen. Koska ei ole olemassa yhtä kaikissa tapauksissa toimivaa ratkaisua, jokaisen livelähetyksen suunnittelun tulee tapahtua lähetyksen tavoite edellä. Ideaalitulanteessa lähetyksen tavoite ja tarkoitus määrittävät tarvittavan osaamisen tason ja kaluston, tietenkin taloudelliset rajoitukset huomioon ottaen. Lähetyksen tavoitteen hahmottamista voidaan helpottaa esimerkiksi laatimalla sisältöstrategia, jolla kartoitetaan sisällön kohderyhmä, tavoite, alusta, julkaisuaika ja -taajuus sekä onnistumisen mittarit. Strategiassa voidaan määritellä myös tavoiteltava tuotantoarvo ja sen vaatima kalusto. (Hennequin 2019.)

Esimerkiksi videopelisisältöä levittävä striimaaja ei välttämättä tarvitse muuta, kuin tarpeeksi suorituskykyisen tietokoneen, mikrofonin, videoenkooderin ja striimausalustan. Hän voi kuitenkin halutessaan tuoda lähetykseen myös webkameran kuvan ja erilaisia tuotantoelementtejä, mutta kaikella tällä on lähetyksen tavoitetta tukeva vaikutus, tässä tapauksessa tuotantoarvon ja sitä kautta mahdollisesti myös viihdearvon lisääminen. Pitää myös ottaa huomioon, että jokaista tässä esimerkissä mainittua elementtiä voidaan vielä erikseen säätää tukemaan lähetyksen tavoitetta. Tämä voisi tarkoittaa, vaikka kameran kannalta sitä, käyttääkö hän webkameraa, järjestelmäkameraa, vai videokameraa. kaikki nämä kyllä toimivat tässä käyttötarkoituksessa, mutta tulisi kuitenkin miettiä kunkin vaihtoehdon taloudellista ja vaivannäöllistä järkevyyttä. Arvokkaalla videokameralla on paikkansa esimerkiksi ison tapahtuman tuotannossa, mutta kun tavoitteena on videopelisisällön levitys, laadukas webkamera on täysin toimiva vaihtoehto. Tässä tapauksessa tärkein tuotannon osa on tietokone, sillä sen suorituskyvystä riippuu lähetyksen oleellisen sisällön, eli pelistä saatavan videomateriaalin laatu.

2.2 Skaalautuvuus ja eri tilojen tuomat vaatimukset

Yksi ilmeisimmistä haasteista eri skaalojen lähetyksissä on käytettävien tilojen tuomat rajoitukset ja vaatimukset, joista verkkoyhteyden saatavuus on ensi tilassa tärkein ratkaista. Saatavan verkkoyhteyden vahvuus, tai tarkalleen ottaen datan lähetyksenopeus on suoraan verrannollinen livelähetyksen laatuun. Verkkoyhteyden vaikutusta bittinopeuksiin ja sitä kautta materiaalin laatuun käsitellään vielä erikseen suoratoiston tekniikkaa käsittelevässä luvussa. Nopeuden lisäksi tulee ottaa huomioon se, mitä kautta verkkoyhteys saadaan. Langaton yhteys voi toimia yhtä hyvin, kuin langallinenkin, mutta langallinen yhteys on vakaampi ja vähemmän altis katkoille tai häiriöille (Melendez 2019).

Toinen tärkeä huomioon otettava asia on se, miten tilassa saadaan laitteille virtaa. Tilan virtapisteyden määrä ja sijainnit on hyvä ottaa etukäteen selville, sillä se vaikuttaa kaluston sijoitteluun ja tarvittavien virta- ja jatkojohtojen pituuteen ja määrään.

Jatkojohtoja käytettäessä tulee varmistaa, että jatkojohto on ehjä ja sopivanpituisen, ja jos useampaa jatkojohtoa joudutaan käyttämään peräkkäin, liitos tulisi suojata esimerkiksi erillisellä kotelolla. Tavalliset jatkojohdot eivät myöskään kestä pitkiä aikoja suuria virtoja, mikä on otettava huomioon, kun käytetään suuren virrankulutuksen laitteita. (STEK ry.) Sama rajoitus pätee myös tavallisiin maadoittamattomiin pistorasioihin (Tukes).

Verkkoyhteys ja virran saatavuus ovat tärkeimmät ongelmat lähetyksen toteutuvuuden kannalta, eli ilman niitä ei yksinkertaisesti pärjätä. Seuraavaksi läpi käytävät haasteet ovat luonteeltaan enemmän esteettisiä, kuin lähetyksen toteutuvuuteen vaikuttavia.

Käytettävän tilan akustiikka vaikuttaa siihen, miltä mikrofoneilla nauhoitettu ääni kuulostaa lähetyksessä ja nauhoituksissa. Yleisiä ongelmia tilan akustiikassa ovat kaiku ja taustamelu esimerkiksi ilmanvaihdoista tai vesiputkista. Kaiku on voimakkainta suurissa tiloissa, joissa on paljaat lattiat ja seinät. Kaikua saa vaimennettua verhoilla, matoilla, huonekaluilla ja akustiikkapaneeleilla. Verhoja käytetään usein isoissa tiloissa, kuten studioissa, auditorioissa ja teattereissa. Akustiset paneelit sen sijaan sopivat hyvin esimerkiksi työhuoneen seinille (Latvala 2020).

Taustamelun lähteelle taas voi olla vaikeaa tehdä mitään, mutta melun vaikutusta voi vaimentaa joko äänirajapinnan säädöillä tai ohjelmistopuolella tapahtuvalla melunpoistolla. Näitä käydään läpi tarkemmin suoratoiston tekniikkaa käsittelevässä luvussa.

Toinen ominaisuus, johon käytettävän tilan valinta vaikuttaa suoraan, on tilan valoisuus. Tilan omaa valaistusta voidaan käyttää lähetyksessä joko pelkästään, jos valo on riittävää ja tuo toivotun vaikutuksen, tai kuvaamiseen tarkoitetuilla valoilla tuettuna. Tilan valoisuus

voi olla joissain tapauksissa myös ongelma, jos valoista halutaan juuri tietynlaista vaikutelmaa, eikä tilan valo tue sitä. Tällaisessa tapauksessa muiden valonlähteiden vaikutusta voidaan minimoida verhoilla ja kankailla tai muilla tilanjakajilla.

Kaikkeen edellä mainittuun vaikuttaa oleellisesti lähetyksen tuottamiseen käytettävän alueen koko. Alueen koolla on vaikutus tarvittavien jatkojohtojen ja muiden kaapelien pituuteen, setin rakenteiden kokoon ja rekvisiitan valintaan, valojen kokoonpanoon sekä kameroiden asetteluun ja käytettävien objektiivien polttoväleihin. Lopputuloksen kannalta on tärkeää miettiä käytettävän tilan koon tuomia rajoituksia hyvissä ajoin ennen setin rakentamista.

2.3 Kuva- ja äänilähteet

Suoratoiston avulla tapahtuvassa livelähetyksessä sisältö tuodaan katsojille kuva- ja äänilähteiden avulla (OBS Project 2022). Näiden lähteiden näkyvyyttä ja kuuluvuutta kontrolloidaan reaaliaikaisesti joko ohjelmistopuolella tai ulkoisen työkalun, esimerkiksi Stream Deck:in, videomikserin ja äänirajapinnan avulla. Erillisten työkalujen tarpeellisuus määrittyy oleellisen sisällön ja eri lähteiden määrän mukaan.

Kun halutaan käyttää kameraa tai kameroita kuvalähteinä, kameroiden määrä ja tyyppi vaikuttavat tarvittavaan kalustoon. Webkameralla kuvaaminen on huomattavasti yksinkertaisempaa, kuin esimerkiksi SDI-liitännällä varustetulla videokameralla kuvaaminen. Laadukkaat video- ja järjestelmäkamerat ovat myös huomattavasti arvokkaampia, joten sellaisen hankkimista tulee harkita tarkasti. Ammattitason kameroita ja muuta kalustoa pystytään kuitenkin esimerkiksi vuokraamaan tietyksi ajaksi, joka saattaa olla hyvä ratkaisu, jos tiedetään, että kalustoa ei lähetyksen jälkeen enää tarvita tai tarvitaan vain harvoin.

Toinen kuvalähdetyyppi on ruutulähde. Näihin lukeutuvat muun muassa ennalta nauhoitettu video- ja kuvamateriaali, puhujan jakama esitysmateriaali sekä koko näytön tai tiettyjen sovellusikkunoiden käyttäminen lähteenä. Kuvassa 1 on esimerkki siitä, kuinka kamerasta saatavaa kuvalähdettä ja ruutulähteitä voidaan hyödyntää samanaikaisesti.



Kuva 1. Esimerkki eri lähdetyyppien käytöstä samanaikaisesti

Äänilähteet muodostavat toisen puolen audiovisuaalisesta kokonaisuudesta, ja riippuen lähetyksen tavoitteesta, ääni voi olla elementtinä jopa tärkeämpi, kuin kuva. Jos lähetyksen oleellinen sisältö on esimerkiksi keskustelua tietystä aiheesta, virheet tai ongelmat kuvan kanssa eivät välttämättä häiritse katsojan kokemusta merkittävästi, kun taas äänen kuulumattomuus tarkoittaa katsojan kannalta heti oleellisen sisällön menettämistä.

Kuten kuvälähteitä, myös äänilähteitä voidaan jakaa eri kategorioihin. Sisääntulolähteillä tarkoitetaan mikrofoneja, tai ulkoisia mikseriä ja äänirajapintoja, joilla voidaan hyödyntää ja kontrolloida useiden mikrofoniä tasoja ja muita asetuksia. Monissa kameroissa on myös sisäänrakennettuna mikrofoni, jonka signaali kulkee lähetyskoneelle HDMI- tai SDI-kaapelin kautta. Livelähetyksessä voidaan hyödyntää myös lähetyskoneen sisäisiä äänilähteitä. Näihin lukeutuvat video- ja äänitiedostot, sovellusten ääni (esimerkiksi etäkokousohjelmat, YouTube tai Spotify), sekä virtuaalimikserin tai muun ohjelmiston läpi ohjatut ulkoiset äänilähteet (esimerkiksi Voicemeeter Virtual Audio Mixer tai Nvidia Broadcast).

Kuva- ja ääni-informaation siirtämisessä lähettävälle laitteelle voidaan hyödyntää myös verkkopohjaisia teknologioita, kuten RTMP:tä (Real-Time Messaging Protocol) ja NDI:tä (Network Device Interface). RTMP on viestiprotokolla, joka mahdollistaa video-, ääni- ja dataviestien kaksisuuntaisen siirron kommunikoivien laitteiden välillä (Parmar & Thornburgh 2012, 3). RTMP:tä hyödynnettäessä lähettävälle tietokoneelle tarvitaan RTMP-

palvelinohjelmisto, jolla saapuva video- ja äänimateriaali voidaan vastaanottaa. NDI on NewTek'in luoma avoin protokolla, jolla mahdollistetaan olemassa olevan paikallisverkkoinfrastruktuurin käyttö videon siirtoon laitteiden välillä (Aleksandersen 2017).

2.4 Graafiset elementit

Livelähetyksen oleellista sisältöä voidaan tukea erilaisilla graafisilla elementeillä, kuten sapluunoilla, animaatioilla, nimiplansseilla, siirtymillä ja logoilla. Lähetystä varten voidaan myös ennalta suunnitella esimerkiksi ennen lähetyksen alkua, tauon aikana, lähetyksen päätyttyä ja teknisten ongelmien aikana näytettäviä ruutuja. Myös keskustelupalstan tai yksittäisten kysymysten näyttäminen graafisena elementtinä on mahdollista.

Lähes kaikkien graafisten elementtien toimivuus livelähetyksessä riippuu siitä, tukeeko käytetty tiedostomuoto läpinäkyvyyttä. Kuva- ja videotiedostoissa läpinäkyvyys saavutetaan värikanavien oheen sisällytetyllä alfakanavalla, joka määrittää jokaisen pikselin näkyvyyden asteen. On kuitenkin tärkeää valita oikeanlainen tiedostotyyppi myös läpinäkyvyyttä tukevien formaattien joukosta, koska kaikissa läpinäkyvyys ei toimi samalla tavalla.

Läpinäkyvyyttä voi esiintyä kuva- ja videotiedostoissa joko yksinkertaisena tai asteittaisena, riippuen tiedostoformaatin alfakanavan bittisyvyydestä. Esimerkiksi osittain läpinäkyvän animaation voisi renderöidä GIF-tiedostoformaattissa, jossa on alfakanavalla yhden bitin bittisyvyys. Tämä tarkoittaa, että pikselin näkyvyys määritetään yksinkertaisesti joko näkyväksi (1), tai läpinäkyväksi (0). Tästä voi korkeinkin resoluution tiedostoissa aiheutua näkyvien pikseleiden reuna-alueen "repaleisuutta". Saman animaation voi renderöidä myös käyttäen esimerkiksi Quicktime Animation -koodekkia, jolloin lopputuloksen tiedostoformaatti on MOV, ja alfakanavan bittisyvyys on 8 bittiä. Kahdeksan bitin alfakanavalla saavutetaan 256 näkyvyyden astetta, 0:sta (täysin läpinäkyvä) 255:en (täysin peittävä). Suuremmalla bittisyvyydellä saadaan kuvien reuna-alueisiin pehmeyttä, joka auttaa siirtymää peittävästä läpinäkyväksi näyttämään luonnollisemmalta. (Smith 1995, 4–5.)

2.5 Interaktiivisuuden rooli ja tärkeys lähetyksessä

Yksi suurimmista eroista uusille streaming-alustoille tehtävien livelähetyksen ja perinteisten livelähetyksen välillä on suurempi valmius interaktiivisuuteen eli katsojien osallistavuuteen. Suurimmassa osassa streaming-alustoja on sisäänrakennettuna jonkinlainen keskustelualue, johon kirjautuneet katsojat voivat helposti kirjoittaa kommentteja, kysymyksiä, tai jopa kuvia. Livelähetystä suunniteltaessa kannattaa miettiä, onko katsojien

osallistaminen kyseisessä lähetyksessä tärkeää, ja jos on, niin millä tavoin osallistamista tehdään.

Jos lähetyksen yhteydessä on odotettavissa korkeaa aktiivisuutta katsojilta, keskustelun moderointi erillisen henkilön toimesta voi olla aiheellista. Tämä on ratkaisevaa sen takia, että suuren katsojamäärän aktiivisessa keskustelussa myös häiriökäyttäytymisen mahdollisuus kasvaa, ja jos keskustelua ei moderoida lainkaan, se voi haitata katsojien kokemusta lähetyksestä. Apuvälineenä keskustelun moderoinnissa voidaan käyttää esimerkiksi sanalistoja, joiden sisältämällä sanoilla varustetut kommentit joko merkataan, seulotaan moderaattorille tarkastettaviksi, tai poistetaan suoraan. Yksittäisiä katsojia voidaan yleensä myös poistaa keskustelusta.

Olennaista on myös päättää, ketkä näkevät keskustelun, ja ketkä vastaavat siellä esitettyihin kysymyksiin. Jos esiintyjien/puhujien/juontajien on oleellisempaa keskittyä esimerkiksi valmiissa käsikirjoituksessa pysymiseen tai keskustelun ylläpitoon, moderaattori voi keskittyä kysymyksiin vastaamiseen. Vaihtoehtoisesti esiintyjät voivat seurata keskustelua ja vastata kysymyksiin, jolloin moderaattori voi paremmin keskittyä keskustelun valvontaan. Moderaattori voi myös valita tietyt kommentit ja kysymykset, jotka hän lähettää erikseen esiintyjille vastattaviksi.

Pelkän keskustelun lisäksi on myös muita tapoja osallistaa yleisöä lähetyksen aikana. Monella alustalla on mahdollisuus esittää katsojille kyselyitä, joiden tulokset voidaan sitten esittää lähetyksessä. Lähetysten aikana voidaan myös järjestää esimerkiksi arvontoja, äänestyksiä, hyväntekeväisyyskeräyksiä ja muita vastaavia. (Twitch.tv 2021)

2.6 Lähetyksen saatavuus jälkeinpäin

Vaikka live-stream -lähetyksen tuotannossa painotus on siinä, että kyseessä on suora lähetys, myös lähetyksen mahdollinen saatavuus varsinaisen lähetyksen jälkeen on tärkeää ottaa huomioon tuotantoa suunniteltaessa. Lähetyksen taltiointiin löytyy erilaisia ratkaisuja, jotka osaltaan kuormittavat tuotantoa eri tavoin. Eri taltiointitapoja voidaan myös yhdistellä, jotta saavutetaan korkeampi vikasietoisuus taltioinnin onnistumisen kannalta.

Yksi selkeä vaihtoehto on lähetyksen taltiointi samalla videoenkooderilla, jolla lähetys siirretään striimausalustalle. Tämä kuitenkin vaatii lähettävältä laitteelta lisää vapaita resursseja, ja jos laitteen suorituskyky ei riitä, lähetys voi katkeilla. Ennen lähetyksen taltiointia tulee myös tarkistaa, että käytettävällä kovalevyllä on tarpeeksi tilaa. Lähetyksen tallentaminen tällä tavalla ei vie yhtä paljon tilaa kuin suoraan kameralla nauhoittaminen, mutta jos lähetykset ovat suhteellisen pitkiä ja niitä tehdään usein, on hyvä varmistaa, että tilaa varmasti riittää. Enkooderilla tallennus vaikuttaa myös videon tiedostomaattiin.

Yleisin tuettu tiedostoformaatti on MP4, joka on nykyään valtaformaatin aseman saanut pakattu videotiedostomuoto. Pakkaaminen vaikuttaa videon laatuun, mutta tallennusasetusten oikeilla säädöillä pakkaamisen vaikutus laatuun pienenee.

Toinen vaihtoehto lähetyksen tallentamiseen on tallennus suoraan alustalle, jota striimaukseen käytetään. Alustalle tallennukseen liittyy kuitenkin eroavaisuuksia käytettävästä alustasta riippuen. Palvelut eroavat toisistaan muun muassa tallenteen laadun, saatavuuden aikarajauksen ja tallenteen latausmahdollisuuden suhteen. Eroja palveluiden välillä vertaillaan taulukossa 1.

Alusta	Hinta	Laatu	Saatavuus	Lataaminen
YouTube	-	2160p 60 fps	Ei rajausta	Max. 720p 60 fps (Google Takeout –palvelulla saa ladattua alle 30 päivän ikäiset tallenteet täysilaatuisina, sen jälkeen kompressoituina)
Vimeo	Alk. 120€/kk, 840€/v	1080p 60 fps (voidaan vaihtaa korkeamman resoluution tiedostoon lähetyksen jälkeen)	Ei rajausta	Alkuperäinen tiedosto
Twitch	-	1080p 60 fps	14 päivää (60 päivää Twitch-kumppaneille ja Prime-jäsenille, ladatuille videoille rajaton)	Alkuperäinen tiedosto
Facebook	-	1080p 60 fps	Ei rajausta	Pienemmän resoluution tiedosto
BigMarker	Alk. 129\$/kk, 1188\$/v	1080p 45 fps, Nauhoitus aloitettava erikseen	Ei rajausta	Max. 1080p 30 fps
Zoom	Alk. 13,99€/kk, 139,90€/v	720p 25 fps (1080p ylemmillä hintatasoilla), 1 GB pilvitalennustilaa, ylimmällä hintatasolla rajaton tila	Ei rajausta	Alkuperäinen tiedosto
Dacast	Alk. 468€/v	1080p 30 fps	Ei rajausta	Lataaminen mahdollista, tiedoston laadusta ei ole tietoa saatavilla

Taulukko 1. Alustojen tallennusmahdollisuuksien vertailua (BigMarker 2021; Dacast 2022; Google 2022a; Meta 2022a; Vimeo.com, Inc. 2022; Zoom Video Communications, Inc. 2022; Twitch.tv Inc. a; Twitch.tv Inc. b.)

Vaativin tapa taltioida lähetys on nauhoittaa erikseen kameroilla, mikrofoneilla ja mahdollisesti myös videoenkooderilla, jos lähetys sisältää muutakin materiaalia kuin edellä mainitut. Lähetysten jälkeen nauhoitetun materiaalin voi itse leikata haluamaansa muotoon tallennusta tai jälkilevitystä varten. Tämän taltiointitavan lopputulos on laadultaan paras ja mahdollisesti myös sisällöltään siistein kokonaisuus, mutta se myös vaatii enemmän vaivaa aiemmin mainittuihin taltiointitapoihin nähden.

3 Suoratoiston tekniikkaa

Seuraavissa alaluvuissa käsitellään suoratoistoon liittyvää tekniikkaa, sekä tarkastellaan erilaisia striimauslähetyksissä käytettäviä ohjelmistoja ja alustoja. Jotkut tarkasteltavista ohjelmistoista ja palveluista ovat suoratoistolähettämisen kannalta välttämättömiä, kuten videoenkooderit ja suoratoistoalustat, toiset taas ovat enemmän vapaaehtoisia ja eri tilanteisiin sopivia työkaluja.

3.1 Bittinopeus

Videotiedostojen ja suoratoistovideoiden kontekstissa bittinopeudella (englanniksi bitrate) tarkoitetaan sitä, kuinka suuri määrä informaatiota prosessoidaan tietyssä ajassa. Bittinopeus esitetään bitteinä sekunnissa, joka on englanniksi bits per second, eli bps. Yleensä tämä lukema esitetään tuhansissa eli kilobiteissä (kbps), tai miljoonissa eli megabiteissä (Mbps). (Encoding.com 2016)

Videon bittinopeus riippuu resoluutiosta, kuvataajuudesta, käytetystä formaatista ja pakkaustavasta. Perinteisessä videotyönkulussa bittinopeus on yleensä kompromissi laadun ja tiedostokoon välillä. Suoratoiston kontekstissa bittinopeuden määrittävät lähetyksenopeus ja käytetty alusta. Jos verkkoyhteyden lähetyksenopeus on esimerkiksi 10 mbps, myös lähetettävän videon bittinopeus voi teoriassa olla maksimissaan 10 Mbps. Bittinopeuden ja lähetyksenopeuden väliin kannattaa kuitenkin jättää varaa, jotta lähetyksenopeuden vaihtelu ei vaikuttaisi lähetykseen. Hyvä käytäntö on käyttää bittinopeutena enintään kaksi kolmasosaa verkon lähetyksenopeudesta (Kaltura 2021).

Suoratoistoalustat eroavat toisistaan siinä, miten ne käsittelevät eri bittinopeuksien lähetyksiä. Useimmat alustat ohjeistavat sivuillaan suositelluista bittinopeuksista kutakin resoluutiota ja kuvataajuutta kohden. Tietyt alustat myös transkoodaavat videon, mikä tarkoittaa sitä, että valmiiksi tiettyyn muotoon pakattu video avataan ja pakataan uudestaan johonkin toiseen muotoon. Esimerkiksi YouTube transkoodaa alustalle lähetetyn videon samanaikaisesti monelle eri laatuasetukselle, jotta mahdollisimman monella laitetypillä ja verkkoyhteyden laadulla pystyisi seuraamaan lähetystä sujuvasti (Google 2022a).

3.2 Videoenkooderit

Videoenkooderit ovat videotiedostojen koodaukseen ja enkoodaukseen tarkoitettuja ohjelmistoja ja laitteita. Enkooderit hyödyntävät koodekkeja, englanniksi codec, joka on lyhenne sanoista coder/decoder. Koodekki on algoritmi, joka pakkaa ja purkaa dataa tiettyyn muotoon. Käytetty koodekki vaikuttaa pakkaamisen nopeuteen, tiedoston kokoon,

yhteensopivuuteen eri järjestelmien kanssa ja videon ja äänen laatuun. Uudet ja tehokkaammat koodekit vaativat myös enemmän laskentatehoa, kuin vanhemmat. (AfterDawn Oy 2021.) Enkooderi on myös tärkeä työkalu eri kokoisten ja laatuisten kaapattujen lähteiden yhtenäistämiseen saman tiedostomuodon ja uloslähdön alle.

Enkooderit jaotellaan ohjelmistoenkoodereihin, jotka käyttävät koodaukseen ja dekodaukseen tietokoneen prosessorin ja tietyissä tapauksissa näytönohjaimen laskentatehoa sekä laite-enkoodereihin, jotka ovat erillisiä koodaukseen, dekodaukseen ja lähettämiseen erikoistuneita laitteita. Ohjelmistoenkooderien vahvuus on helppo saatavuus erilaisten ilmaisten ohjelmistojen takia, ajantasaisuus uusien tekniikoiden kanssa ja laaja soveltuvuus erilaisiin käyttötarkoituksiin ja tilanteisiin. Laite-enkooderit taas ovat toiminnaltaan vakaampia ja potentiaalisesti laadukkaampia, mutta laitepohjaiset ratkaisut ovat myös kalliimpia ja käytettävyydeltään jäykempiä ja siksi sopivat paremmin pysyviin ja suuren budjetin teknisiin kokoonpanoihin. (Bybyk 2019.)

Ohjelmistoenkoodereita on olemassa monia erilaisia eri käyttötarkoitusten ja tuotannon tasojen mukaan. Yleisesti käytettyjä ohjelmistoenkoodereita ovat OBS Studio, Streamlabs Desktop, Xsplit Broadcaster, vMix, Wirecast ja VidBlasterX. Ohjelmistoenkooderien hintaeroja tarkastellaan taulukossa 2.

OBS Studio on ilmainen avoimen lähdekoodin ohjelmisto, jolla voidaan tehdä sekä live-lähetyksiä että videotallennuksia. Ohjelmisto on helppo ottaa käyttöön, ja koska se on ilmainen, myös ohjeita ja dokumentaatiota ohjelmiston käytöstä on laajasti saatavilla. Ohjelmiston käyttöliittymä on modulaarinen, joten harjaantunut käyttäjä voi muokata sitä haluamallaan tavalla, ja avoimen lähdekoodin takia on saatavilla paljon kolmannen osapuolen liitännäisiä erilaisia lisäominaisuuksia varten. OBS Studio skaalautuu sujuvasti sekä pienen tuotantoarvon lähetyksiin ja etäkokous- tai webinaarikäyttöön että monikameratuotantoihin. Etäkokouskäytössä auttaa ohjelmiston Virtual Camera –toiminto, joka mahdollistaa ulostulon käytön webkamerana. Perinteistä televisiotuotantoa voidaan mukailta ulostulon ja esikatselun erikseen näyttävän studiotyöskentelytilan ja monta kameraa tai kohtausta samanaikaisesti näyttävän multiview-esikatselun avulla. (OBS Project 2022.)

Streamlabs Desktop on ilmainen ohjelmisto, jonka tekniikka perustuu OBS Studion avoimeen lähdekoodiin. Peruseriaatteiltaan Streamlabs Desktop:in kanssa työskentely on samanlaista kuin OBS Studionkin kanssa, yhtenä suurena erona on kuitenkin se, että siihen ei ole saatavilla ilmaisia liitännäisiä. Ohjelmistoon on myös lisätty ominaisuuksia, joilla pyritään tekemään striimauksesta helpommin lähestyttävää ja paremmin videopelaamiseen sopivaa. (Logitech Services S.A.)

Streamlabs tarjoaa Prime-palvelua, joka avaa pääsyn muun muassa sovelluskauppaan, mistä voidaan asentaa ohjelmiston liitännäisosia (May 2020). Etuna tässä on se, että kaikki saatavilla olevat liitännäiset ovat tuettuja ja yhteensopivia ohjelmiston kanssa, joten toimivuus on taattua. Toisaalta liitännäisiä on saatavilla rajallinen määrä, eikä ohjelmisto ole yhtä pitkälle muokattavissa, kuin OBS Studio.

Xsplit Broadcaster on maksullinen ohjelmistoenkooderi, josta on saatavilla myös ilmainen versio joka rajoittaa esimerkiksi äänen laatua ja kohtausten määrää sekä lisää vesileiman ulostuloon suuremmilla resoluutio- ja kuvataajuusasetuksilla (SplitmediaLabs, Ltd. 2022). OBS Studioon verrattuna Xsplit Broadcaster on helpompi ottaa käyttöön aloittavana käyttäjänä yksinkertaisemman käyttöliittymänsä ja asetusten säätämisen helppouden ansiosta. Premium-versio sisältää myös enemmän valmiiksi käytettäviä ominaisuuksia, kun taas OBS Studion ominaisuuksien muokkaamiseen joutuu käyttämään enemmän aikaa. Xsplit kuitenkin rajoittaa lähettämisen 1080p:n resoluutioon 60 fps:n kuvataajuudella, on hieman raskaampi tietokoneen prosessointitehon kannalta eikä tue yhtä paljon liitännäisiä kuin OBS Studio. (Bychok 2021.)

Ammattilaistason käyttöön tarkoitettuja yleisesti käytettyjä ohjelmistoenkoodereita ovat vMix, Wirecast ja VidBlaster X. Näille yhteistä on laaja tuki erilaisille kuva-, ääni- sekä muille lähdetypeille ja -teknologioille. Ohjelmistot sisältävät myös monia tuotantoarvoa lisääviä ominaisuuksia, jotka riippuvat hankitusta lisenssistä. Näitä ominaisuuksia ovat muun muassa suorat videopuhelut lähetykseen, välitön uusinta ja hidastus, valmiit animoidut otsikot sekä päivitettävät tulostaulut. Wirecast tarjoaa Studio-lisenssiä sekä Pro-lisenssiä, joka tuo lisäarvona tulostaulut, virtuaalisetit, yksittäisten kuva- ja äänilähteiden nauhoituksen ja suuremman mahdollisen vierasmäärän. VMix:in kallein lisenssi sisältää lisäominaisuuksina suuremman mahdollisen vierasmäärän ja välittömän uusinnan käytön 8 eri kameralle. Nämä lisäominaisuudet sisältyvät myös kuukausimaksulisenssiin. VidBlaster X on toiminnaltaan modulaarinen ohjelmisto, ja sen hinnoittelu perustuu käytettävien moduulien määrään. Home-versio tukee seitsemää samanaikaista moduulia, Studio-versio 25 moduulia ja Broadcast-versio 100 moduulia. (Wilbert 2022.)

Ohjelmisto	ilmainen versio	kuukausihinta	vuosihinta	kertamaksu
OBS Studio	on	-	-	-
Streamlabs Desktop	on	19\$ (Prime-lisenssi)	149\$ (Prime-lisenssi)	-
Xsplit Broadcaster	on (rajoitettu)	13,50€	55€	180€
vMix	ei	50\$	-	60\$ (Basic HD), 350\$ (HD), 700\$ (4K), 1200\$ (Pro)
Wirecast	ei	-	-	599\$ (Studio), 799\$ (Pro)
VidBlaster X	ei	-	9\$ (Home), 99\$ (Studio), 999\$ (Broadcast)	-

Taulukko 2. Ohjelmistoenkooderien hintojen vertailua (May 2020; OBS Project 2022; SplitmediaLabs, Ltd. 2022; Wilbert 2022)

3.3 Alustat

Striimausalustat ovat verkkopalveluita, joihin pystytään lataamaan joko suoraa tai ennalta nauhoitettua videota, joista se saadaan levitettyä kohdeyleisön nähtäväksi. Monet alustat tarjoavat myös muita palveluita erottuakseen markkinoilla. Näihin palveluihin voivat kuulua esimerkiksi sosiaalisena mediana toimiminen, videoiden tallennusominaisuudet ja videoiden kaupallistamiseen liittyvät ominaisuudet. Eri alustat suuntaavat palveluitaan myös eri käyttäjäkunnille, esimerkiksi Twitch.tv on vahvasti profiloitunut videopelisisällön striimaukseen. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan ja vertaillaan YouTube:n, Vimeo:n, Twitch:in, Facebook:in, Zoom:in, BigMarker:in ja Dacast:in ominaisuuksia ja eroja. Alustojen hintaeroja käsiteltiin aikaisemmassa kappaleessa taulukossa 1.

YouTube on ensisijaisesti videoiden tallennus- ja katselupalvelu, joka on myöhemmin lisännyt mahdollisuuden suorien lähetysten tekemiseen. YouTube pystyy vastaanottamaan videota enkooderista lähetettynä, mutta myös suoraan webkameran tai mobiililaitteen kautta, mikä helpottaa striimauksen aloitusta niille, jotka eivät vielä ole harjaantuneet enkooderien käytöstä (YouTube). YouTube ei rajoita lähetettävän videon bittinopeutta, vaan transkoodaa videon katsottavaksi eri laatuasetuksilla joista korkein on 2160p 60 fps,

eli kunhan asetettu bittinopeus on tarpeeksi korkea tavoitellun laadun lähetykseen, se saadaan eri laitteilla ja verkkonopeuksilla saataville (Google 2022a). YouTuben kumppaniohjelmassa mukana olevat kanavat voivat kaupallistaa lähetyksiään mainosten ja Super Chat -lahjoitusten avulla (Google 2022b).

Vimeo on YouTuben tavalla ensisijaisesti tarkoitettu videoiden tallennukseen ja katseluun, mutta tarjoaa maksullisia lisenssejä, joista Premium- ja Enterpriselisenssit sisältävät livestriimaustoimintoja. Premium-lisenssi sisältää 1080p-laatuisten lähetysten ja webinaarien tuottamismahdollisuuden sekä 7 TB tallennustilaa videoille ja lähetyksille. Lähetyksen jälkeen videon voi halutessaan korvata paikallisesti tallennetulla 2160p-laatusella versiolla. Vimeo on alustana teknisesti esimerkiksi transkoodauksen kannalta verrattavissa YouTubeen, mutta se tarjoaa enemmän vaihtoehtoja lähetysten tai videoiden hallintaan, levittämiseen ja kaupallistamiseen. (Vimeo.com, Inc. 2022.)

Twitch.tv on ensisijaisesti livestriimaukseen tarkoitettu sivusto, jonka painotus on videopelisisällössä, mutta kasvaneen käyttäjäkunnan avulla tarjonta on laajentunut myös muille kohdeyleisöille muun muassa musiikki-, urheilu-, ruoanlaitto-, ja keskusteluohjelmälähetyksillä. Twitch tukee enimmillään 1080p-laatusia lähetyksiä 60 fps:n kuvataajuudella ja suosittelee käytettäväksi 6000 kbps:n bittinopeutta (Twitch.tv Inc. a). Myös Twitch tekee lähetyksille transkoodausta, mutta ominaisuus on taattu ainoastaan Kumppaniohjelmassa mukana oleville, kun taas muut saavat ominaisuuden käyttöönsä käytettävissä olevan kapasiteetin mukaan (Twitch.tv Inc. b). Lähetysten katsominen Twitchissä on ilmaista, joten kanavien kaupallistaminen perustuu mainoksiin ja vapaaehtoiisiin lahjoituksiin sekä kanavatilauksiin, joilla katsoja saa käyttöönsä kanavan omat hymiöt (Twitch.tv Inc. b).

Facebook on sosiaalinen media, jolla on mahdollista jakaa sisältöä monessa eri muodossa, joihin sisältyy myös livelähetysten lähettäminen. Livelähetyksen voi tehdä puhelimella Facebook-sovelluksen kautta tai enkooderilla, jos halutaan suurempaa tuotantoarvoa kameroilla, mikrofoneilla tai grafiikalla (Meta 2022b). Facebook tukee maksimissaan 1080p-laatua 60 fps:n kuvataajuudella (Meta 2022a). Facebookin livelähetykset sopivat hyvin sellaisille toimijoille, jotka pystyvät kasvattamaan yleisöään ja yhteisöään muullakin kuin live- ja videosisällöllä.

Zoom on etäkokousten pitämiseen tarkoitettu ohjelmisto- ja selainpohjainen palvelu, joka käyttää webkameraa ja tietokoneen sisäistä tai USB-mikrofonia, mutta siihen voidaan ohjelmistoenkooderien virtuaalisella webkameratoiminnolla ohjata videokuvaa ja virtuaalisella äänimikserillä tai ulkoisella äänikortilla ääntä. Zoomilla on olemassa ilmainen lisenssi tietyillä rajoituksilla nauhoitukseen, kokousten pituuteen ja muihin ominaisuuksiin

(Zoom Video Communications, Inc. 2022). Maksulliset lisenssit on jaoteltu eri kokoisten yritysten ja tiimien mukaan, alkaen Pro-lisenssistä, joka on tarkoitettu korkeintaan 9 hengen tiimeille (Zoom Video Communications, Inc. 2022). Zoomilla on myös erikseen webinaarien ja tapahtumien järjestämiseen paremmin soveltuvat Zoom Webinar ja Zoom Events -palvelut, joiden hinta määritellään maksimiosallistujamäärän mukaan (Zoom Video Communications, Inc. 2022). Zoom on hyvä vaihtoehto sellaisiin lähetyksiin, missä toivotaan paljon interaktiivisuutta katsojilta.

BigMarker selainpohjainen webinaari- ja virtuaalitapahtuma-alusta, joka sisältää monipuolisesti työkaluja luotujen tapahtumien hallintaan. Lisenssejä on 4 eri kokoisten webinaarien tuotantoon, alkaen Starter-lisenssistä, joka kattaa 100 osallistujan webinaarit (BigMarker 2021). Webinaarialustan lisäksi BigMarkeria voidaan käyttää myös videoalustana. Lähetys voidaan nauhoittaa pilveen ja julkaista halutulle kohderyhmälle näkyväksi. Vaihtoehtoisesti nauhoitettu webinaari voidaan ladata laitteelle, leikata ja ladata takaisin alustalle, jolloin voidaan kasvattaa tuotantoarvoa.

Dacast on striimausalusta, joka toimii lisäksi videoalustana ja tarjoaa monipuolisesti työkaluja sisällön säilöntään, hallintaan ja kaupallistamiseen. Alusta tukee 1080p-laatuista videolähetystä ja suosittelee 25 tai 30 fps:n kuvataajuutta ja 4500 kbps:n bittinopeutta. Myös transkoodaukselle on tuki, mutta se ei toimi yhtä joustavasti, kuin esimerkiksi YouTubessa, vaan videon tuetut enkoodausasetukset on tarkasti määriteltä. Livestriimauksen lisäksi Dacastin videoalustalle voidaan ladata korkeintaan 4K-laatuisia videoita, jotka voidaan transkoodata eri laatuasetuksille. (Dacast 2022; Duhamel 2021; Guevara 2020; Krings 2022.)

3.4 Muut ohjelmistot

Enkooderien lisäksi livelähetyksen tuotannossa voidaan käyttää muita ohjelmistoja apuna eri tarkoituksiin, kuten virtuaaliseen äänimiksaukseen, ohjelmistopohjaiseen melunpoistoon, kasvojen tunnistukseen ja pikakomentojen luontiin. Osa tarkasteltavista työkaluista on erillisiä ohjelmistoja, kun taas toiset ovat OBS Studioon tai Stream Deck -ohjelmistoon asennettavia liitännäisiä.

Voicemeeter on virtuaalinen äänimikseri, jolla voidaan reitittää ja miksata fyysisiä ja ohjelmistopuolen äänilähtöjä haluttuihin kanaviin. Voicemeeterillä on kolme eri versiota, jotka on suunnattu eri kokoluokan ja taitotason käyttöön. Versiot eroavat käytettävien äänilähtöjen ja -tulojen määrällä; pienin sisältää 3, kun taas suurin sisältää 8. Kehittäjä rahoittaa toimintaansa lahjoituksilla, joten ohjelmiston käyttö on käytännössä ilmaista, vaikka kehittäjän tukeminen olisi suotavaa. (VB-Audio 2022.)

Stream Deck on Elgaton tuotteiden kanssa käytettävä ohjelmisto, jolla pystytään määrittämään pikakomentoja tietokoneen ja ohjelmistojen toimintoja varten. Ohjelmisto toimii neljän eri kokoisena painikekonsolin, kolmen painikkeen pedaalin sekä ilmaisen mobiilisovelluksen kanssa. Ohjelmiston avoin ohjelmistokehityspaketti mahdollistaa käyttäjille omien liitännäisten kehittämisen. (Elgato.)

Näistä liitännäisistä OBS Tools on hyödyllinen työkalu OBS Studion kanssa työskentelyyn, koska se lisää uusia toimintoja, kuten siirtymän ja studiotilan vaihdon sekä lähteiden animoinnin (GitHub, Inc. 2022a). Jos Stream Deckin ohella käytetään muita lähetysteknisiä ohjaimia ja konsoleita, kuten video- tai valomikseriä, Companion-liitännäinen mahdollistaa muiden konsolien ohjaamisen Stream Deckin kautta, jolloin työskentelyä voidaan helpottaa ja virtaviivaistaa (Bitfocus AS).

Myös OBS Studioon on saatavilla suuri määrä erilaisia liitännäisiä, joilla voidaan optimoida työnkulkua ja lisätä uusia toimintoja. Tiedetyt liitännäiset ovat enemmän kehittäjiä, kuin käyttäjiä varten, sillä ne avaavat uusia mahdollisuuksia toimintojen kehittämisessä. Esimerkkinä tästä on OBS Websocket, joka mahdollistaa muun muassa OBS Studion kauko-ohjaamisen lähiverkon kautta tai muulla ohjelmistolla, kuten aiemmin mainitulla Stream Deckin OBS Tools -työkalulla (GitHub, Inc. 2022b). Käyttäjälle uusia toimintoja lisääviin liitännäisiin kuuluvat muun muassa StreamFX, OBS-NDI, Virtual camera filter ja OBS-ASIO.

StreamFX lisää OBS Studioon uusia suotimia, joilla voidaan muokata videolähteiden ulkonäköä muun muassa värimäärittelyllä, automaattisella rajauksella, kohinanpoistolla ja virtuaalisella väriavainnuksella (GitHub, Inc. 2021). Automaattinen rajaustoiminto hyödyntää Nvidian lisätyn todellisuuden ohjelmistokehityspakettia, joka mahdollistaa Nvidian RTX-sarjan näytönohjainten käytön tekoälypohjaiseen, reaaliaikaiseen kasvojentunnistukseen eri sovelluksissa (Nvidia Corporation 2022b). Nvidian erillinen sovellus Nvidia Broadcast käyttää samaa tekoälyn pohjautuvaa tekniikkaa äänen melunpoistoon, videon kohinanpoistoon, virtuaalitaustaan ja kasvojen seurantaan (Nvidia Corporation 2022a).

OBS-NDI mahdollistaa NDI-tekniikan käytön OBS Studiossa. Tämä tarkoittaa, että toiselta laitteelta lähetettyä NDI-videosignaalia on mahdollista vastaanottaa OBS Studioon lähiverkon välityksellä. Liitännäisen avulla voidaan myös lähettää joko koko lähetys, yksittäinen kohta tai yksittäinen lähde NDI-uloslähtönä. Tämä on hyödyllistä, jos käytössä on esimerkiksi monta tietokonetta tai NDI-kameraa, joiden videomateriaali halutaan koostaa yhdelle lähetykselle ilman kuvankaappauskortteja tai videomikseriä. (Lepin 2021.)

OBS Studio sisältää virtuaalikameratoiminnon, jolla videolähtöä voidaan käyttää webkameran tavoin eri sovelluksissa, kuten Zoomissa tai Teams:issä. Tietyissä tilanteissa videolähdössä voi olla mukana sellaisia asioita, joita ei haluta näkyväksi virtuaalikameran kautta, kuten graafiset elementit, vaihtuvat kohtaukset tai Zoomin/Teams:in kuvankaappaukset. Virtual Cam Filter lisää OBS Studioon suotimen, jonka avulla virtuaalikameraksi voidaan valita tietty kohta tai lähde (XenForo Ltd. 2020).

Normaalisti OBS Studioon lisättävä äänilähde tukee yhtä raitaa äänilaitetta kohden. Jos esimerkiksi käytetään ulkoista äänimikseriä jossa on monta säädettävää raitaa, OBS Studio yhdistää raidat yhdeksi äänituloksi, eikä erillisiä raitoja pystytä enää säätämään. Tämä rajoitus pystytään kiertämään OBS-ASIO -liitännäisellä, joka mahdollistaa ammattilaiskäyttöön tarkoitettujen ASIO (Audio Stream Input/Output) -äänilaitteiden ja -sovellusten äänen kaappauksen raitakohtaisesti (Anderson 2021). ASIO-työnkulku vaatii, että tietokoneelle on asennettu joko käytettävän laitteen valmistajan tarjoama, sovelluksen mukana tullut tai kolmannen osapuolen ASIO-ajuri (GitHub, Inc. 2022c).

4 Case-tuotannot

Tässä luvussa käydään läpi StartHubin ja sen yhteistyökumppanien järjestämiä livelähetyksiä sekä niissä käytettyä kalustoa. Lisäksi tarkastellaan lähetyksissä käytettyjä studio- ja teknisiä kokoonpanoja. Case-aiheiksi valikoitui viisi tuotettua lähetystä sen mukaan, että saataisiin monipuolinen kuvaus käytetyistä ratkaisuista.

Tuotannoissa käytetty kalusto on ollut hyvin vaihtelevaa tilanteen ja käytettävissä olevan kaluston mukaan. Osa käytetyistä laitteista on lainattu Tekniikan laitokselta, osa Muotoiluinstituutilta, ja loput on hankittu StartHubin käyttöön vuoden 2021 aikana.

4.1 Case 1: Storm 2020

StartHubilla järjestetty Storm 2020 –ideakilpailu toteutettiin hybriditoteutuksena, johon kuului kolme webinaarilähetystä peräkkäisinä päivinä ja finaali, jossa finalistit esiintyivät tuomaristolle ja verkon yli katsoville. Lähetykset tehtiin Zoom-alustalla.

Webinaarien olennaisena sisältönä oli esiintyjän ja opetusmateriaalin lisäksi esiintyjän toiveesta kirjoitustaulu, mikä vaikutti päätökseen toisen kameran käytöstä. Esiintyjälle oli myös tärkeää, että katsojat pystyvät esittämään kysymyksiä esityksen aikana sekä tekstin että äänen välityksellä, minkä takia otettiin käyttöön monitorikaiuttimet. Storm 2020 –webinaarit olivat ensimmäisiä tämän opinnäytetyön yhteydessä toteutettuja livelähetyksiä ja myös mittakaavaltaan pienimpiä, koska pitkäaikaista studiota ja kalustoa ei vielä ollut käytettävissä.

Tapahtuman finaalissa olennainen sisältö oli finalistiryhmien esitysten pitäminen tuomareille ja muille osallistujille sekä tuomareiden palautteen antaminen ryhmille. Tapahtuman yhteydessä oli myös yhden Zoomin välityksellä osallistuneen vieraan puheenvuoro. Haasteena tapahtuman tuotannossa oli äänentoiston järjestäminen paikan päällä seuraaville rajallisen kaluston takia.

4.1.1 Käytetty kalusto

Webinaareissa käytettiin 1. kamerana Blackmagic Design Production Camera 4K -videokameraa ja tukevana kamerana Canon EOS 90D -järjestelmäkameraa. 4K-kamerassa oli ulostulo vain SDI-kaapelille, joten signaalin vastaanottoon käytettiin Blackmagic Design Mini Converter UpDownCross HD –videomuunninta, jolla SDI-signaali pystytään muuttamaan HDMI-muotoon ja päinvastoin. HDMI-signaalin vastaanottoon käytettiin Elgato Game Capture HD60 S+ -kuvankaappauskorttia. Järjestelmäkameran signaalin vastaanottoon käytettiin USB-kaapelia. Lähetys-PC:lle oli asennettu Canon EOS Webcam

Utility –ohjelmisto, jonka avulla Canon:in järjestelmäkameroita pystyy käyttämään kuin normaalia USB-webkameraa.

Äänen taltiointiin käytettiin kaulusmikrofonia ja JTS UF-20R -lähetin-vastaanotinjärjestelmää, josta signaali ajettiin XLR-kaapelilla Rode Rodecaster Pro -äänimikseriin ja siitä USB-kaapelilla lähetys-PC:lle. Rodecaster Pro:ta voidaan käyttää samanaikaisesti äänen vientiin sekä tuontiin USB-kaapelin kautta, mikä mahdollistaa kaiuttimien yhdistämisen suoraan siihen.

Lähetyksessä näytetyt diat kaapattiin suoraan esiintyjän kannettavalta tietokoneelta, jotta hän pystyi mahdollisimman helposti itse vaihtamaan ja lukemaan näytettävää materiaalia esityksen aikana. Kuvasignaali kaapattiin Elgato Game Capture HD60 S –kuvankaappauskortilla. Kuva miksattiin Streamlabs OBS –ohjelmistolla ja Elgato Stream Deck:illä. Miksattu kuva saatiin vietyä Zoom-istuntoon Streamlabs OBS:n Virtual Webcam –toiminnon avulla.

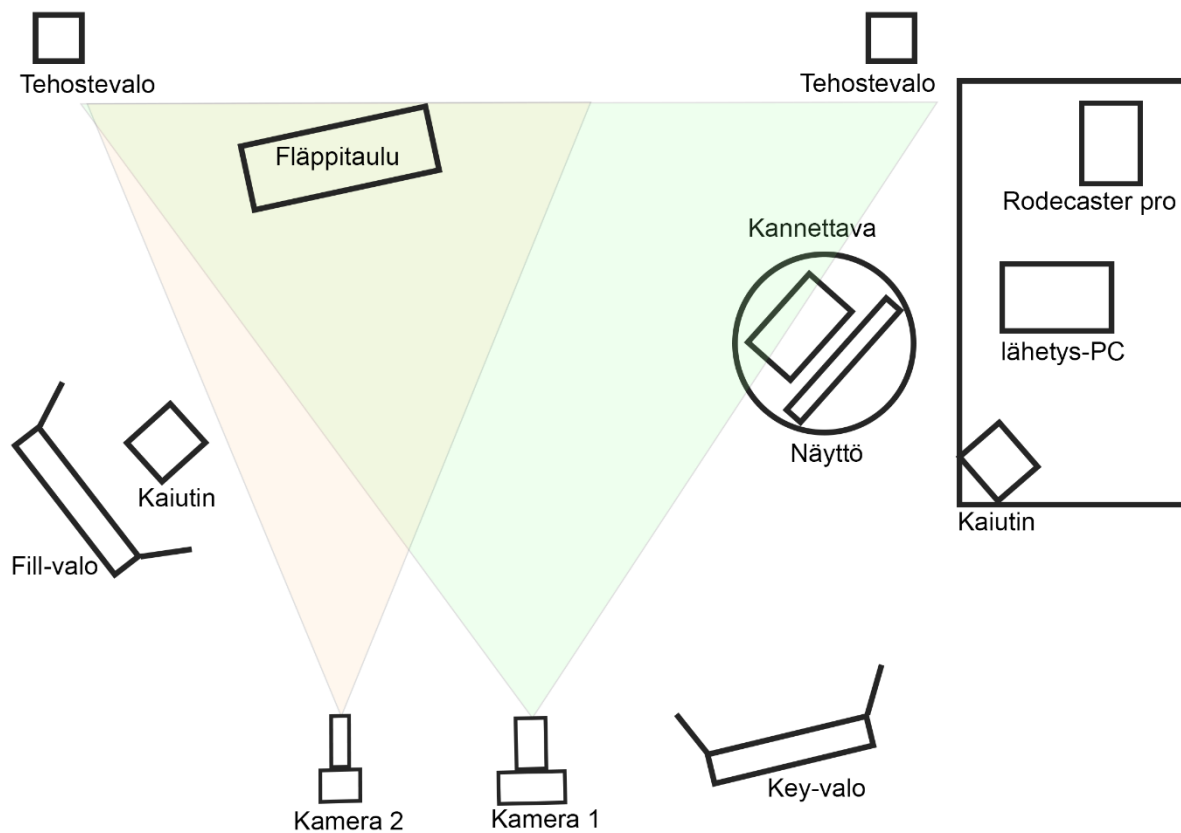
Tapahtuman finaalissa käytettiin muuten samaa kalustoa, kuin webinaareissa, mutta kameroita oli yksi enemmän. 2. kamerana käytettiin Panasonic HC-X1 4K –videokameraa. Blackmagic Design:in ja Panasonic:in videokameroiden signaalit vastaanotettiin Blackmagic Design Atem 1 M/E Production Studio 4K -kuvamikserillä, jossa on sisääntulopaikat sekä SDI- että HDMI-kaapeleille. Kuvamikseristä signaali saatiin HDMI-kaapelilla ja kuvankaappauskortilla lähetys-PC:lle. Diojen näyttämiseen sekä paikan päällä että verkossa seuraaville käytettiin Elgato:n kuvankaappauskortin HDMI-ulostuloa, jolla diat saatiin esitettyä näytöllä.

4.1.2 Studion järjestys ja tekninen kokoonpano

Storm 2020 –kilpailun webinaarit ja finaali toteutettiin StartHubin tiloissa ennen, kuin pysyvää studiotilaa alettiin rakentaa. Tämä aiheutti haastetta sen takia, että studiotila piti rakentaa tyhjästä. Tämä toisaalta auttoi finaalissa, koska tilaa tarvittiin paljon, ja valmiiksi rakennettu studio olisi rajoittanut käytettävää tilaa. Kuvien 2 ja 6 kaaviot havainnollistavat studiotilojen järjestystä, ja kuvilla 3, 4, 7, 8 ja 9 havainnollistetaan käytettyjä kuvakulmia ja rajauksia.

Webinaarien taltiointiin ja suoratoistoon käytettiin Streamlabs OBS –ohjelmistoa, josta kuva vietiin Zoom:iin Virtual webcam –toiminnolla. Ääni ajettiin ennen nauhoitusta ja Zoom:iin vientiä Nvidia Broadcast:in melunpoisto-ominaisuuden läpi. Finaalissa ainoa muutos työnkulkuun oli OBS:n käyttö Streamlabs OBS:n sijaan, sillä esitysten yhteydessä hyödynnettiin Nvidian lisätyn todellisuuden ohjelmistokehityspaketin kasvojentunnistustoimintoa, jolla saman kameran rajausta saatiin tiukennettua ilman, että

kohde jää rajauksen ulkopuolelle. Kuvien 5 ja 10 kaaviot havainnollistavat tuotantojen teknistä kokoonpanoa.



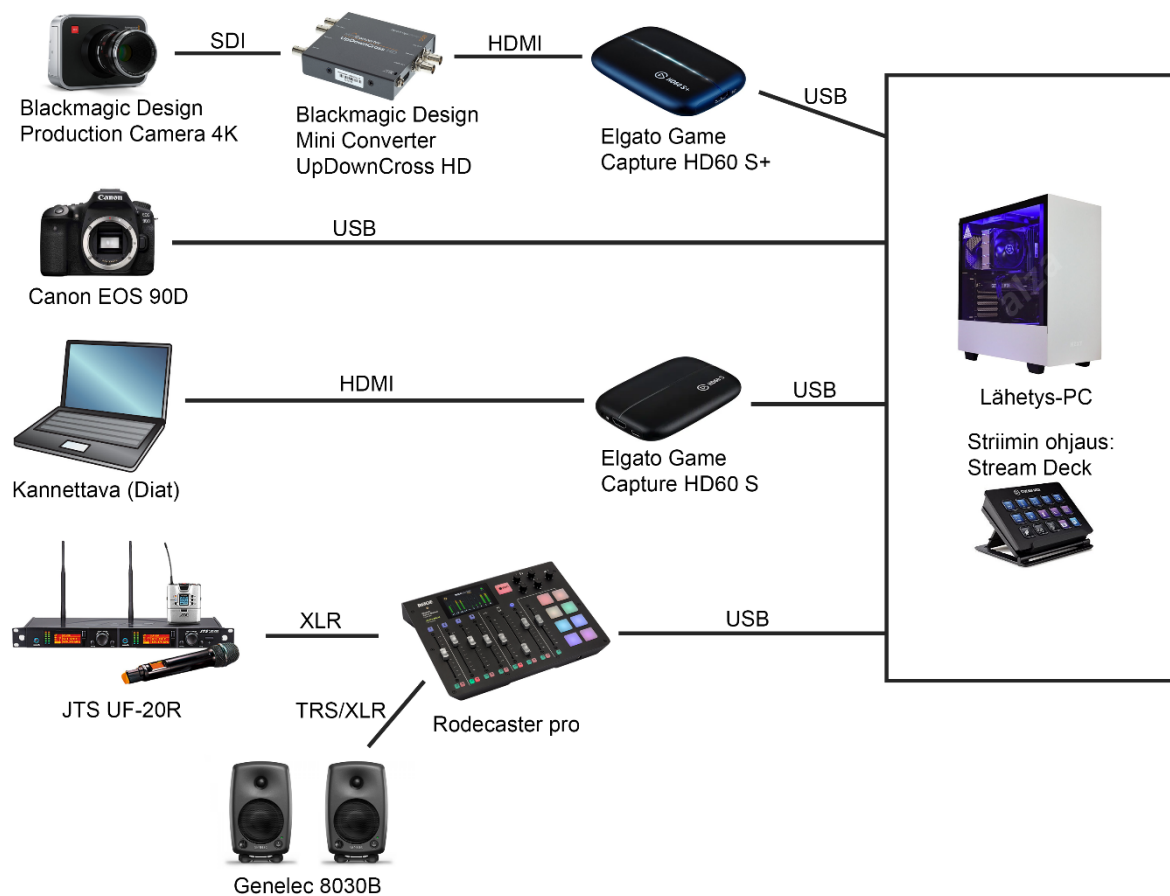
Kuva 2. Kaavio Storm 2020 -webinaarien studiokokoonpanosta



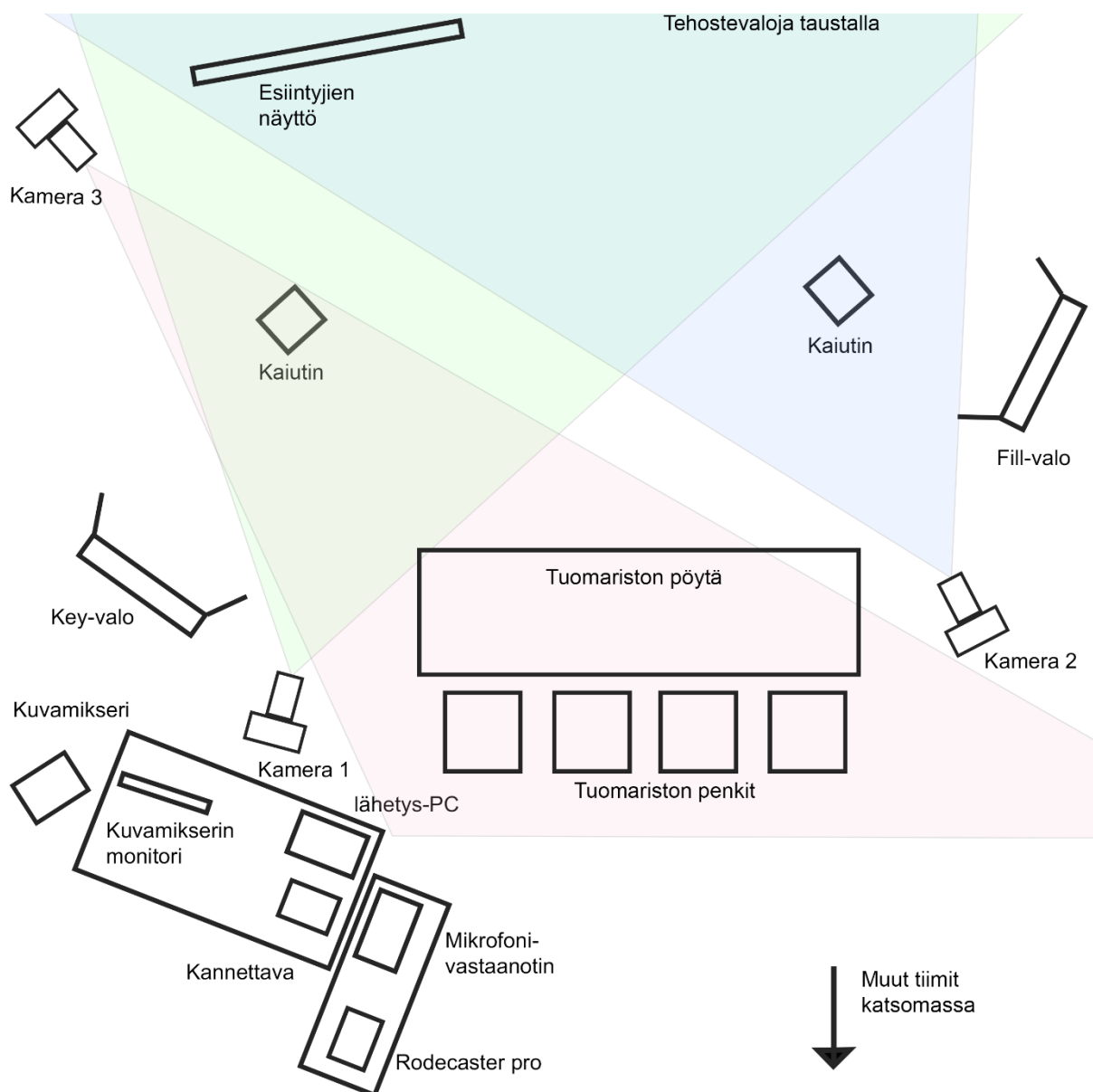
Kuva 3. Näyte kamera 1:n kuvasta ja rajauksesta



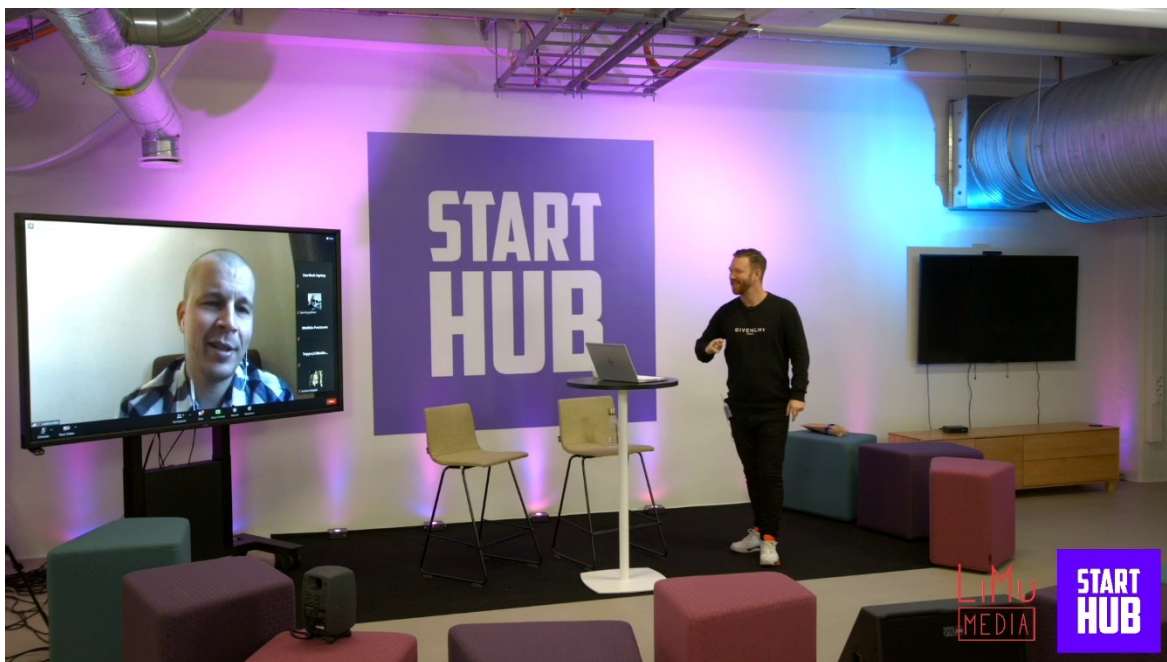
Kuva 4. Näyte kamera 2:n kuvasta ja rajauksesta



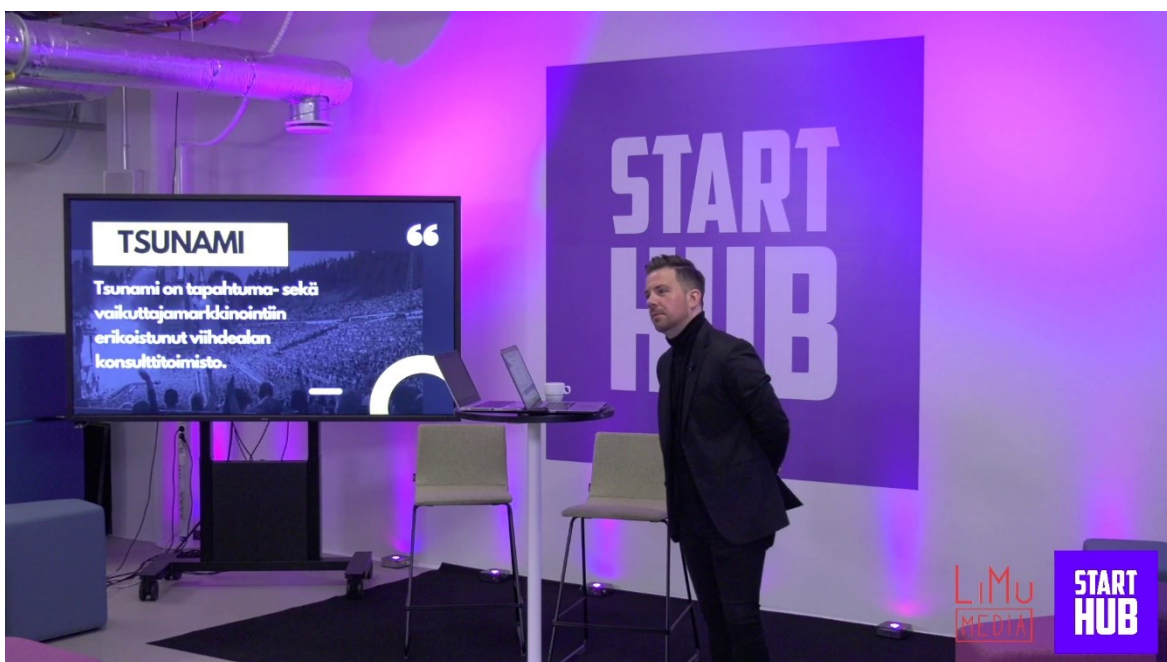
Kuva 5. Kaavio Storm 2020 –webinaarien teknisestä kokoonpanosta



Kuva 6. Kaavio Storm 2020 –kilpailun finaalin studiokokoonpanosta



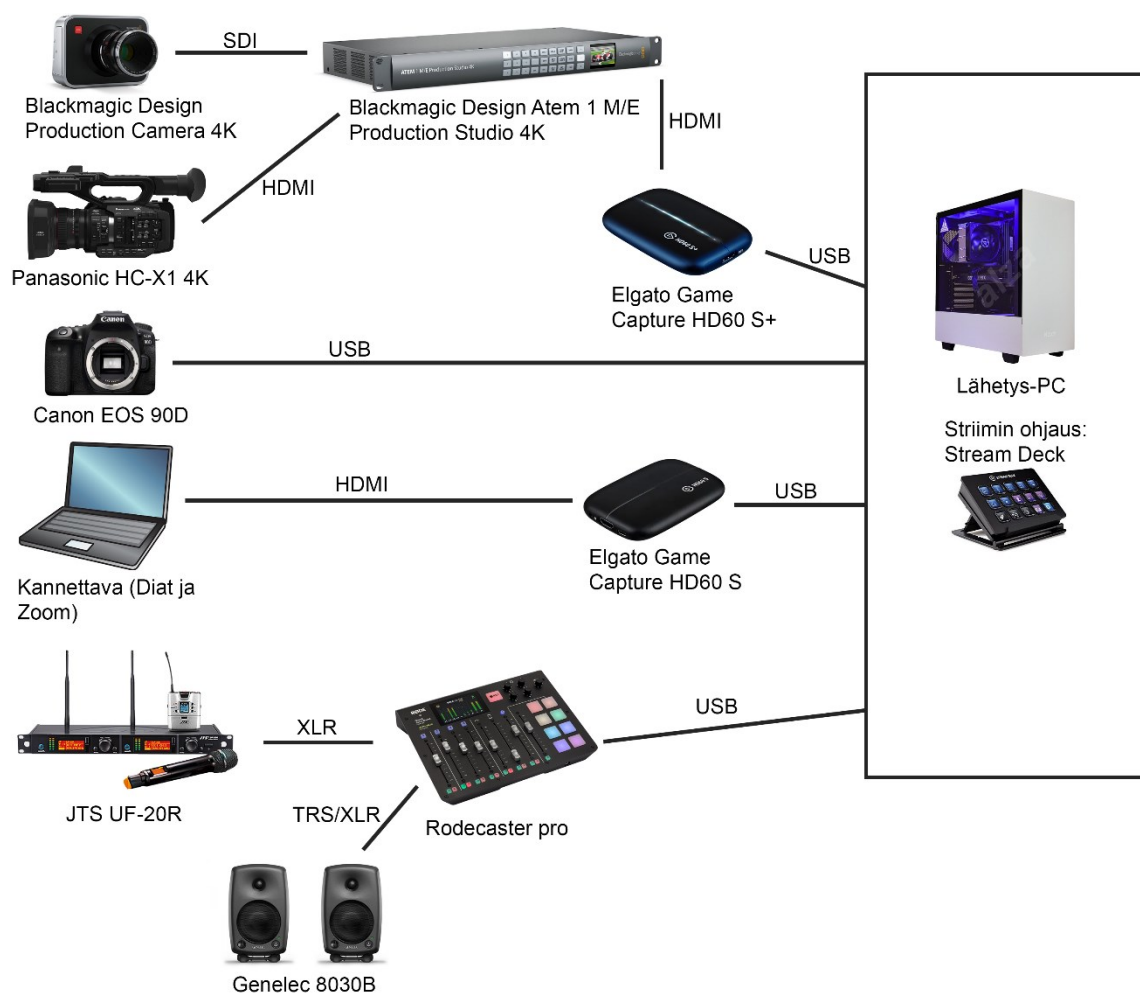
Kuva 7. Näyte kamera 1:n kuvasta ja rajauksesta Storm 2020 –finaalin aikana



Kuva 8. Näyte kamera 2:n kuvasta ja rajauksesta Storm 2020 –finaalin aikana



Kuva 9. Näyte kamera 3:n kuvasta ja rajauksesta Storm 2020 –finaalin aikana



Kuva 10. Kaavio Storm 2020 –kilpailun finaalin teknisestä kokoonpanosta

4.2 Case 2: LUT-konsernin pikkujoulut 2020

LUT-konserni järjesti vuonna 2020 henkilöstönsä pikkujoulut etätoteutuksena. Ohjelmaan kuului yhtyeen live-esiintyminen, Kahoot-peli, limbokilpailu ja karaoke. KMU Live Oy oli mukana tuotannon teknisessä toteutuksessa. StartHubin tuotantotiimi oli vastuussa kaikesta muusta, paitsi musiikkiesitykseen liittyvästä kalustosta, tekniikasta ja valo- ja äänimiksauksesta. StartHubin ja LAB-ammattikorkeakoulun työntekijät olivat musiikkiesityksen aikana vastuussa kuvamiksauksesta ja toisen staattisen kameran operoinnista. Lähetys tehtiin Zoom-alustalla.

Olennaisin sisältö pikkujoulujen aikana oli musiikkiesitys, jonka toteutuksessa KMU Live Oy oli tärkeässä roolissa. He toivat suurimman osan tarvittavasta kalustosta; Vain yksi kamera ja osa valoista lainattiin kampukselta. Lähetys-PC, Stream deck ja juontajien kuvaukseen tarkoitetun studion kalusto olivat StartHubin ja LAB:in omistamia.

4.2.1 Käytetty kalusto

Musiikkiesityksen aikana yleiskuvan kuvaamiseen käytettiin Blackmagic Design Studio Camera 4K Pro –videokameraa. Staattisena zoom-kamerana käytettiin Tekniikan laitokselta lainattua Panasonic HC-X1 4K –videokameraa. Liikkuvasta kamerasta ei ole tarkempia tietoja. Blackmagic Design:in 4K kamerasta kuvasignaali vietiin videomikseriin suoraan SDI-kaapelilla, kun taas Panasonic:in kameran HDMI-signaali piti muuntaa Blackmagic Design Micro Converter HDMI to SDI –videomuuntimella SDI-signaaliksi. Liikkuvalla kameralla kuvaamiseen käytettiin kannettavaa vakainjärjestelmää ja langatonta lähetyvastaanotin-järjestelmää mahdollisimman vakaan ja esteettömän kuvaamisen mahdollistamiseksi. Videovastaanottimesta signaali vietiin videomikseriin SDI-kaapelilla.

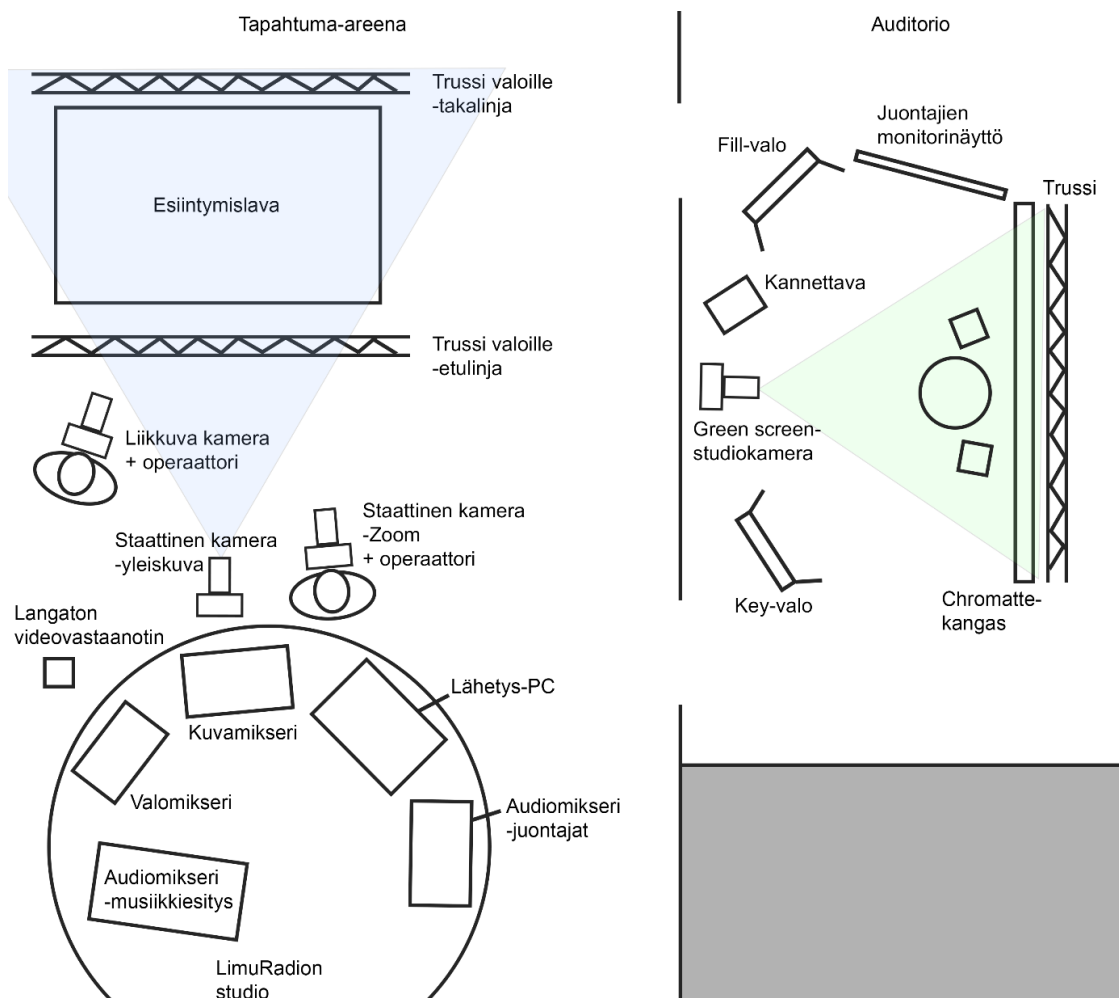
Juontajat kuvattiin Blackmagic Design Production Camera 4K –videokameralla, jonka kuvasignaali vietiin videomuuntimen ja kuvankaappauskortin kautta suoraan lähetys-PC:lle ohittaen videomikserin. Tämä tehtiin, jotta musiikkiesityksen aikana pystyi keskittymään vain siihen liittyvien kameroiden miksaamiseen. Juontajien kuvaamisessa käytettiin väriavainnukseen Chromatte-kangasta ja kameran linssiin kiinnitettyä LED-valorengasta.

Juontajien äänet taltioitiin kaulusmikrofoneilla ja Rode Wireless Go -lähetyvastaanottimilla, joista signaali vietiin äänimikseriin ja siitä ulkoisen äänikortin kautta lähetys-PC:lle. Muu audiotekniikka oli KMU Live Oy:n vastuulla, joten tarkempia tietoja käytetyistä laitteista ei ole.

4.2.2 Studion järjestys ja tekninen kokoonpano

Tapahtuma tuotettiin M19-kampuksen tiloissa A-siiven tapahtuma-areenalla ja sen viereisessä auditoriossa. Limuradion studiota käytettiin tarkkaamana, jossa tehtiin äänen, valon ja videon miksaus sekä live-lähetysten ohjaaminen. Tilan tuomana haasteena oli juontajien kuvaaminen eristetyssä tilassa ja tästä johtunut hankaluus kommunikoinnissa. Kommunikointiin käytettiin radiopuhelimia, joiden ääni saattoi helposti kuulua kaulusmikrofonien kautta lähetykseen. Kuvan 11 kaavio havainnollistaa studiotilan järjestystä, ja kuvilla 12, 13, 14 ja 15 havainnollistetaan käytettyjä kuvakulmia ja rajauksia.

Käytettyjen ohjelmistojen kannalta toteutus oli samanlainen Storm 2020-tapahtuman finaalin kanssa, mutta kasvojentunnistusta ja melunpoistoa ei käytetty. Kuvan 16 kaavio havainnollistaa tuotannon teknistä kokoonpanoa, jossa KMU Live Oy:n vastuisiin kuulunut kalusto on merkitty suuntaa antavasti.



Kuva 11. Kaavio LUT-konsernin vuoden 2020 pikkujoulujen studioskokoonpanosta



Kuva 12. Väriavainnus-studiokameran kuva ja rajaus



Kuva 13. Yleiskuvakameran kuva ja rajaus



Kuva 14. Näyte zoom-kameran kuvasta



Kuva 15. Näyte liikkuvan kameran kuvasta

Jaksoissa on tavallisesti ollut 4–5 vierasta, jotka pitävät tunnin mittaisen jakson aikana lyhyet puheenvuorot omasta taustastaan, työnkuvastaan tai muusta aihepiiriin liittyvästä asiasta. Vieraat voivat myös näyttää esityksiä, kuvia ja videoita halutessaan. Lähetyksissä vastataan katsojien kysymyksiin ja kommentteihin, ja myös sosiaalisen median kautta kanssakäymiseen kannustetaan.

Tarkasteltavaksi otettiin ensimmäinen lähetys sekä kirjoitushetkellä viimeisin lähetys, jotta voitaisiin havainnollistaa vuoden 2021 aikana tapahtunutta muutosta käytettävissä olevassa kalustossa, studiossa ja teknisissä valmiuksissa. Ensimmäinen lähetys toteutettiin 3.2.2021 ja viimeisin 4.8.2021.

4.3.1 Käytetty kalusto

Ensimmäisessä lähetyksessä pääkamerana käytettiin Panasonic HC-X1 4K –videokameraa. Pääkameran vieressä pidettiin valmiina Canon XF 100 –videokameraa varmuuden vuoksi. Varakameraa käytettiin sen takia, että 4K-kameran signaali saattoi kuormittaa lähetys-PC:n USB-ohjainta liikaa, jolloin signaali häviäisi OBS:stä. Molempien kameroiden signaali vastaanotettiin kuvankaappauskorttien avulla. Viimeisin jakso kuvattiin StartHubin käyttöön hankitulla Blackmagic Design Studio Camera 4K Pro –videokameralla ja Blackmagic Design Atem Television Studio Pro 4K -videomikserillä. Signaali vastaanotettiin lähetys-PC:n PCIe-väylään asennetun Blackmagic Design Decklink 4K Extreme –kuvankaappauskortin kautta.

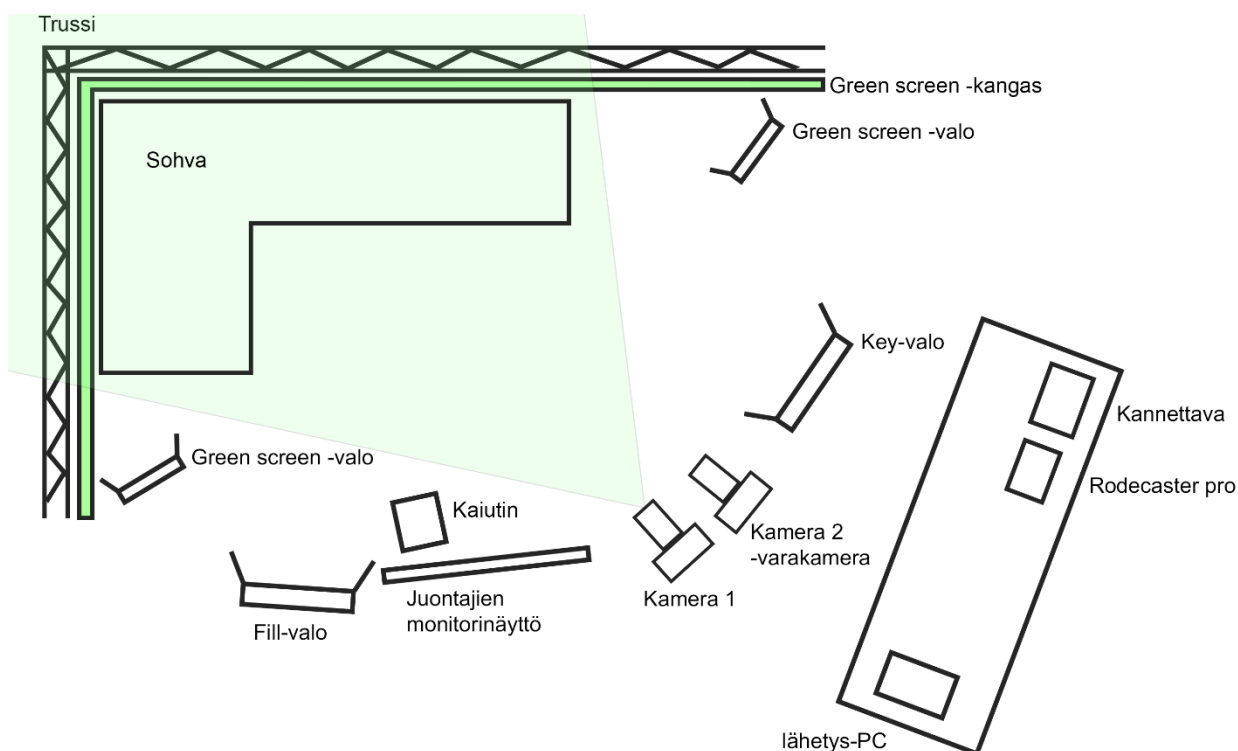
Väriavainnukseen käytetään trusseille ripustettua vihreää kangasta. Ensimmäisessä lähetyksessä taustakangas ja trussit lainattiin muualta, mutta sen jälkeen kaikissa lähetyksissä käytettiin StarHubin käyttöön hankittuja trusseja ja taustakankaita. Kankaat valaistiin erikseen, mikä aiheutti ensimmäisessä lähetyksessä haastetta sen takia, että lähetyksessä istuttiin sohvalta, jonka taakse ei mahtunut valoja. Muissa lähetyksissä on käytetty samankaltaista asettelua, kuin viimeisimmässä lähetyksessä, eli taustakankaan ja juontajien väliin on jätetty riittävästi tilaa kankaan valaisuun. Viimeisimmässä lähetyksessä kankaan valaisuun käytettiin lisäksi kolmatta, trussin päälle asennettua LED-kohdevaloa. Kahta muuta LED-kohdevaloa käytettiin hiusvaloina.

Äänen taltiointiin on suurimmassa osassa lähetyksiä käytetty Rode Rodecaster Pro -mikseriä ja kaulusmikrofoneja Rode Wireless Go -lähetinvaastanottimien kanssa. Viimeisimmässä lähetyksessä Rodecaster Pro:n tilalla käytettiin Behringer X32 -äänimikseriä. Vieraat puhuvat juontajille lähetys-PC:hen liitettyjen monitorikaiuttimien kautta. Trussin päälle kiinnitettyjä LED-kohdevaloja kontrolloidaan Chamsys MagicQ PC Wing -valomikserillä.

4.3.2 Studion järjestys ja tekninen kokoonpano

Sarjan lähetyksiä varten StartHubin tiloihin on rakennettu osittain pysyvä studiotila, joka on helpottanut lähetyksen kuukausittaista tuottamista ja lisäksi mahdollistanut muidenkin tuotantojen tekemisen nopealla aikataululla. Tila on haastava sen takia, että sitä ei ole suunniteltu äänityöskentelyyn. Tila on myös vapaasti StartHubin asiakkaiden käytössä, ja ympäröivistä tiloista saattaa kuulua lähetyksiä häiritseviä ääniä. Suurin osa ääneen liittyvistä ongelmista on kuitenkin saatu korjattua mikserien tehokkailla työkaluilla tai ohjelmistopuolen melunpoistolla. Kuvien 17 ja 20 kaaviot havainnollistavat studiotilojen järjestystä, ja kuvilla 18 ja 21 havainnollistetaan käytettyjä kuvakulmia ja rajauksia.

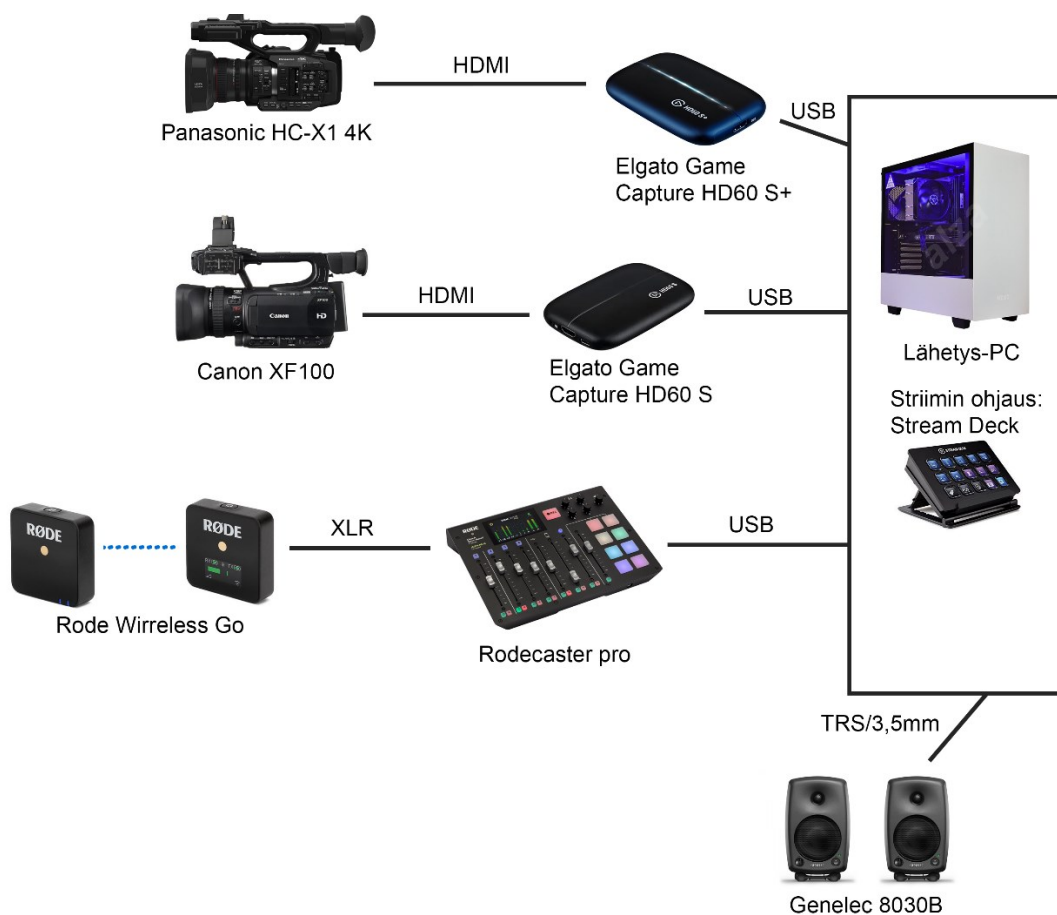
Lähetyssarjan alkaessa OBS oli jo vakiintunut kaikissa tapahtumissa käytettäväksi videoenkooderiksi. Muuta huomioitavaa lähetyksen teknisestä kokoonpanosta ovat viimeisimpään lähetykseen mennessä vakiintunut tapa näyttää informaatiota juontajille. Juontajat näkevät kolmelta erilliseltä näytöltä vieraat, kellon, kommentit ja reaaliaikaisen esikatselun lähetyksestä. Kuvien 19 ja 22 kaaviot havainnollistavat tuotantojen teknistä kokoonpanoa.



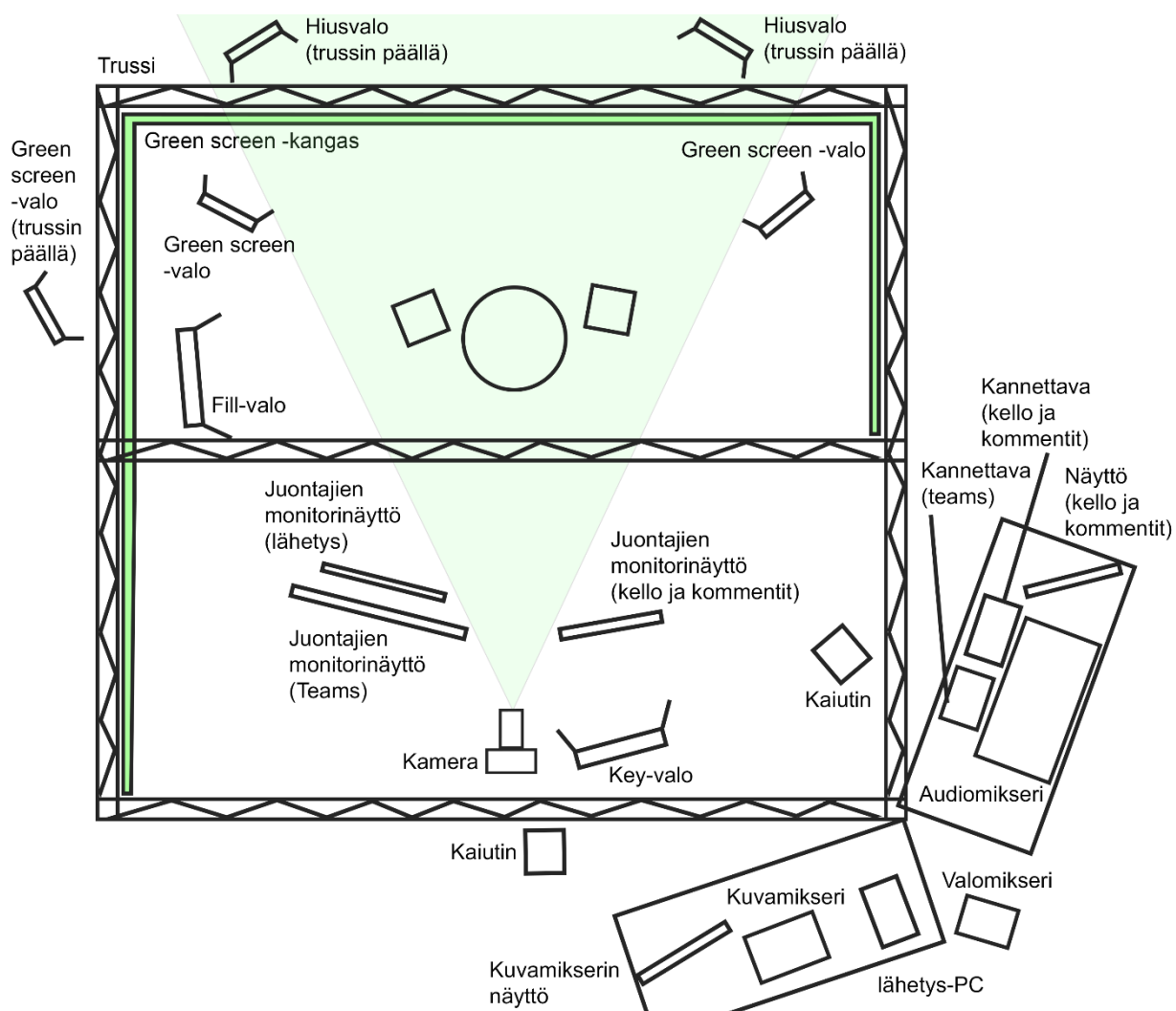
Kuva 17. Kaavio European Dialogue For Sustainable Cities -lähetyssarjan ensimmäisessä jaksossa (3.2.2021) käytetystä studiokokoonpanosta



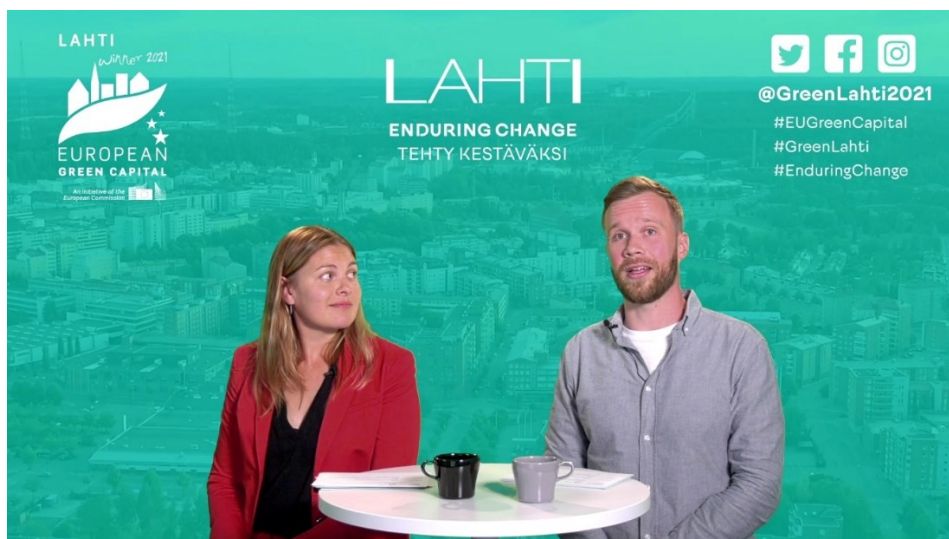
Kuva 18. Näyte studiokameran kuvasta. European Dialogue For Sustainable Cities -lähetysarjan ensimmäisen jakson aikana



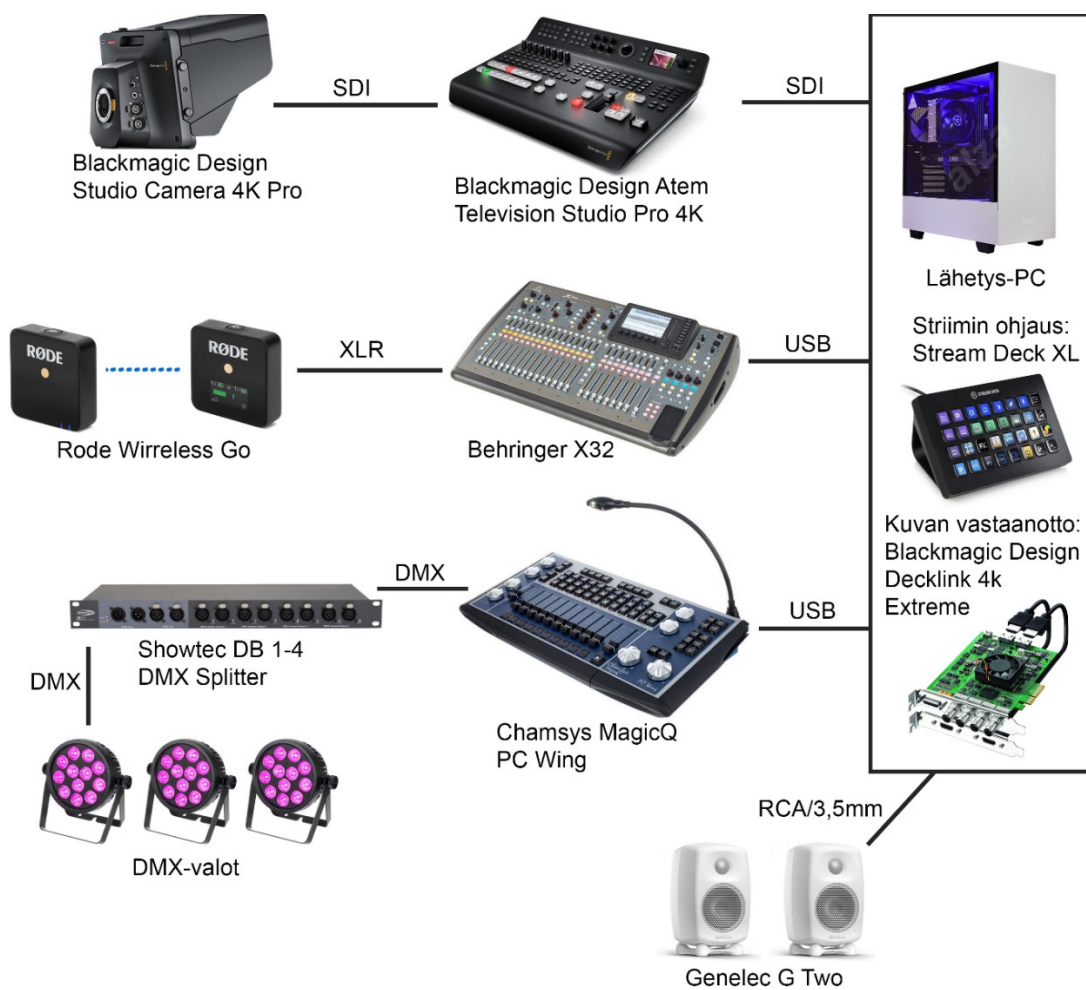
Kuva 19. Kaavio European Dialogue For Sustainable Cities -lähetysarjan ensimmäisen jakson teknisestä kokoonpanosta



Kuva 20. Kaavio European Dialogue For Sustainable Cities -lähetysjärjestelmän 7. jaksossa (4.8.2021) käytetystä studiokokoonpanosta



Kuva 21. Näyte studiokameran kuvasta



Kuva 22. Kaavio European Dialogue For Sustainable Cities -lähetysjärjestelmän 7. jakson teknisestä kokoonpanosta

4.4 Case 4: EU Green Week 2021 –avaustapahtuma

StartHub oli mukana toteuttamassa Kestävä Lahti -säätiön tuottamaa EU Green Week 2021 –avaustapahtumaa. Tapahtuman ohjelmaan kuului puheenvuoroja sekä etäyhteydellä että studiosta käsin, ennalta nauhoitettu musiikkiesitys ja rinnakkaisia paneelikeskusteluja. Tapahtuma oli jaettu kolmeen eri osioon, joista ensimmäinen ja viimeinen tuotettiin StartHubin studiossa. Toista studio-osuutta varten studiossa oli rekvisiittaa valmiina, mikä piti ottaa huomioon ensimmäisen osion tuotannossa. Keskimmaisessa osiossa studiota ei tarvittu, joten muutokset asettelussa pystyttiin tekemään sen aikana.

Lähetyksen ensimmäinen osio sisälsi keskustelua ja puheenvuoroja studiossa ja Teams-yhteydellä. Tämän jälkeen pidettiin väliaika, jonka aikana näytettiin ennalta nauhoitettu musiikkiesitys. Musiikkiesitys päätettiin nauhoittaa etukäteen tilan huonon akustisuuden ja teknisen vaikeuden vuoksi. StartHub oli vastuussa esityksen kuvaamisesta ja leikkaamisesta, ja KMU Live Oy nauhoitti ja editoi musiikin. Kuvassa x havainnollistetaan musiikkiesityksessä käytettyä studiojärjestelyä. Musiikkiesityksen jälkeen katsojat ohjattiin erillisiin sessioihin, joissa pidettiin rinnakkaisia, etukäteen nauhoitettuja puhe-esityksiä. Rinnakkaisten sessioiden jälkeen katsojat ohjattiin takaisin päälähetykseen, jossa kolmas osio alkoi. Kolmannessa osiossa pidettiin neljän nuoren paneelikeskustelu rinnakkaissessioissa käsitellyistä aiheista. Tapahtuman alustana käytettiin Liveto-palvelua, joka mahdollisti rinnakkaisten esitysten pitämisen.

Tapahtuman toista studio-osuutta varten kuvattiin taustamateriaalia Hollolassa Iso Tiilijärven ympäristössä. Taustalle haluttiin videomateriaalia, koska pieni luonnollinen liike taustassa auttaa ympäristön uskottavuudessa. Taustavideota myös värimääriteltiin niin, että tausta ja rekvisiitta sulautuisivat paremmin yhteen.

4.4.1 Käytetty kalusto

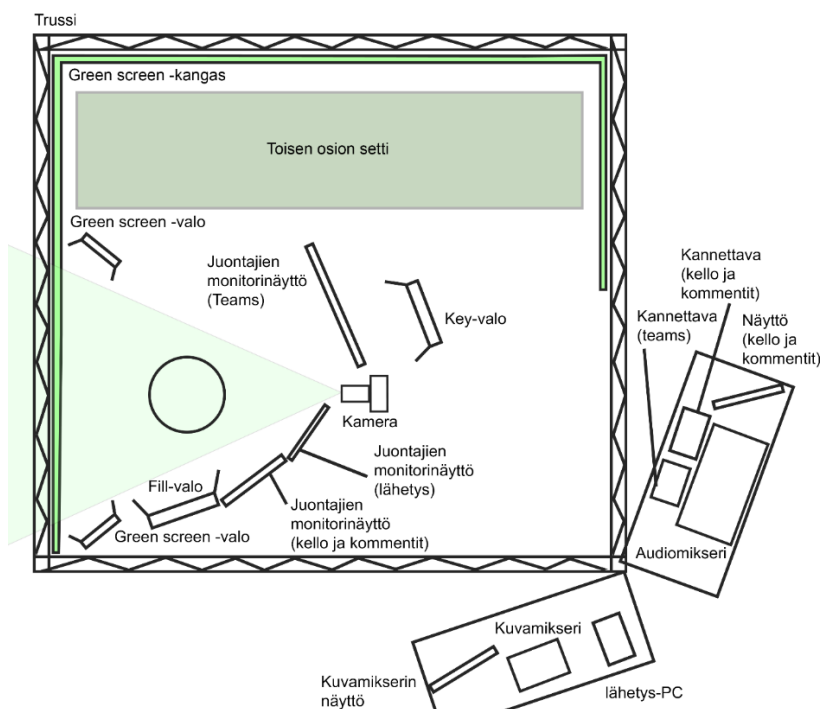
Kun EU Green Week 2021 –avaustapahtumaa tuotettiin, studion kalusto oli jo suurimmaksi osaksi vakiintunutta. Jos tuotantoa verrataan viimeisimpään European Dialogue For Sustainable Cities -lähetykseen, ainoa ero on DMX-valojen ja Behringer:in äänimikserin puuttuminen. Ensimmäinen osio kuvattiin Panasonic HC-X1 –videokameralla, joka siirrettiin toisessa studio-osuudessa kuvaamaan oikeanpuoleista lähikuvaa. Toisen studio-osuuden yleiskuva kuvattiin Blackmagic Design Micro Studio Camera 4K –pienoisvideokameralla, ja vasen lähikuva kuvattiin Blackmagic Design Studio Camera 4K Pro –videokameralla.

Äänen taltiointiin käytettiin kaulusmikrofoneja ja Rode Wireless Go -lähetin vastaanottimia, mutta lisäksi käytettiin kolmea haulikkomikrofonia setin yläpuolelle ripustettuina. Haulikkomikrofoneilla pystyttiin tukemaan kaulusmikrofoneja esimerkiksi hiljaisten puhujien tapauksessa. Koska Rode Rodecaster Pro -mikserissä on vain neljä sisääntulopaikkaa, käyttöön lainattiin myös toinen saman mallin mikseri.

4.4.2 Studion järjestys ja tekninen kokoonpano

Tapahtuman tuotannossa haastavinta oli studion lavastaminen rekvisiitalla kuitenkin niin, että osaa studiosta pystyttiin käyttämään lavastamattoman osuuden kuvaamiseen. Kaluston käyttö suunniteltiin niin, että osioiden välissä saataisiin mahdollisimman vähällä järjestelyllä toisen studio-osuuden setti valmiiksi. Haastavaa oli myös taustakankaan valaisu niin, että valot eivät näkyisi kuvassa. Valot saatiin piilotettua istuinten ja muun rekvisiitan taakse. Kuvien 23 ja 26 kaaviot havainnollistavat studiotilojen järjestystä, ja kuvilla 24 25, 27, 28 ja 29 havainnollistetaan käytettyjä kuvakulmia ja rajauksia.

Videoenkooderina lähetyksessä käytettiin OBS:sää, ja alustana käytettiin Vimeo:ta. Vimeo:ssa lähetyksen pidettiin piilotettuna, mutta Liveto-palvelu upotti Vimeo-linkin avulla videon tapahtuman omalle sivulle. Kuvan 30 kaavio havainnollistaa tuotannon teknistä kokoonpanoa.



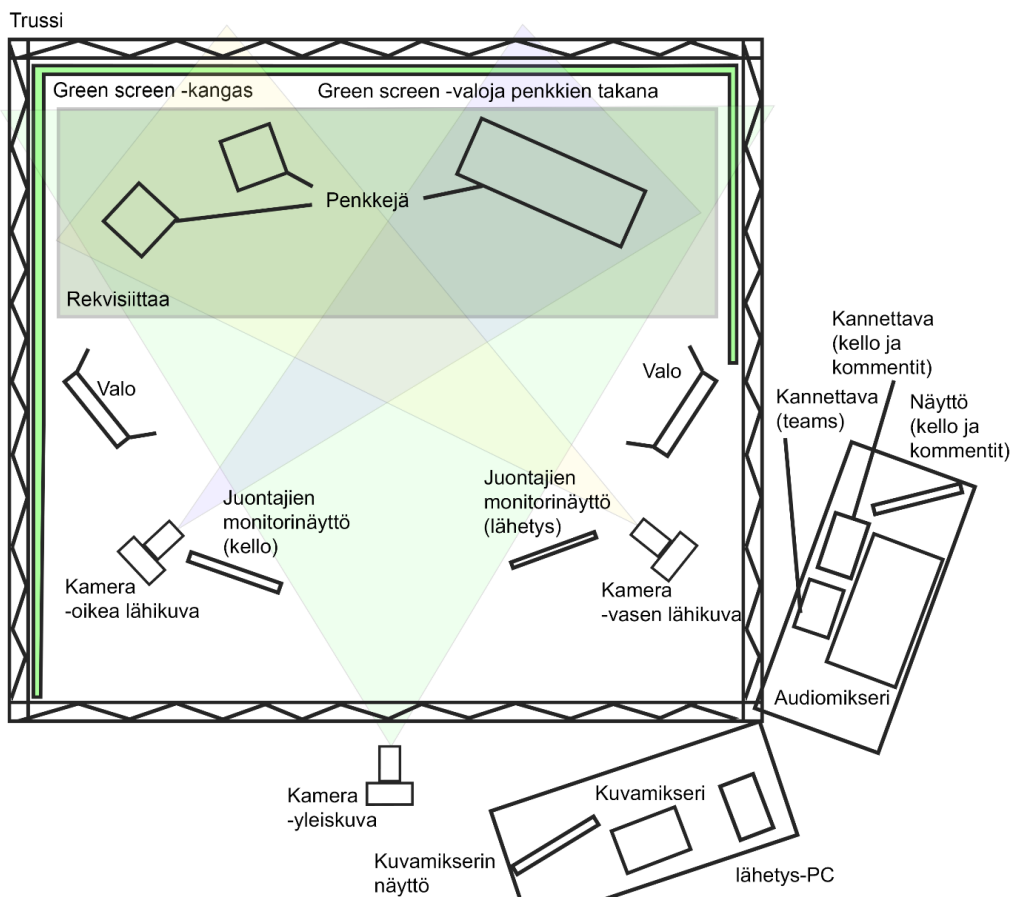
Kuva 23. Kaavio EU Green Week -avaustapahtuman ensimmäisen osion studiokokoonpanosta



Kuva 24. Näyte kameran kuvasta ja rajauksesta EU Green Week 2021 -avaustapahtuman ensimmäisen osion aikana



Kuva 25. Näyte etukäteen nauhoitetusta musiikkiesityksestä



Kuva 26. Kaavio EU Green Week –avaustapahtuman toisen osion studiokokoonpanosta



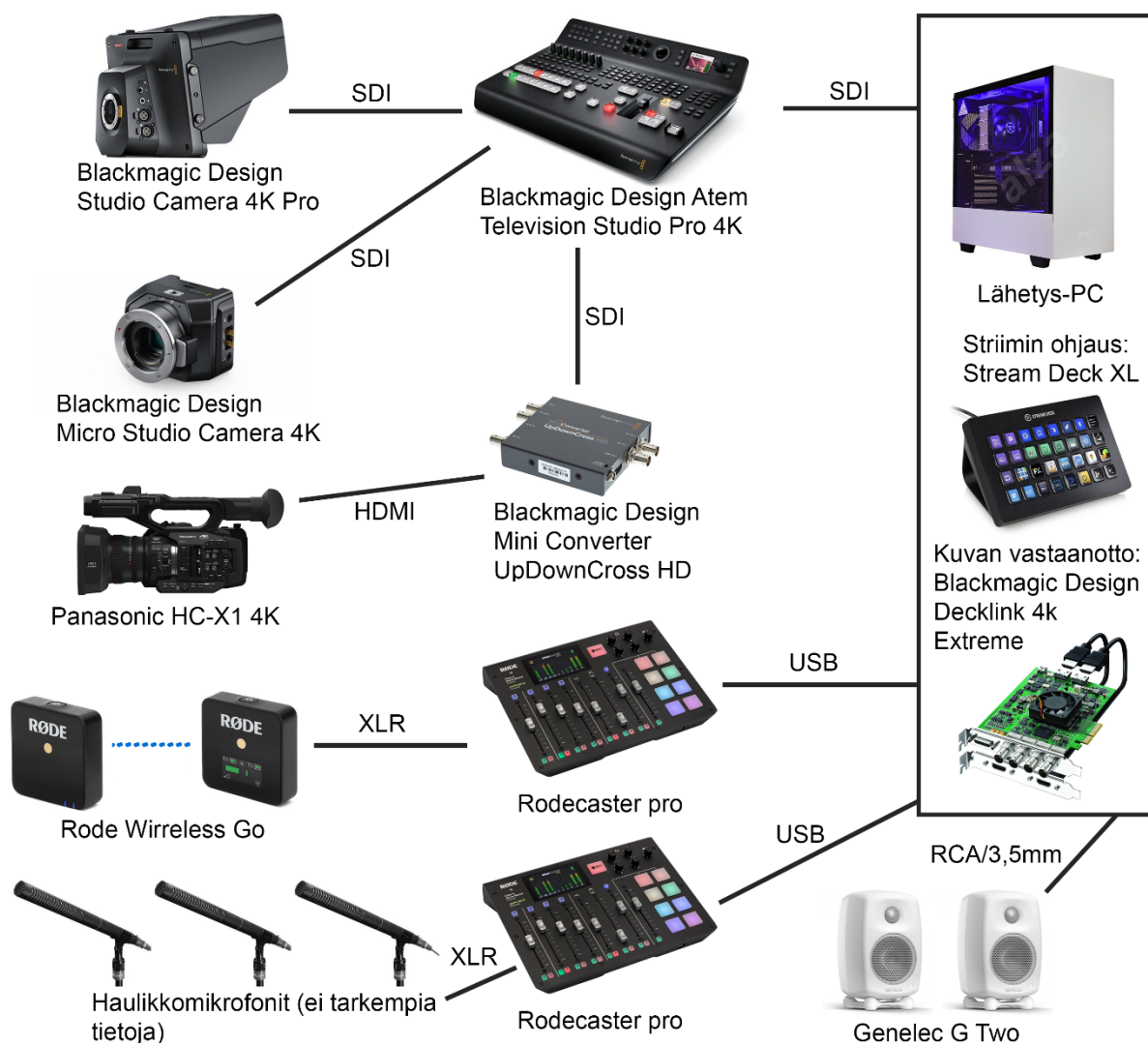
Kuva 27. Näyte yleiskuvakameran kuvasta ja rajauksesta EU Green Week 2021 -avaustapahtuman toisen osion aikana



Kuva 28. Näyte oikeasta lähikuvasta ja sen rajauksesta EU Green Week 2021 -avaustapahtuman toisen osion aikana



Kuva 29. Näyte vasemmasta lähikuvasta ja sen rajauksesta EU Green Week 2021 -avaustapahtuman toisen osion aikana



Kuva 30. Kaavio EU Green Week –avaustapahtuman teknisestä kokoonpanosta

4.5 Case 5: Skystage–pelitapahtuma

Skystage on Skynett ry:n ja Savon Diginatiivit ry:n tuottama pelitapahtuma, jonka tavoitteena oli hyväntekeväisyyskeräys mielenterveystyön tukemiseksi. Tapahtuman ohjelmaan kuului pääkanavalla striimaajaolympialaiset, striimivierailuja ja DJ-keikka. Rinnakkaisilla kanavilla näytettiin videopeliturnauksia. StartHub oli mukana toteuttamassa striimiolympialaisia Pajulahden Urheiluopiston hallissa. StartHubin vastuulla oli osa kalustosta sekä liikkuvan kameran operointi. Tapahtuman alustana käytettiin Twitch.tv:tä.

Tässä aluvussa keskitytään tarkastelemaan striimaajaolympialaisia, koska StartHubilla oli vastuutehtävä niihin liittyen. Olennainen sisältö lähetyksen aikana oli striimaajien kesken käydyt leikkimieliset kilpailut, joihin kuului eri lajeja. Muuhun sisältöön kuului studiossa

olevan kameran kuvaama onnenpyörä ja sillä arvotut rangaistukset sekä taukojen aikana striimaajien käytössä oleva kamerapiste studion sivussa.

4.5.1 Käytetty kalusto

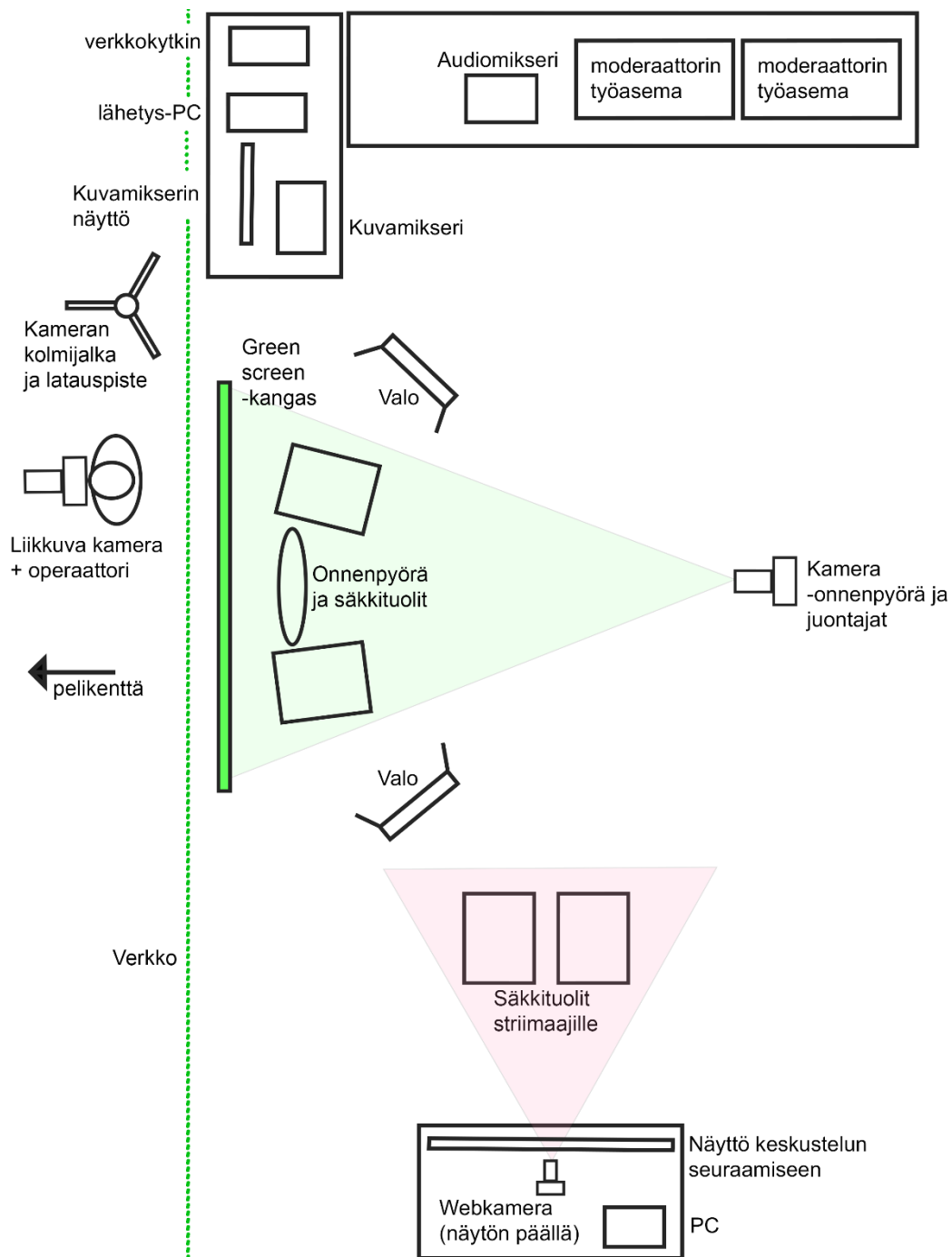
StartHub toi tapahtuman tuotantoa varten kaksi videokameraa, niiden tarvikkeet, videomikserin, äänimikserin, kaulusmikrofonit, lähetyvastaanottimet mikrofoneja varten, Stream Deck:in, kuvankaappauskortin ja webkameran. Kaikki muu kalusto oli Skynett ry:n ja Savon Diginatiivit ry:n omistamaa. Liikkuvana kamerana käytettiin Panasonic HC-X1 4K –videokameraa, jonka signaali vastaanotettiin Hollyland Mars 400s Pro -videolähettimellä ja vastaanottimella videomikseriin. Väriavainstudion kamerana käytettiin Blackmagic Design Studio Camera 4K Pro –videokameraa. Taukopisteen kamerana käytettiin Logitech Brio –webkameraa.

Juontajilla oli lähetyksessä kaulusmikrofonit ja lisäksi käsimikrofoni kilpailijoiden haastattelua varten. Kaulusmikrofonien kanssa käytettiin Pajulahden Urheilupuistolta saatuja Rode Wireless Go 2 -lähettimiä ja vastaanotinta, jotka mahdollistivat molempien juontajien mikrofoniin miksaamisen samalla raidalla. Käsimikrofonina käytettiin Rode Wireless Go -lähettimen sisäänrakennettua mikrofonia ja irtonaista kahvaosaa. Taukopisteellä käytettiin USB-mikrofonia, josta ei ole tarkempia tietoja. Lähetys-PC:n kuvankaappauskorttina käytettiin Blackmagic Design Decklink 4K Extreme:ä.

4.5.2 Studion järjestys ja tekninen kokoonpano

Striimaajaolympialaiset järjestettiin Liikuntakeskus Pajulahden Pajulahti-hallissa, jossa kilpailuun käytettiin tekonurmikenttää ja studio rakennettiin kentän laidalle. Taukopisteen kuva- ja äänisignaali saatiin lähetykseen koostamalla ne ensin OBS-ohjelmistossa erillisellä PC:llä ja sitten striimaamalla samassa lähiverkossa olevalla lähetys-PC:llä käynnissä olevalle mediapalvelimelle, josta ne saatiin haettua OBS-ohjelmistoon lähteeksi.

Haastavaa tuotannossa oli se, että kameraa operoidessa ei pystynyt kommunikoimaan tehokkaasti videomiksaajan/ohjaajan kanssa. Videokamera oli langattoman lähettimen ja varavirtapankin takia myös painavampi, kuin normaalisti, joten yhtäjaksoinen kuvaaminen oli fyysisesti vaativaa, ja kuvakulmien pito oli haastavaa. Myös kameran akunkesto aiheutti rajoituksia kuvaamiselle. Kentän reunalle studion viereen asetettiin kolmijalka ja kameran laturi, jotta tarpeen tullen kameraa voitaisiin käyttää myös verkkovirralla. Kuvan 31 kaavio havainnollistaa studiotilan järjestystä, ja kuvilla 32, 33 ja 34 havainnollistetaan käytettyjä kuvakulmia ja rajauksia. Kuvan 35 kaavio havainnollistaa tuotannon teknistä kokoonpanoa.



Kuva 31. Kaavio Skystage-pelitapahtumassa käytetystä studiokokoonpanosta



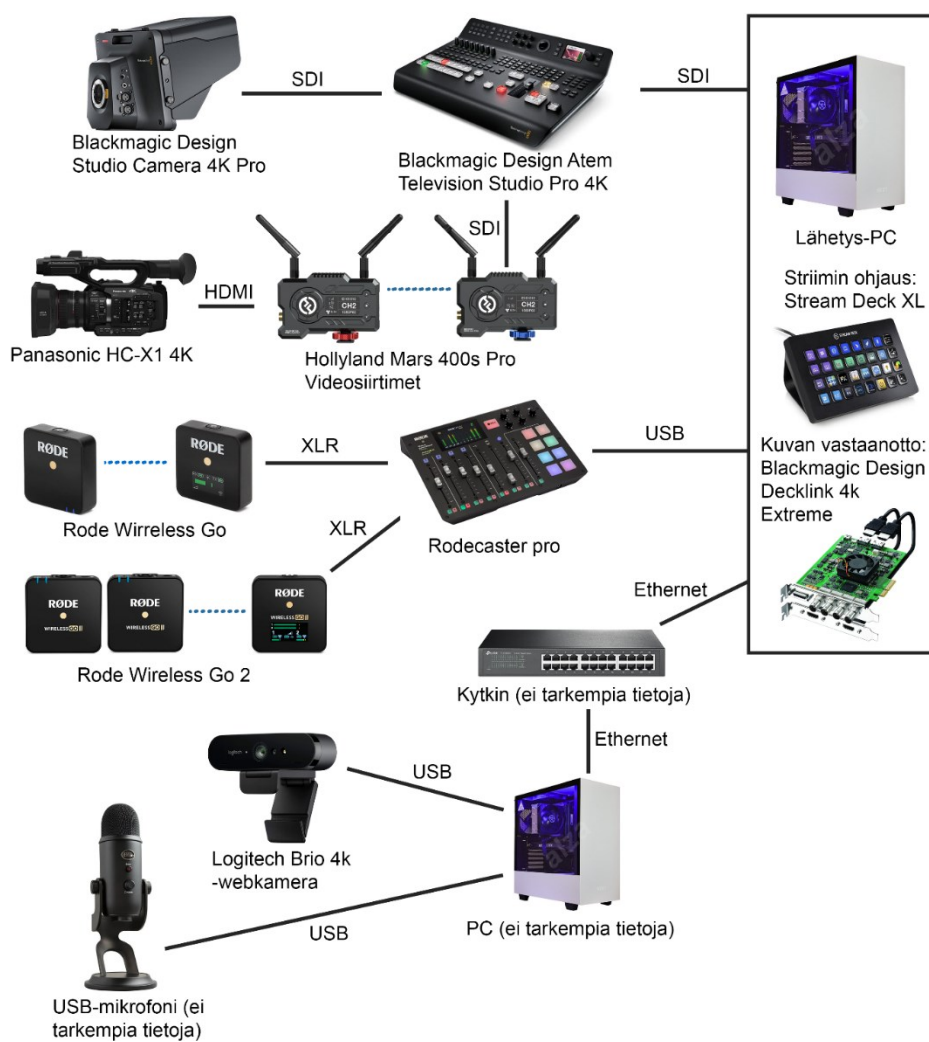
Kuva 32. Näyte liikkuvan kameran kuvasta Skystage-tapahtuman aikana



Kuva 33. Näyte väriavainnukseen käytetyn kameran kuvasta Skystage-tapahtuman aikana



Kuva 34. Näyte taukokameran kuvasta Skystage-tapahtuman aikana



Kuva 35. Kaavio Skystage-pelitapahtuman teknisestä kokoonpanosta

5 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella verkon yli tapahtuvien livelähetyksien tuotannon osuuksiin ja teknologioihin liittyvää teoriaa sekä muodostaa niiden pohjalta toimivat ratkaisut erilaisten verkko- ja hybridilähetysten tuottamiseen. Tutkimustyön tuloksena on työnkulku, joka mahdollistaa joustavasti eri kokoisten lähetysten tuottamisen joko pysyvässä studiotilassa tai liikuteltavalla kalustolla. Tätä työnkulkua käytettiin vuosien 2020 ja 2021 aikana lukuisien lähetysten tuottamiseen, joista tämän opinnäytetyön käsiteltäviksi valikoitui viisi.

Kaikki lähetykset saatiin suoritettua ilman vakavia teknisiä ongelmia, kuten katkoksia, ja kuvaan ja ääneen liittyvät ongelmat ovat olleet vain hetkellisiä. Koska käytettävä kalusto oli vaihtelevaa ja työnkulkua muutettiin tuotannon tarpeiden sekä tiimin tieto- ja taitotason kehittymisen mukaan, tuotannoissa jouduttiin myös tekemään kompromisseja. Muuttuvat olosuhteet ovat myös tuoneet teknisiä haasteita, joihin on ollut hankala varautua etukäteen. Haasteet olivat joko tuotantopaikasta, kaluston rajoitteista, uusista ohjelmistoista, tiimin koosta tai näiden yhteisvaikutuksista johtuvia. Haastavat tilanteet ovat kuitenkin selkeyttäneet, millaisilla hankinnoilla, muutoksilla ja osaamisella työnkulkua voitaisiin jatkossa kehittää.

Kamerateknisesti tuotantojen laatua voitaisiin parantaa esimerkiksi sekä nauhoitukseen että livelähetykseen ja liikkuvaan operointiin tarkoitettujen kameroiden käytöllä. Liikkuvaa kameraoperointia voitaisiin helpottaa myös erilaisilla häkeillä ja vakaimilla. Lainakäytössä olevia kameroita varten olisi hyvä olla käytössä videomuuntimia, joilla signaalia voidaan muuntaa haluttuun muotoon.

Äänitekniikan osalta voitaisiin panostaa tuotantopaikan kunnolliseen äänieristämiseen, tarvittaessa haulikkomikrofonien käyttöön tilamikrofoneina ja poskipantojen käyttöön kaulusmikrofonien kanssa. Näillä parannuksilla voidaan vähentää ympäristön äänen ja kaiun vaikutusta ja parantaa äänen laatua lähetyksessä. Myös langattoman kuulokejärjestelmän käyttö etänä osallistuvien vieraiden äänen kuuntelua sekä tuotantotiimin ja esiintyjien kommunikointia varten auttaisi eliminoimaan äänen kiertoa ja kaikua.

Lähetystekniikkaan liittyviä kehityskohteita voisivat olla esimerkiksi paremmat ratkaisut etänä osallistuvien esiintyjien videon ja äänen kaappaukseen, NDI-teknologian hyödyntäminen studiokokoonpanossa ja lähetysten monitoroinnin helpottaminen sekä lähetettäessä, että alustalla toistettuna niin, että koko tuotantotiimi voisi monitoroida lähetysten laatua. Muita yleisesti lähetysten tuottamiseen liittyviä

jatkokehitysmahdollisuuksia olisivat helpommin eri kohteisiin liikuteltavan kaluston ja kuljetusratkaisujen hankinta, sekä työtaakan tasaamiseksi tuotannosta riippuen erillisen ohjaajan, valo-operaattorin ja grafiikka/OBS-operaattorin hyödyntäminen osana tuotantotiimiä.

Tämä ei ole tyhjentävä listaus mahdollisista jatkokehitystavoista, vaan kooste tuotantojen aikana ilmenneistä ideoista, joilla juuri näiden tapaisiin tuotantoihin voitaisiin muovautua paremmin ja tekemistä voitaisiin optimoida. Nykyaikaisissa verkon yli tapahtuvissa livelähetyksissä selvittäään hyvin vähälläkin kalustolla, mutta jos tavoitteena on TV-tason laatuinen lähetys, tarvittavan kaluston arvo kasvaa nopeasti. Lähetyksen tekemiseen tarvittavat laitteet ja ohjelmistot ovat kuitenkin perinteiseen TV-tuotantolaitteistoon verrattuna helpommin saatavilla ja operoitavissa, mikä tarkoittaa, että valmius erilaisten livelähetysten tuottamiseen voi löytyä muiltakin tahoilta, kuin tuotantoyhtiöiltä.

Lähteet

- AfterDawn Oy. 2021. Codec. Viitattu 20.10.2021. Saatavissa <https://fin.afterdawn.com/sanasto/selitys.cfm/codec>
- AfterDawn Oy. 2022a. .Gif. Viitattu 30.3.2022. Saatavissa <https://fin.afterdawn.com/sanasto/tiedostopaate.cfm/gif>
- AfterDawn Oy. 2022b. Streamaus. Viitattu 29.3.2022. Saatavissa <https://fin.afterdawn.com/sanasto/selitys.cfm/streamaus>
- Aleksandersen, D. 2017. What is NDI® (Network Device Interface)? Dataton. Viitattu 23.7.2021. Saatavissa <https://newsandviews.dataton.com/what-is-ndi-network-device-interface>
- Anderson, A. 2021. Obs-asio. GitHub, Inc. Viitattu 16.2.2022. Saatavissa <https://github.com/Andersama/obs-asio>
- Aspose Pty Ltd. 2022. MOV. Viitattu 30.3.2022. Saatavissa <https://docs.fileformat.com/video/mov/>
- BigMarker. 2021. Webinar & Video Software Pricing. Viitattu 4.2.2022. Saatavissa <https://www.bigmarker.com/pricing>
- Bitfocus AS. Companion. Viitattu 11.2.2022. Saatavissa <https://bitfocus.io/companion/>
- Bybyk, A. 2019. Is hardware encoding better than software encoding? Restream, Inc. Viitattu 21.1.2022. Saatavissa <https://restream.io/blog/hardware-encoding-vs-software-encoding/>
- Bychok, A. 2021. XSplit vs. OBS Studio: Full comparison. Restream, Inc. Viitattu 25.1.2022. Saatavissa <https://restream.io/blog/xsplit-vs-obs-studio/>
- Dacast. 2022. Grow Your Business with Online Video. Viitattu 7.2.2022. Saatavissa <https://www.dacast.com/live-streaming-pricing-plans/>
- Duhamel, H. 2021. Introduction To Live Transcoding. Viitattu 7.2.2022. Saatavissa <https://www.dacast.com/support/knowledgebase/introduction-to-live-transcoding/>
- Elgato. Overview. Viitattu 10.2.2022. Saatavissa <https://developer.elgato.com/documentation/stream-deck/sdk/overview/>
- Encoding.com. 2016. Understanding bitrates in video files. Viitattu 20.10.2021. Saatavissa <https://help.encoding.com/knowledge-base/article/understanding-bitrates-in-video-files/>

- Froehlich, A. 2021. Serial digital interface (SDI). TechTarget. Viitattu 29.3.2022. Saatavissa <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/Serial-Digital-Interface>
- GitHub, Inc. 2021. StreamFX. Viitattu 14.2.2022. Saatavissa <https://github.com/Xaymar/obs-StreamFX/wiki>
- GitHub, Inc. 2022a. OBS Tools. Viitattu 10.2.2022. Saatavissa <https://github.com/BarRaider/streamdeck-obstools>
- GitHub, Inc. 2022b. Obs-websocket. Viitattu 11.2.2022. Saatavissa <https://github.com/obsproject/obs-websocket>
- GitHub, Inc. 2022c. Supported devices. Viitattu 16.2.2022. Saatavissa <https://github.com/Andersama/obs-asio/wiki/4.-Supported-devices>
- Google. 2022a. Live-enkooderin asetukset, bittinopeudet ja resoluutiot. Viitattu 21.1.2022. Saatavissa <https://support.google.com/YouTube/answer/2853702?hl=fi>
- Google. 2022b. Striimien kaupallistaminen. Viitattu 27.1.2022. Saatavissa https://support.google.com/YouTube/answer/7385599?hl=fi&ref_topic=9257893
- Guevara, J. 2020. Video on Demand (VOD) Multi-Bitrate Encoding on Dacast: A Walkthrough. Viitattu 7.2.2022. Saatavissa <https://www.dacast.com/support/knowledgebase/vod-multi-bitrate-walkthrough/>
- HDMI Licensing Administrator, Inc. 2018. FAQ. Viitattu 29.3.2022. Saatavissa <https://web.archive.org/web/20180222200543/https://www.hdmi.org/learningcenter/faq.aspx#1>
- Hennequin, D. 2019. How to scale video production. 99designs. Viitattu 18.1.2022. Saatavissa <https://99designs.com/blog/video-animation/how-to-scale-video-production/>
- Henry, D. 2022. What is DMX? DMX 512 for Lighting Explained. David C Henry. Viitattu 30.3.2022. Saatavissa <https://learnstagelighting.com/what-is-dmx-512/>
- Kaltura. 2021. Live Encoding Best Practices Guide. Viitattu 21.1.2022. Saatavissa <https://knowledge.kaltura.com/help/live-encoding-best-practices-guide>
- Krings, E. 2022. Bitrate vs. Resolution for Professional Broadcasting [2022 Update]. Viitattu 7.2.2022. Saatavissa <https://www.dacast.com/blog/bitrate-vs-resolution/>
- Latvala, M. 2020. Kaiku pois kotoa – kotitoimiston tai työhuoneen akustointi. Vaimee Oy. Viitattu 29.11.2021. Saatavissa <https://vaimee.fi/blogi/kaiku-pois-kotoa-kotitoimiston-tai-tyohuoneen-akustointi/>

Lepin, S. 2021. Obs-ndi. GitHub, Inc. Viitattu 14.2.2022. Saatavissa <https://github.com/Palakis/obs-ndi>

Logitech Services S.A. Streamlabs Desktop Live Streaming Software. Viitattu 25.1.2022. Saatavissa <https://streamlabs.com/streamlabs-live-streaming-software>

MasterClass. 2021. What Is Three-Point Lighting? Learn About the Lighting Technique and Tips For the Best Three-Point Lighting Setups. Viitattu 30.3.2022. Saatavissa <https://www.masterclass.com/articles/what-is-three-point-lighting-learn-about-the-lighting-technique-and-tips-for-the-best-three-point-lighting-setups#how-is-threepoint-lighting-used>

May, E. 2020. Introducing a Revamped Streamlabs Prime With Bolstered Offerings. Medium. Viitattu 25.1.2022. Saatavissa <https://blog.streamlabs.com/introducing-a-revamped-streamlabs-prime-with-bolstered-offerings-8010b26819fd>

Melendez, S. 2019. What Are The Advantages of Wired Networking? Houston Chronicle. Viitattu 18.1.2022. Saatavissa <https://smallbusiness.chron.com/advantages-wired-networking-71168.html>

Meta. 2022a. Facebookin livevideoiden tekniset tiedot. Viitattu 1.2.2022. Saatavissa <https://fi-fi.facebook.com/business/help/162540111070395?id=1123223941353904>

Meta. 2022b. Merkittävien lähetysten livestriimauksen parhaat käytännöt. Viitattu 1.2.2022. Saatavissa <https://fi-fi.facebook.com/business/help/626637251511853>

Nvidia Corporation. 2022a. Nvidia Broadcast. Viitattu 14.2.2022. Saatavissa <https://www.nvidia.com/en-gb/geforce/broadcasting/broadcast-app/>

Nvidia Corporation. 2022b. Nvidia Maxine. Viitattu 14.2.2022. Saatavissa <https://developer.nvidia.com/maxine>

OBS Project. 2022. OBS Studio. Viitattu 21.1.2022. Saatavissa <https://obsproject.com/fin>

OBS Project. 2022. Sources Guide. Viitattu 18.1.2022. Saatavissa <https://obsproject.com/wiki/Sources-Guide#source-descriptions>

Parmar, H., Thornburgh, M. 2012. Adobe's Real Time Messaging Protocol. Adobe Systems Incorporated. Viitattu 23.7.2021. Saatavissa https://www.images2.adobe.com/content/dam/acom/en/devnet/rtmp/pdf/rtmp_specification_1.0.pdf

Smith, A. 1995. Alpha and the History of Digital Compositing. Viitattu 23.7.2021. Saatavissa http://alvyray.com/Memos/CG/Microsoft/7_alpha.pdf

SplitmediaLabs, Ltd. 2022. What a Premium License offers. Viitattu 25.1.2022. Saatavissa https://www.xsplit.com/buy?pp=www_navbar_broadcaster&product=xbc

Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry. Jatkojohtojen käyttö. Viitattu 6.11.2020. Saatavissa <https://stek.fi/sahkoturvallisuus/vaaran-paikat/jatkojohtojen-kaytto/>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Sähköauton akku ja lataaminen. Viitattu 28.3.2022. Saatavissa <https://tukes.fi/koti-ja-vapaa-aika/kodin-tekniikka-ja-sahko/sahkoauton-akku-ja-lataaminen#1dce3724>

Twitch.tv Inc. a. Broadcasting Guidelines. Viitattu 1.2.2022. Saatavissa <https://stream.twitch.tv/encoding/>

Twitch.tv Inc. b. Twitch Partner Program Overview. Viitattu 1.2.2022. Saatavissa https://help.twitch.tv/s/article/partner-program-overview?language=en_US

Twitch.tv. 2021. How to Use Polls. Viitattu 18.1.2022. Saatavissa https://help.twitch.tv/s/article/how-to-use-polls?language=en_US

VB-Audio. 2022. Version Differences. Viitattu 8.2.2022. Saatavissa <https://voicemeeter.com/#open>

Vimeo.com, Inc. 2022. Choose a plan. Viitattu 31.1.2022. Saatavissa <https://vimeo.com/upgrade>

Wilbert, M. 2022. Comparison of the 15 Best Live Streaming Software: What You Need to Know [Updated for 2022]. Dacast. Viitattu 26.1.2022. Saatavissa <https://www.dacast.com/blog/live-broadcasting-software/>

XenForo Ltd. 2020. Virtual Cam Filter 0.0.5. Viitattu 15.2.2022. Saatavissa <https://obsproject.com/forum/resources/virtual-cam-filter.1142/>

Yeager, C. 2019. Everything You Need to Know About Chroma Key and Green Screen Footage. PremiumBeat.com. Viitattu 30.3.2022. Saatavissa <https://www.premiumbeat.com/blog/chroma-key-green-screen-guide/>

YouTube. YouTuben livestriimaus ja ensiesitykset. Viitattu 27.1.2022. Saatavissa https://www.YouTube.com/intl/ALL_fi/howYouTubeworks/product-features/live/#YouTube-live

Zoom Video Communications, Inc. 2022. Choose a plan. Viitattu 2.2.2022. Saatavissa <https://zoom.us/pricing>

