Vilja Aspegren

# Mobiilipelien verkkolähetys-ympäristö

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

16.11.2022

# Tiivistelmä


| | |
|---|---|
| Tekijä: | Vilja Aspegren |
| Otsikko: | Mobiilipelien verkkolähetysympäristö |
| Sivumäärä: | 54 sivua |
| Aika: | 16.11.2022 |
| | |
| Tutkinto: | Insinööri (AMK) |
| Tutkinto-ohjelma: | Tieto- ja viestintätekniikka |
| Ammatillinen pääaine: | Mediatekniikka |
| Ohjaajat: | Lehtori Toni Spännäri<br>Toimitusjohtaja Lassi Nummi |


---


Insinöörityön tarkoituksena oli määrittää verkkolähetysympäristön tekniset tarpeet ja vaatimukset mobiilipelien e-urheilutuotannossa sekä toteuttaa lähetyksen tuotantojärjestelmä helsinkiläiselle pelialan tapahtumia tuottavalle yritykselle. Insinöörityön aihe perustui yrityksen tavoitteeseen luoda sen jo olemassa olevaan livetuotantoympäristöön valmius myös viime vuosina suosituksi nousseiden mobiilipeliturnauksien striimaukseen.

Insinöörityö toteutettiin tutkimalla livelähetyksissä käytettyjä tekniikoita ja alalla vallitsevia käytäntöjä. Tutkimuksen avulla määriteltiin vaadittavat pohjatiedot livelähetyksen tuottamiselle ja siihen vaadittu tekniikka eli millaista e-urheilulähetyksien tuotanto on, millaisille jakelualustoille lähetyksiä tehdään sekä millaisia asioita tulisi ottaa huomioon tällaista lähetystä suunniteltaessa. Tutkimuksen perusteella valittujen menetelmien toiminnallisuutta ja erilaisten pelien striimausmahdollisuuksia kokeiltiin testituotannon avulla. Testilähetyksessä mobiililaitteelta pelikuvan kaappausmenetelmänä käytettiin videokaappauskorttia, ja lähetyksessä testattiin kahta eri peliä, joista ensimmäisessä oli spectator-mahdollisuus ja toisessa pelissä seurattiin vain tietyn pelaajan näkökulmaa.

Testituotantoa toteuttaessa huomattiin, että useissa tuotantojärjestelmissä on jo täydet valmiudet mobiilipelistriimien tuottamiseen, jos järjestelmää on ennen käytetty muunlaiseen e-urheilulähetystuotantoon. Testituotanto osoitti selkeästi mobiilipelien ja tietokonepelien erot ja toi esille ne haasteet, joita mobiilipelien e-urheilutuotantoon liittyy. Mobiilipeleissä on tietokonepeleihin verrattuna huomattavasti vaihtelevammin tarjolla ominaisuuksia, jotka tukevat e-urheilutuotantoa. Spectator-mahdollisuutta tarjoavan pelin striimaus oli suoraviivaista ja mahdollisti lähetyksen sujuvan ohjaamisen.

Insinöörityön avulla varmistettiin yrityksen oman järjestelmän riittävyys sellaisten mobiilipeliturnausten järjestämiseen, joissa pelattava peli tarjoaa riittävät ominaisuudet, toisin sanoen mahdollisuuden pystyttää sellaisia yksityisiä palvelimia, joissa on sisäänrakennettu spectator-tila. Muunlaisten pelien lähettäminen vaatii lisähankintoja järjestelmään, kuten ylimääräisiä kaappauskortteja, jos pelikuva kaapataan useammalta eri laitteelta.



Avainsanat: e-urheilu, striimaus, striimausjärjestelmät, livetuotanto, suoratoistopalvelu

# Abstract


| | |
|---|---|
| Author: | Vilja Aspegren |
| Title: | Mobile Game Streaming Environment |
| Number of Pages: | 54 pages |
| Date: | 16 November 2022 |
| | |
| Degree: | Bachelor of Engineering |
| Degree Programme: | Information and Communications Technology |
| Professional Major: | Media Engineering |
| Supervisors: | Toni Spännäri, Senior Lecturer<br>Lassi Nummi, General Manager |


---


The purpose of this final year project was to define the technical requirements of a mobile game esports production and to create a production system for a Helsinki-based business that specializes in events in the gaming industry. The subject of this final year project is based on the business's goal to evolve their existing production environment to also meet the requirements of mobile game streaming.

The project began with exploring the techniques and methods commonly used in the field of live production and examining how mobile game streaming is made possible today. The results of the examination were used to the define the best methods and technology for this production environment and their functionality was examined with a test stream. Two different types of mobile games and their spectating abilities were tested in the stream, of which the first one had a spectator-mode, and the other game was viewed from one player's perspective.

The results from the test stream showed that most production systems are fully capable of mobile game streaming if they have been used for other esports productions in the past, and depending on the game streamed, only minor additions need to be made. The games that have a built-in spectator-mode provide the best viewing experience and require the least hardware, compared to the ones that do not provide a built-in spectating tool.

In conclusion, the final year project verified the business's capability to produce mobile game streams with their current production system, if the selected game has the tools for creating private servers with a built-in spectator-mode.



Keywords: esports, streaming, streaming systems, live production, streaming service

# Sisällys


1 Johdanto 1

2 Elektroninen urheilu 2

2.1 E-urheilun mobilisoituminen 2
2.2 E-urheilun jakelualustat 4
2.3 Pelien e-urheilua tukevat ominaisuudet 9

3 Verkkolähetyksen tekniset vaatimukset ja työkalut 11

3.1 Tietokone 11
3.2 AV-yhteys ja -tekniikka 14
3.2.1 Kameratekniikka 14
3.2.2 Monikameratuotanto 15
3.2.3 Äänitekniikka 18
3.2.4 AV-yhteydet 23
3.3 Videomikserit 27
3.4 Verkkoyhteys 31
3.5 Alustojen tekniset vaatimukset 32
3.6 Lähetysgrafiikka 34
3.7 Pelikuvan kaappaaminen 36

4 Livelähetysjärjestelmä yrityksen studioon 38

4.1 Käyttökartoitus 38
4.2 Tekniikan valinta 38
4.3 Järjestelmän testaus tuotannossa 41
4.4 Livelähetyksien tulevaisuus ja kehittyminen 46

5 Yhteenveto 48

Lähteet 50

# 1 Johdanto

Nykypäivänä pelaaminen on osa satojen miljoonien ihmisten elämää joka päivä. Tämän suosion myötä pelaamisesta ja sen ympärille luodusta viihteestä eli e-urheilusta on kasvanut miljardimarkkina, joka kiinnostaa tekijöitä ja brändejä. Helsinkiläinen pelialan tapahtumia järjestävä yritys Assembly Organizing on jo vahvasti sisällä tietokonepelien ympärille järjestettyjen turnauksien livetuotantomaailmassa ja pelien striimauksessa, mutta viime vuosina maailmanlaajuista suosiota keränneet mobiilipeliturnaukset ovat vielä uusi aluevaltaus.

Insinöörityön tarkoituksena on mobiilipelien verkkolähetysympäristön määrittäminen ja tuottaminen. Tavoitteena on suunnitella Assembly Organizingille tuotantojärjestelmä sekä valita tekniset työkalut, joilla mobiilipelien livestriimaus onnistuisi mahdollisimman sulavasti ja vaivattomasti. Lähtökohtaisesti tutkitaan, miten e-urheilulähetyksiä tuotetaan ja miten nämä tuotannon käytänteet taipuvat, kun pelaamisalusta muuttuu tietokoneesta mobiililaitteeseen. Tutkimuksen apuna ovat viime vuosina yleistyneet maailmanlaajuiset mobiilipeliturnaukset.

Insinöörityö jakautuu tietopohja- eli tutkimusosuuteen ja työn toiminnalliseen toteutusosuuteen. Tietopohja koostuu e-urheilun ja käytettyjen palveluiden vaatimuksista sekä teknisten lähetystyökalujen läpikäynnistä. Insinöörityöraportissa ei käydä läpi itse e-urheilutapahtuman suunnitteluun tai ohjaukseen liittyviä konsepteja, vaan työ keskittyy livelähetystuotantoon ja sen tekniseen toteutukseen.

Toteutusosuudessa suunnitellaan tuotantoympäristö yrityksen olemassa olevan studiojärjestelmän jatkeeksi ja sen kanssa yhteensopivaksi sekä testataan luotua ympäristöä testituotannon avulla. Testituotantoa ja tutkimusta voivat käyttää oppaana sellaiset tahot, jotka haluavat järjestää kuluttajavaatimuksia vastaavia e-urheilulähetyksiä. Insinöörityössä selvitetään, millaista e-urheilulähetyksien tuotanto on, ja käydään läpi, millaisia asioita tulee ottaa huomioon tällaista lähetystä suunniteltaessa.

# 2 Elektroninen urheilu

E-urheilu eli elektroninen urheilu tarkoittaa videopelien kilpailullista pelaamista, useimmiten erilaisten liigojen ja turnauksien ympärillä. Pelaajat tavallisesti kuuluvat erinäisten urheiluorganisaatioiden tiimeihin, joiden nimissä he kilpailevat. Tiimien kautta he usein saavat myös toimintaansa rahoittavia yhteistyökumppaneita. Pääasiassa kilpailullisesti pelataan onlinepelejä, eli pelejä, joissa reaaliaikaisesti pelataan toisien pelaajien kanssa ja heitä vastaan internetin tai paikallisen verkon välityksellä. MOBA- (Multiplayer Online Battle Arena) ja FPS-pelit (First Person Shooter) ovat tyypillisimmät peligenret elektronisessa urheilussa. [1.]

E-urheilu on kasvanut viime vuosina hyvin nopeasti onlinepelien suosion kasvun ja niiden reaaliaikaisen seuraamisen seurauksena. On arvioitu, että vuoden 2022 loppuun mennessä maailmassa on yhteensä 3,2 miljardia videopelaajaa [2]. Vuonna 2021 elektronisen urheilun yleisö oli yhteensä 489,5 miljoonaa, joka jakaantuu kahteen suurin piirtein samankokoiseen kategoriaan katsojatyypin mukaan. Hieman suurempi luokka oli satunnaiset katsojat, eli katsojat, jotka seuraavat e-urheilua vähemmän kuin kerran kuukaudessa, heidän osuutensa oli 249,5 miljoonaa. E-urheilusta enemmän kiinnostuneet katselivat sisältöä useammin kuin kerran kuukaudessa, heitä oli yhteensä 240 miljoonaa. Kokonaisyleisön on arvioitu kasvavan 640,8 miljoonaan vuonna 2025. Tähän yleisömäärän kasvuun on monia syitä, joista päällimmäisenä korostuu uusien suosittujen pelien nousu kilpailullisesti ja mobiilipohjaisten pelien kilpailullisen pelaamisen yleistyminen. [3.]

## 2.1 E-urheilun mobilisoituminen

Covid-19-pandemian vaikutus kaikenlaisen videopelaamisen lisääntymiseen oli merkittävä. Nielsen Gamesin [4] Video Game Trackingin mukaan 23. maaliskuuta 2020 lähtien sellaisten pelaajien määrä on noussut, jotka sanovat pelaavansa enemmän nykyään pandemian takia. Tämä kasvu oli suurin Yhdysvalloissa, jossa 46 % pelaajista alkoi pelaamaan enemmän. Pandemia on tuonut

pelaamisen maailman tutuksi monelle, ja monet ovatkin aloittaneet videopelien pelaamisen ensimmäistä kertaa viimeisen kahden vuoden aikana. Älypuhelimella pelattavat mobiilipelit ovat monen ensimmäinen kosketus videopeleihin, sillä niiden pelaamista varten harvemman tarvitsee ostaa uusia laitteita, kuten pelikonsolia. Vuonna 2021 mobiilipelaajia onkin ollut yli 2,6 miljardia eli neljä viidesosaa koko maailman pelaajakunnasta on mobiilipelaajia, joko eksklusiivisesti tai muun pelaamisen ohella. [5.]

Tämän suosionnousun myötä mobiilipelien nouseminen myös kilpailulliselle tasolle tuskin on yllätys kenellekään. Mobiilipelitarjonta on kasvanut nopeasti ja laajasti, eikä mobiilipelaaminen enää tarkoita pelkästään matopelin pelaamista. Pelintekijät julkaisevat jatkuvasti muilla alustoilla suosituista peleistään mobiiliversioita, esimerkkeinä näistä ovat PUBG Mobile, Fortnite ja Call of Duty: Mobile. Vastatakseen mobiilipelien kehittymiseen ja monimutkaistumiseen, laitevalmistajat ovat suunnitelleet puhelimia erityisesti mobiilipelaamisen näkökulmasta. Pidemmälle kehittyneet pelit ovat myös usein raskaampia ja vaativat laitteelta enemmän tehoa ja ominaisuuksia, joita ei edullisimmista älypuhelimista löydy. Isoimmat erot pelipuhelimissa tavallisiin älypuhelimiin verrattuna ovat muun muassa RAM:n, eli keskusmuistin, määrä, jota pelipuhelimissa on useimmiten lähes kaksinkertainen määrä, sekä näytön tarkkuus ja virkistystaajuus. Suosituimmat pelikäyttöön tarkoitetut puhelimet löytyvät esimerkiksi Asus-nimiseltä tietokonevalmistajalta. Nämä kehitykset ovat todella näyttäneet, että älypuhelimet ovat kaikin puolin erinomaisia pelaamiseen. Puhelimet ovat pieniä ja kannettavia, joten pelaaminen on mahdollista missä ja milloin tahansa.

Nykypäivänä mobiilipelien pelaaja voi panostaa ja omistautua pelien pelaamiseen yhtä lailla kuin tietokoneella pelaavat. Monissa mobiilipeleissä onkin nykyään kilpailullisempi pelimuoto saatavilla, joka oli ennen pääasiassa tietokonepelaajien erityisoikeus. Kilpailullisemmassa pelimuodossa tavalliset pelaajat saavat itselleen jonkin arvon tai mitalin, joka kertoo heidän taitotasostaan, ja näin he pääsevät otteluissaan pelaamaan samantasoisia pelaajia vastaan. Taitotasoa ilmaiseva arvo kasvaa ja pienenee sitä mukaa, miten pelaaja suoriutuu peleissään ja miten hän kehittyy. Oma kehittyminen motivoi monia tavoittelemaan

enemmän, eli turnauksissa kilpailemista ja niiden voittamista tai sponsoroidussa tiimissä pelaamista. Kilpailullinen ammattipelaaminen on vielä tuoretta ja uutta mobiilipeleissä, sillä turnaukset ja liigat syntyvät suosituista kilpailullisista pelimuodoista, joita on ollut olemassa vasta muutamia vuosia.

Länsimaissa mobiilipeliturnaukset ja liigat ovat yleistyneet vasta hiljattain, mutta Aasiassa mobiilipelit ovat kukoistaneet jo hetken pidempään. Tämä ei ole yllätys, sillä maailman yli 2,6 miljardista mobiilipelaajasta lähes puolet, eli noin 1,29 miljardia, tulee asiasta [5]. Tämän suuren pelaajamäärän myötä Aasiaa pidetäänkin käytännössä mobiilipelien keskittymänä, ja suurin osa isoimmista turnauksista järjestetään siellä. Vuonna 2022 palkintosummaltaan suurin turnaus oli kiinalainen Peacekeeper Elite League, jonka palkinto oli 27,5 miljoonaa Kiinan Yuania, joka on Yhdysvaltain dollareina noin 4,1 miljoonaa. Peacekeeper Elite on kiinalainen uudelleenbrändätty versio PUBG Mobilesta, joten sitä pelataan ainoastaan Kiinassa. [6.]

Isoja palkintosummia on myös maailmanlaajuisissa liigoissa kuten Singaporessa järjestetyt Free Fire World Series ja Wild Rift Icons Global Championship, joiden kummankin palkintosummat olivat 2 miljoonaa dollaria. Wild Rift on yksi aiemmin mainituista tietokonepelien sovituksista mobiilimuotoon, sillä kyseessä on erittäin suositun League of Legends -nimisen MOBA-pelin mobiiliversio, joka julkaistiin vuonna 2020. Tänä vuonna julkaistiin myös suositusta Apex Legends -taistelupelistä mobiiliversio Apex Legends Mobile, joka ensimmäisen kahden viikon aikana julkaisusta ylsi 16 miljoonaan latauskertaan. Vaikka liigat ovat nyt jo suosittuja ja palkinnot ovat yltäneet yhtä suuriin summiin kuin muualla e-urheilumaailmassa, on tämä varmasti vasta alkua, ja suosion voi odottaa kasvavan myös Aasian maiden ulkopuolella. [7; 8; 9.]

## 2.2 E-urheilun jakelualustat

Kuten tavallisessa urheilussa, myös e-urheilussa ottelua seurataan paikan päällä ja verkossa. Videopeliturnauksien striimaaminen voi olla teknisesti luonnollisempaa ja helpompaa toteuttaa, kun itse pelitkin pelataan tietokoneilla ja

verkon välityksellä, mutta tietysti tunnelma voi olla täysin erilainen kuin itse areenan katsomossa istuessa. Katsojan striimikokemukseen tulee siis panostaa lähes yhtä paljon kuin paikan päällä olevan katselijan kokemukseen. Seuraavaksi käydään läpi kirjoitushetkellä suosituimpia sivustoja e-urheilusisällön jakeluun ja katseluun ja niiden ominaispiirteitä, jotka vaikuttavat alustan valintaan e-urheilutuotantoa suunniteltaessa.

Twitch

Livestriimaukselle ja pelilähetyksille omistautunut Twitch.tv on ylivoimaisesti hallitseva livelähetysalusta. Perustamisestaan vuonna 2011 lähtien Twitch on ollut katsojien ykkösvalinta sekä yksityisten pelistriimien että e-urheilulähetysten katseluun. Vuonna 2022 Twitch ylsi yli 5,6 miljardiin katselutuntiin toisessa vuosineljänneksessä maailmanlaajuisesti [10].

Twitchissä on selkeä yhteisö liveaikaisen peli- ja e-urheilusisällön ympärillä, ja sitä tukevat monet ominaisuudet ja piirteet, jotka tekevät alustasta suositun. Twitchissä ovat esimerkiksi käytössä sivustonlaajuiset hymiöt, jotka ovat iso osa alustan käyttäjien keskeistä keskustelukulttuuria, joka leviää myös sivuston ulkopuolelle esimerkiksi onlinepelien chat-kommentteihin. Kanavat voivat myös itse luoda omia hymiöitään, joihin saa käyttöoikeuden kyseisen kanavan kuukausitilauksella. Kuukausitilauksella katsoja tukee rahallisesti kanavaa, saa käyttöönsä hymiöitä ja useimmiten myös oikeuden katsoa lähetyksiä ilman niitä keskeyttäviä mainoksia.

YouTube

Maailman suurin videopalvelu ja maailman toiseksi suosituin sosiaalisen median alusta, YouTube, on toisella sijalla suosituimpien livelähetyspalveluiden listalla. Vaikka YouTubella on lähes 2,6 miljardia kuukausittaista käyttäjää, palvelu jää silti videopeli- ja e-urheilustriimien osalta kilpailijansa Twitch.tv:n varjoon. Kilpailu on ollut niin kovaa, että Google, YouTuben omistaja, on jopa yrittänyt ostaa Twitchin vuonna 2014. [11; 12.]

Epäonnistuneiden kauppojen jälkeen YouTube on alkanut panostamaan sivuston omaan sisäiseen livestriimausominaisuuteen. YouTube on päivitetyillä ominaisuuksilla ja muutoksilla parantanut asemaansa pelisisällöntuottajien silmissä, ja muutamat suositut yksityiset striimaajat ja sisällöntuottajat ovatkin viime vuosien aikana vaihtaneet striimausalustaa Twitchistä YouTubeen. Merkittävät uudet ominaisuudet ovat olleet ennen lähes yksinomaan tarjolla Twitch.tv:ssä, ja monet sanovat kaivanneensa niitä katsoessaan lähetyksiä YouTubessa. Näitä ominaisuuksia ovat esimerkiksi aikaisemmin mainitut hymiöt, sillä kanavat pystyvät nyt myös YouTubessa lisäämään kuukausitilauksella avattavia hymiöitä. Sivustonlaajuista hymiö- ja keskustelukulttuuria ei tosin ole samalla tavoin kuin Twitchissä. [13.]

Yhtenä ongelmakohtana YouTubessa livelähetysalustana on varmasti se, että yleisesti striimien näkyvyys ja löydettävyys on huonompi. Sivustolla ei ole mahdollista selata kaikkia käynnissä olevia lähetyksiä yhtä yksityiskohtaisesti kuin Twitchissä, tarjolla ei ole esimerkiksi suodattimia sisältökategorian tai lähetyksen kielen mukaan. Katsojan tulee joko seurata kanavia etukäteen, jotta hän tietää, milloin kanavilla striimataan, tai lähetykset saattavat tulla hänelle algoritmin suosittelemana, jos hän katsoo samankaltaista sisältöä sivustolla muuten.

Vaikka YouTuben suosio yksityisten striimaajien keskuudessa on noussut, e-urheilun alalla sen asema kuitenkaan ei ole muuttunut ja Twitch.tv on edelleen järjestäjien ykkösvalinta e-urheiluturnausten striimaamiseen, jossa sille on taattu laaja ja omistautunut yleisö ja yhteisö. Tämä ei tietenkään tarkoita, etteikö YouTubessa olisi e-urheilulähetyksiä, mutta harvemmin turnauksien pelejä striimataan ainoastaan YouTubeen, sillä monet turnaukset striimataan sekä YouTubeen että Twitchiin samanaikaisesti. [14.]

Facebook Gaming

Kilpailemassa parhaan livelähetysalustan asemasta on ollut mukana myös monia muita alustoja, joista isoimpana on Facebook Gaming. Facebook Gaming on yltänyt katselutunneissa lähes 1,3 miljardiin vuoden 2021 loppupuolella ja

ylitti sillä hetkellä jopa YouTuben katselutunnit, mutta on nyt kirjoitushetkellä vain alle puolet siitä [15; 16]. Facebook Gaming on julkaissut tiettyjä ominaisuuksia, jotka tuovat alustalle kilpailukykyä verrattaessa YouTubeen ja Twitchiin. Alustalla on mahdollista striimata yhdessä toisen kanavan kanssa samaan aikaan yhdessä, jakaen kummankin lähetykset samaan aikaan kummankin kanavan yleisölle. Twitchissä tämä ominaisuus on myös olemassa, mutta se eroaa siten, että Facebookissa tämä ominaisuus on kaikkien kanavien käytettävissä, kun taas Twitchissä vain vahvistetut kumppanit voivat hyödyntää kyseistä lisäominaisuutta. Muiden uusien ominaisuuksien muassa Facebook Gaming julkisti ratkaisun musiikin kuunteluun ja siihen liittyviin tekijänoikeusongelmiin, jotka ovat iso ongelmakohta livelähetyksessä alustasta riippumatta. Facebook Gaming on tehnyt musiikkialan levy-yhtiöiden ja julkaisijoiden kanssa yhteistyössä sopimuksia, ja alustalla striimatessa voi kuunnella tekijänoikeuksilla suojattua musiikkia vapaammin kuin muilla alustoilla. [17.]

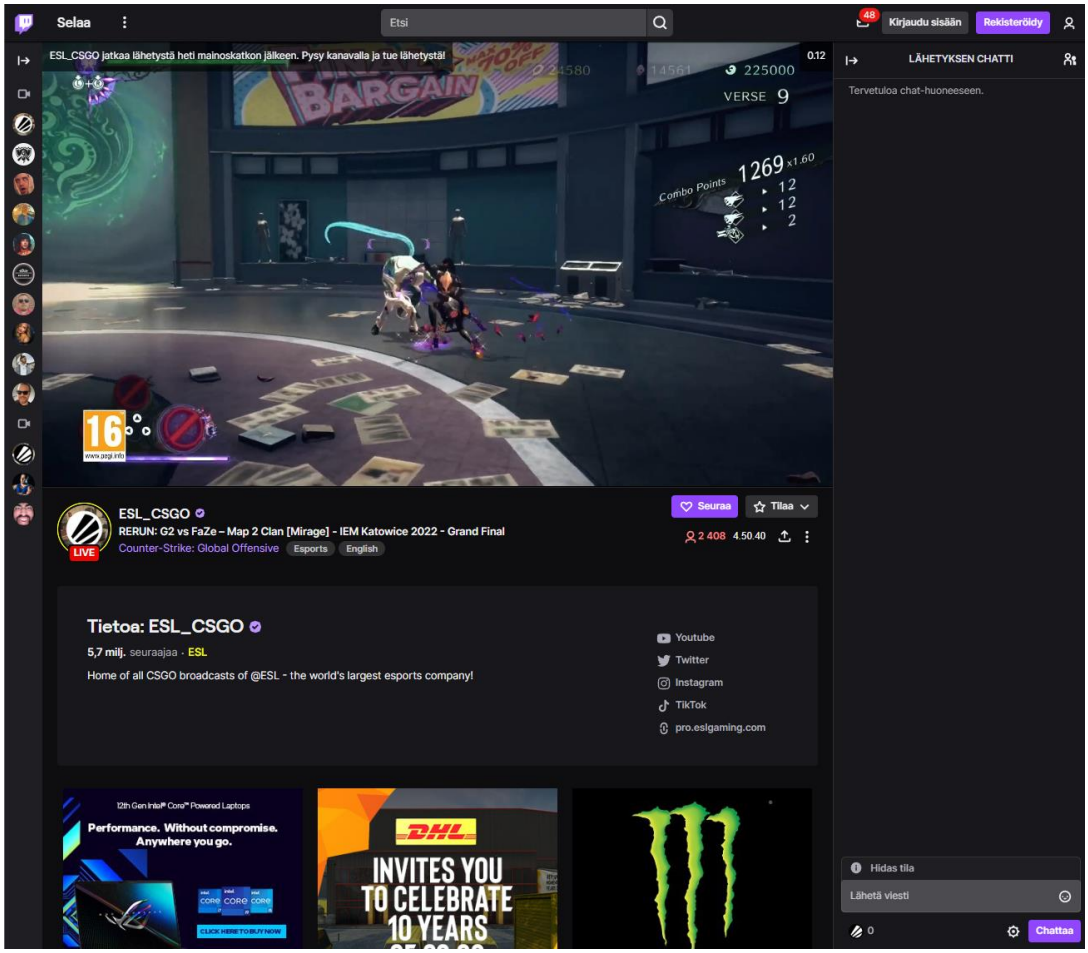
Facebook Gamingillä e-urheiluturnauksien ja vastaavan sisällön livelähetyksen luonne on sama kuin YouTubella, eli alustalla ei ole omia lähetyksiä yksinoikeudella, mutta alusta kuuluu monen liigan yhteistyökumppaneihin ja alustaa käytetään jakelukanavana Twitchin ja YouTuben rinnalla samanaikaisesti.

Alustojen ominaispiirteitä

Vaikka teknisesti livelähettäminen toimii samalla periaatteella alustasta riippumatta, on alustoilla muita ominaisuuksia, jotka tarjoavat lisäarvoa lähetykseen. Kaikilla alustoilla yhteistä on kanavan ja lähetyksen räätälöinti ja personoitavuus. Kanavalle voi luoda väreillä, kuvilla ja mainoksilla selkeän ja yhteneväisen brändi-ilmeen, joka viestii katsojalle laadusta ja ammattimaisuudesta. Alustat mahdollistavat myös taloudellisen hyödyn esimerkiksi lahjoitusten muodossa, ja lähetyksestä voidaan myydä mainostilaa brändeille ja yhteistyökumppaneille. Lähetyksiä voi myös hyödyntää hyväntekeväisyyskeräyksiin, joihin kaikki alustat tarjoavat sivuston sisäisen hyväntekeväisyyskeräystyökalun. Kaikista alustoista Twitch tarjoaa kuitenkin eniten näitä lisäarvoa tuovia ominaisuuksia.

Katsojalle jakelualustat tarjoavat samankaltaiset mahdollisuudet seurata kanavia, jolloin kirjautunut käyttäjä voi saada ilmoituksen aina, kun seuratulla kanavalla on jälleen livelähetys käynnissä. Kirjautuneet käyttäjät voivat myös viestitellä muiden katsojien kanssa liveaikaisesti striimin keskusteluosiossa ja näin osallistua aktiivisesti lähetykseen, kannustaa lempipelaajiaan ja reagoida lähetyksen tapahtumiin. Monesti keskusteluosion kautta voi myös kommunikoida lähetyksen juontajien tai selostajien kanssa. Twitch tarjoaa myös katsojille hyödyllisiä kolmannen osapuolen kanavakohtaisia laajennuksia, jotka mahdollistavat laajasti erilaisia lisäviihdykkeitä lähetykseen ja kommunikointitapoja lähettävän tahon ja muiden katsojien kesken. [18.]

Kuvassa 1 on esimerkki tyypillisen e-urheiluturnauksen livelähetyksen ulkoasusta ja ominaisuuksista Twitch-sivustolla.




Kuva 1. Twitch-kanavan sivulla lähetyksen yhteydessä näkyviä tietoja [19].

Lähetysnäkymässä oikealla näkyy liveaikainen keskustelupalsta ja lähetysikkunan alapuolella on esiteltynä kanavan tiedot ja linkit tahon muihin sosiaalisen median profiileihin. Kuvassa näkyy myös kaksi eri tapaa, miten lähetys voi toimia maksullisena mainospaikkana: lähetyksen päälle tulevat mainosvideot ja kanavan tietojen alla olevat kaupallisten kumppaneiden mainospalstatilat.

## 2.3 Pelien e-urheilua tukevat ominaisuudet

Pelisuunnittelussa pohjana on pääasiassa jokaisen pelaajan käyttäjäkokemus, mutta monet pelit ovat myös suunnitelleet ominaisuuksia vastaamaan e-urheilutuotannon teknisiin vaatimuksiin.

### Spectator-tila

Spectator-tila on peleissä ominaisuus, joka mahdollistaa käynnissä olevan pelin seuraamisen ilman, että ottaa itse osaa peliin. E-urheilulähetyksissä näytettävä pelikuva on pääasiassa spectator-tilassa kaapattua. Tilassa voi päättää, katseleeko pelin etenemistä tietyn pelaajan näkökulmasta, vain toisen joukkueen näkökulmasta vai yleisnäkymänä koko pelikentästä, jolloin katselija voi seurata mitä tahansa tilannetta kentällä joukkueesta riippumatta. Spectator-tilassa usein voi myös luoda staattisia kamerasijainteja, joiden välillä voi hyppiä pikanäppäinten avulla. Joissakin tapauksissa spectator-tilassa pelikuva näytetään pienellä viiveellä eikä reaaliaikaisesti, jottei tätä tilaa voisi hyödyntää vihollista vastaan.

Turnausta järjestäessä on tärkeää tutkia etukäteen, miten pelikuvan näyttämisen lähetyksessä voi tehdä mahdollisimman vaivattomasti ja ilman, että pelin katsomiskokemus heikkenee. Jos peli ei tarjoa spectator-tilaa tai vastaavaa ominaisuutta, lähetyksen järjestäminen voi vaatia erikoisjärjestelyjä ja pelikuva joudutaan taltioimaan esimerkiksi jokaisen pelaajan laitteelta erikseen ja lähettämään lähetystietokoneelle.

### Yksityiset palvelimet

Tärkeä työkalu turnauksien järjestämisessä on mahdollisuus luoda yksityinen ja erillinen palvelin, jonne pääsevät vain turnaukseen osallistuvat pelaajat ja tuomarit. Palvelimille pääsee ainoastaan kutsulla tai salasanalla, jotka saadaan turnauksen järjestäjältä. Yksityisillä palvelimilla on sisäänrakennettuna aiemmin mainittu spectator-tila, jota peliä tuomaroivat tahot ja turnauksen selostajat käyttävät seuratakseen peliä. Turnauksen järjestäjä voi palvelimella valita vapaasti esimerkiksi pelimuodon tai pelattavan kartan tai kentän, jos niitä on pelissä useampia.

Verkkopelaaminen

Kuten luvussa 2 mainittiin, onlinepelien lisääntyminen ja kasvanut suosio on merkittävästi vaikuttanut myös e-urheilun yleistymiseen. Onlinepelien lisääntyminen on mahdollistanut verkkopelaamiselle oleellisten palvelimien määrän kasvun ja parantanut niiden saatavuutta ympäri maailmaa. Nämä palvelimet on usein eroteltu eri maanosien mukaan tai tiettyjen maiden alueille, mikä mahdollistaa pelaajille omat virtuaaliset keskittymät ja mahdollisimman pienet viiveet riippuen lähimmästä palvelimesta. E-urheilun kannalta täysin verkossa järjestettävien turnauksien haittapuolia kuitenkin ovat juuri nämä vaihtelevat viiveet, jotka voivat vaikeuttaa pelin kulkua ja huonontaa pelaajien suorituskykyä. Turnauksien valvominen ja huijaamisen estäminen on myös vaikeampaa osallistuvien pelaajien ollessa ympäri maailmaa.

Edellä mainittujen ongelmien takia suurin osa isoimmista e-urheiluturnauksista järjestetään joko omina fyysisinä tapahtuminaan tai muiden e-urheilutapahtumien yhteydessä. Kun pelaajat ovat fyysisesti läsnä, voidaan pelit järjestää paikallisverkossa. Näin kaikille osallistujille voidaan taata samat mahdollisuudet, niin laitteiston suhteen kuin viiveen suhteen. Tämä mahdollistaa myös pelien paremman valvonnan ja huijausyritykset vähenevät merkittävästi. Kääntöpuolena kuitenkin fyysisissä tapahtumissa monesti on, että turnauksiin on monilla pitkä matka ja matkat voivat tulla kalliiksi osallistujille, etenkin jos kyseessä on maailmanlaajuinen liiga, johon osallistuu pelaajia ja joukkueita ympäri maailmaa eri maista.

# 3 Verkkolähetyksen tekniset vaatimukset ja työkalut

## 3.1 Tietokone

Kun aletaan suunnittelemaan verkkolähetykseen vaadittuja työkaluja ja striimausympäristöä, tietokone on väistämättä ympäristön ydin. Tietokoneen keskeisenä tehtävänä on kaikkien striimiin kuuluvien elementtien prosessoiminen ja yhdistäminen yhdeksi kokonaisuudeksi ja sen kokonaisuuden koodaaminen ja lähettäminen valitulle jakelualustalle. Riippuen tuotannon laajuudesta, elementtien määrästä ja tavoitellusta laadusta tulee tietokoneen komponenttien olla sekä laadukkaita ja tehokkaita että striimaukseen ja videomateriaalin prosessointiin soveltuvia. Seuraavaksi käydään läpi tietokoneen tärkeimpiä komponentteja striimauksessa ja niiden rooleja järjestelmässä.

Prosessori

Prosessori eli suoritin on tietokoneen tärkein komponentti, ja se toimii käytännössä tietokoneen aivoina. Se suorittaa käskyjä ja prosesseja, jotka mahdollistavat tietokoneen ja käyttöjärjestelmän toiminnan. Prosessorin tehokkuus vaikuttaa kaikkeen tietokoneen toimintaan ja määrittää esimerkiksi sen, mitä ohjelmia tietokoneella voidaan suorittaa tai kuinka monta ohjelmaa se voi suorittaa samanaikaisesti. Markkinoiden johtavat prosessorien valmistajat ovat Intel ja AMD. [20.]

Prosessorin tehtävänä striimatessa on lähetyksen kuvan koodaaminen ja lähettäminen sekä itse striimausohjelman suorittaminen. Koodaus tarkoittaa prosessia, jossa raa’at videotiedostot pakataan tiettyyn formaattiin niiden jakelua varten tiettyjä koodekkeja eli videonpakkausstandardeja hyödyntäen. Ylivoimaisesti yleisin koodekki on H.264/AVC (Advanced Video Coded), sillä se on laajalti vakiintunut esimerkiksi verkon suoratoistopalveluissa, televisiolähetyksissä ja Blu-ray-levyissä. [21.]

Tällä hetkellä käytetyimpiä koodausmenetelmiä on käytännössä kaksi erilaista, joista kumpikin hyödyntää tätä H.264-standardia. Koodausmenetelmä x264,

joka on niin kutsuttua ohjelmistopohjaista koodausta, työskentelee pääasiassa tietokoneen prosessorin voimalla, sillä koodaus tapahtuu itse striimausohjelmassa. On hyvä muistaa, että prosessori osallistuu jokaisen tietokoneen ohjelman ja järjestelmän laskentaan ja suorittamiseen samanaikaisesti ja jakaa suoritustehonsa niiden kesken. Jos prosessorilta halutaan enemmän suoritustehoa, on suositeltavaa valita tietokoneeseen moniytiminen prosessori, joka säikeistää ja jakaa ohjelmien suorittamisen usealle eri ytimelle. Kaikki livelähetyksen elementit, kuten lähetysgrafiikka, videot, livekuva ja animaatiot, prosessoidaan erikseen, ja mitä enemmän niitä on, sitä enemmän prosessori joutuu tekemään töitä. [22; 23.]

Prosessorin työkuormaa voidaan keventää esimerkiksi käyttämällä selainpohjaista lähetysgrafiikkaa, jotka ovat verkkosivuja. Tällöin striimausohjelma käytännössä vain toistaa verkkosivun sisällön, sen sijaan että tietokone joutuisi prosessoimaan paikallisia tiedostoja, mikä on huomattavasti kevyempää suorittimelle. [22; 23.]

Näytönohjain

Näytönohjaimen tehtävä on piirtää grafiikka tietokoneen näytölle. Näytönohjainta kutsutaan usein GPU:ksi joka on lyhenne sanoista Graphics Processing Unit, mutta todellisuudessa tämä grafiikkaprosessori on näytönohjaimen tärkein sisäinen komponentti. Suurimmat näytönohjainten valmistajat ja näytönohjainteknologian kehittäjät ovat Nvidia ja AMD, jotka myyvät lisensoitua tekniikkaansa eteenpäin muille komponenttivalmistajille. [23.]

Näytönohjain voi olla integroituna eli sisäänrakennettuna prosessoriin, mikä riittää pienempiin ja kevyisiin prosesseihin kuten esimerkiksi opiskeluun tai tavalliseen sosiaalisen median selaamiseen. Vaativampaan käyttöön kuten pelaamiseen tai juuri striimin ja grafiikan prosessointiin tarvitaan tehokkaampaa, erillistä näytönohjainta. Nämä erilliset näytönohjaimet tuovat lisää suoritustehoa, mutta suuremman energiankulutuksen ja lämpötilojen nousun kustannuksella, ja siksi niissä yleensä onkin sisäänrakennettu jäähdytysjärjestelmä. [23; 24; 25.]

Jos striimauskoneessa ei ole tehokasta moniydinprosessoria hoitamassa yksinään striimin prosessoinnin työkuormaa, on tärkeää, että koneessa on tehokas näytönohjain. Kuitenkin on hyvä muistaa, että näytönohjaimen tehokkuus riippuu myös prosessorin tehokkuudesta. Jos prosessori on huomattavasti tehottomampi kuin näytönohjain, ei näytönohjaimesta saa kaikkea hyötyä. Sama pätee myös toisin päin: jos prosessori on liian tehokas suhteessa näytönohjaimeen, rajoittaa näytönohjain silloin prosessorin toimintaa. [22.]

Näytönohjaimen käyttäminen päätyökaluna striimin tai videoiden koodaamisessa on kirjoitushetkellä todella yleistä, sillä sitä pidetään suurimassa osassa järjestelmistä tehokkaimpana vaihtoehtona. Tämä koodausmenetelmä on Nvidia NVENC, eli Nvidia Encoder, joka on uusimmissa Nvidian näytönohjaimissa oleva erillinen koodaukseen keskittyvä toiminto, joka hyödyntää myös H.264-koodekkia toiminnassaan. Etenkin yhden tietokoneen striimausjärjestelmissä tällaisella näytönohjaimella koodaaminen keventää huomattavasti prosessorin työkuormaa, ja striimin videokuva on yleensä sulavampaa ja laadukkaampaa. Kirjoitushetkellä on myös yleistymässä uusi AV1-koodekki, huippuluokan videonpakkausstandardi, joka tukee huomattavasti korkeampaa laatua kuin H.264. Kummankin suuren laitevalmistajan uusimmat vasta julkaistut näytönohjaimet tukevat tätä uutta koodekkia. [22; 26.]

Näytönohjaimen tehokkuus ja kellotaajuus määrittää esimerkiksi, kuinka monta kamerasyötettä lähetykseen voidaan lisätä samanaikaisesti tai kuinka korkealaatuisia kameroita voidaan käyttää. Laajemmat tuotannot vaativat joko huippuluokan näytönohjaimia ja prosessoreita, tai vaihtoehtoisesti tuotantojärjestelmässä käytetään useampaa tietokonetta samanaikaisesti. [27.]

RAM-muisti

RAM-muistin eli keskusmuistin nopeudella ja määrällä on myös hyvin merkittävä vaikutus striimausjärjestelmän toimintaan, sillä kaikki suoritettavat ohjelmat ladataan keskusmuistiin niiden suorittamisen ajaksi. Kaikki tietokoneella niin sanottu moniajo, eli monen eri asian tekeminen samaan aikaan, luottaa paljolti

tietokoneen RAM-muistin tehoon. Livestriimaus on erinomainen esimerkki tällaisesta tietokoneen käytöstä, sillä striimejä tuottaessa on aina useampia sovelluksia ja prosesseja käynnissä samanaikaisesti. [23; 28.]

RAM-muistikampoja myydään eri nopeuksilla ja kapasiteeteilla. Kirjoitushetkellä yleisin keskusmuistityyppi on nimeltään DDR4, jonka nopeuden kellotaajuus voi vaihdella 2133 MHz:n ja 3200 MHz:n välillä. On olemassa myös vuonna 2021 julkaistu DDR5, jonka pohjanopeus on 4800 MHz ja korkeimmillaan jopa 6400 MHz, mutta tämä keskusmuistityyppi ei ole vielä laajalti yleistynyt. [29; 30.]

Suositeltu määrä RAM:a striimausjärjestelmän tietokoneessa on 16 GB, mutta määrää voi olla hyvä kasvattaa 32 GB:iin jos tuotanto on suurempi ja vaativampi, kuten esimerkiksi jos tuotannossa käytetään useita 4K- eli ultraterävä-piirtokameroita tai jos tuotannossa hyödynnetään useampia eri ohjelmia samanaikaisesti [27; 28].

## 3.2 AV-yhteys ja -tekniikka

### 3.2.1 Kameratekniikka

Kameratekniikan valintaan vaikuttaa lähetyksen luonne ja laajuus. E-urheilulähetyksissä lähetyksen vaatimukset vaihtelevat riippuen siitä, onko lähetettävä turnaus toteutettu fyysisenä tapahtumana, jossa on yleisöä läsnä, vai onko lähetyksen luonne pelkkä turnauksen selostus ja turnaus pelataan etänä.

E-urheilulähetyksessä, jossa juonnetaan ja selostetaan etänä verkossa pelattua turnausta, vaadittu kameratekniikka on hyvin minimaalinen. Lähetyksissä kamerakuvaa hyödynnetään pääasiassa pelkästään juontavien selostajien näyttämiseen ennen otteluita ja niiden välissä. Tämänkaltaiseen tuotantoon riittää hyvin yksikin kamera, sillä juontajia on yleensä vain kaksi. Jos tällaisen lähetyksen tuotantoarvoa halutaan nostaa, voidaan useampaa kuvakulmaa hyödyntää elävöittämään lähetystä tai tehokeinona juonnon aikana [31].

Tuotannossa voidaan hyödyntää sekä web-kameroita että järjestelmäkameroita. Yksin käytettynä web-kamerat kuitenkin soveltuvat parhaiten matalamman kynnyksen tuotantoon, kuten omasta kotistudiosta tehtävään selostusstriimiin. Laajemmassa tuotannossa web-kameroita voidaan hyödyntää esimerkiksi pelaajakohtaisen kuvan kaappaamiseen pelin aikana. Järjestelmäkameran käyttö striimituotannossa antaa huomattavasti laajemmat mahdollisuudet esimerkiksi säädettävien asetuksien ja vaihdettavien optiikoiden osalta.

Kolmas ja nopeasti yleistyvä vaihtoehto ovat kauko-ohjattavat digitaaliset robottikamerat eli PTZ-kamerat. PTZ tulee sanoista Pan, Tilt ja Zoom, jotka kuvailevat kameran kauko-ohjattavia ominaisuuksia, vaakasuunnassa kääntö, pystysuunnassa kääntö ja zoomaus. Kameroita voidaan ohjata ulkoisella kojelaudalla tai tietokoneella työpöytäsovelluksella. Kauko-ohjattavien kameroiden käyttäminen tai edes kauko-ohjattavien kamerapuomien käyttäminen mahdollistaa vähäisemmän henkilöstövaatimuksen tuotantoon, kun kameroiden ei tarvitse olla miehitettyjä.

### 3.2.2 Monikameratuotanto

Fyysiset turnaukset toteutetaan pääasiassa monikameratuotantona, sillä lähetykseen halutaan välittää useita eri näkökulmia ja tilanteita, kuten esimerkiksi yleiskuvaa lavasta ja yleisöstä tai lähikuvaa kilpailevista joukkueista ja ottelun selostajista. Monikameratuotannon suunnittelussa ensimmäinen vaihe on tuotantoon sopivien kameroiden valinta. Paras mahdollinen lopputulos syntyy, kun kaikki tuotannon kamerat ovat samanmallisia tai vähintään samalta valmistajalta. Identtiset kamerat tekevät eri kamerakuvien välillä vaihtelusta soljuvaa ja helpompaa, sillä tällöin kaikkien kameroiden tuottama videomateriaali on keskenään samannäköistä ja -laatuista. Tällaisessa tuotannossa käytetään pääasiassa järjestelmäkameroita.

Valituissa kameroissa asetukset tulee säätää yhtenäisiksi. Asetusten säätäminen yhtenäisiksi voi auttaa myös kuvamateriaalin laadun parantamisessa tuotannossa, jossa käytetäänkin erimallisia kameroita esimerkiksi taloudellisista

syistä. Tärkeimmät asetukset kamerakuvien yhtenäistämiseksi ovat kuvanopeus, valkotasapaino ja valotusaika.

Kuvanopeus ja resoluutio

Kuvanopeus lyhennetään usein muotoon FPS, joka tulee sanoista Frames Per Second, ja kuvanopeus määrittää, kuinka monta kuvaa eli framea kamera kaappaa sekunnissa tai kuinka monta kuvaa piirretään näytölle sekunnissa. Resoluutio taas kertoo tällaisen yksittäisen kuvan koon. Kuvanopeuden ja resoluution valintaan vaikuttavat sekä valitun jakelualustan asettamat vaatimukset että itse tavoiteltu lopputulos. [31; 32.]

Resoluutiot ilmoitetaan kuvapisteiden eli pikseleiden määränä. Resoluutio kertoo yksittäisten pikseleiden määrän vaakasuunnassa kertaa pikseleiden määrän pystysuunnassa. Resoluutioista käytetään pääasiassa lyhyempänä kirjoitusmuotona vain jälkimmäistä lukua, jonka perässä oleva p-kirjain tulee sanasta progressive, joka kertoo tavan, miten pikselit on järjestetty näytölle. Kirjoitushetkellä striimisisällön oletuksena on lähes aina 1080 p -resoluutioinen kuva, ja kaikki yleisimmät kamerat tukevat vähintään sitä. Korkearesoluutioisempi kameran kuva on yleensä aina laadukkaampaa kuin matalaresoluutioinen, sillä mitä enemmän kuvapisteitä, sitä tarkempi kuva on. [32.]

Kuvanopeuden valintaan vaikuttaa eniten lähetettävän sisällön muoto. Esimerkiksi elokuvateollisuudessa standardina on ollut tuottaa 24 fps -kuvanopeudella vuodesta 1927 lähtien. Vaikka nykypäivänä videoita ja filmejä harvemmin kuvataan enää fyysiselle filmille eivätkä siihen liittyneet taloudelliset rajoitteet vaikuta kuvanopeuden valintaan, on tämä pysynyt silti edelleen laajalti käytettynä. Hitaampi kuvanopeus on keino luoda videolla omanlaisensa tunnelma, ja sitä kuvaillaankin usein englanniksi sanalla cinematic eli suomeksi elokuvallinen. [33.]

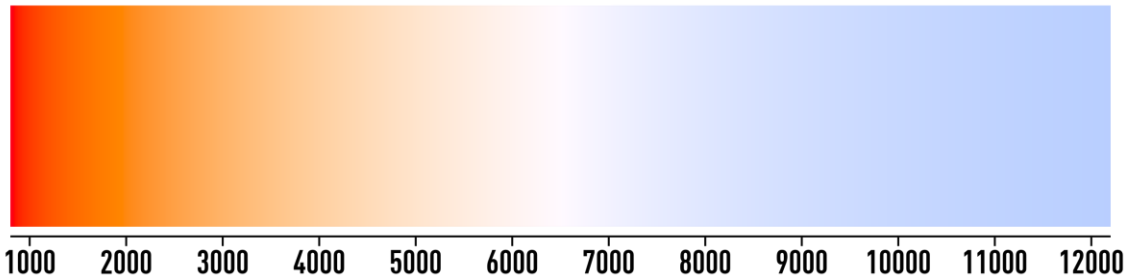
E-urheilussa tavoite ei kuitenkaan ole luoda elokuvallista tunnelmaa. Videopelien pelaamista matalalla kuvanopeudella ei todellakaan tavoitella, ja peleissä hyvän pelikokemuksen takaamiseksi tavoiteltu minimikuvanopeus yleensä onkin 60 fps. Yleissääntönä voidaan ajatella, että mitä korkeampi kuvanopeus, sitä

jouhevammalta liike näyttää. Kun e-urheilulähetyksessä näytettävän pelisisällön kuvanopeus on 60 fps, ja yleensä jopa sitä korkeampi, on myös itse lähetyksen kuvanopeuden oltava 60 fps, jotta pelin katselukokemus ei kärsisi. Tätä myötä myös tuotannossa käytetyt kamerat säädetään vastaamaan tätä nopeutta, mikä tekee kaikesta lähetyksen videosisällöstä yhteneväistä. [32.]

Valkotasapaino

Nykyaikaiset kuvauslaitteet ovat hyvin pitkälle kehittyneitä ja älykkäitä laitteita, joissa on laajalti automatisoituja ominaisuuksia. Tästä huolimatta ne saattavat tarvita hienosäätöä ja ohjausta, jotta kuvattavat asiat ilmenevät halutusti kameran kuvassa. Valkotasapainon säätämiseksi on kameroissa nykyään esiasetuksia tai automatiikkaa, joka tunnistaa senhetkiset valaistusolosuhteet, eli kun kameran edessä pidetään valkoista korttia, se osaa tasapainottaa värit automaattisesti. Mutta jotta varmistetaan kameroiden kuvien yhteneväisyys, on valkotasapaino hyvä määrittää manuaalisesti samaksi kameroiden kesken.

Jotta valkotasapainon voi määrittää kameralle oikein, on hyvä ymmärtää valon värin peruskäsite. Valon värillä kuvataan sitä, miten lämmin tai kylmä valo on eli kuinka punaisen tai sinisen sävyistä se on. Valon värilämpötila esitetään lämpötilayksikkö Kelvinillä (K), ja lämpötilan muutokset voidaan esittää asteikkomuodossa 1000–12000 K. Asteikko voi jatkua vielä pidemmälle ja näyttää korkeampia arvoja jopa 30000 K:iin asti, mutta sävyerot eivät ole yhtä merkittäviä kuin tällä pienemmällä asteikolla. Tämän asteikon alkupää on punaista tai oranssia, ja asteikon loppupää on sinistä valoa, kuten kuvassa 2 havainnollistetaan. [34.]




Kuva 2. Valon lämpötila-asteikko Kelvineinä [34].

Nimensä mukaisesti asetus tasapainottaa kuvan värejä niin, että valkoinen näyttää tavoitellun sävyiseltä. Tasapainotus tapahtuu käytännössä niin, että kamera lisää vastakkaista värisävyä kuin mitä senhetkinen valaistus aiheuttaa, eli esimerkiksi jos kuvausvalo on todella lämmin, kuvaan lisätään sinistä sävyä neutralisoimaan sitä. Kuvan värimäärittelyn kannalta on myös monia muita asetuksia, joita voi ottaa huomioon, mutta valkotasapainon säätö varmistaa esimerkiksi sen, että lähetyksessä esiintyvien ihmisten ihonväri pysyy mahdollisimman muuttumattomana, kun leikataan kamerakulmasta toiseen. [34.]

Valotusaika

Valotusaika eli suljinaika (shutter speed) tarkoittaa aikaa, jonka kameran suljin on auki eli kuinka kauan yksittäinen frame on alttiina valolle. Videotuotannossa suljinaika on lähes aina sekunnin murto-osa, sillä sekuntia hitaampi suljinaika ei yksinkertaisesti ehdi taltioida tilanteita samalla nopeudella, kuin ne tapahtuvat. Kääntöpuolena myös on se, että jos suljinaika on liian nopea, yksittäiset kuvat voivat olla selkeitä ja teräviä, mutta kun ne toistetaan videona, lopputulos voi olla kömpelö. [35; 36.]

Valotusaika esitetään lukemalla, joka on sama kuin sekunnin murto-osan nimittäjä, eli esimerkiksi jos kameraan asetetaan valotusajaksi 100, jokainen frame on alttiina valolle 1/100 sekuntia. Suositus valotusajan määrittämiseen on kaksi kertaa valittu kuvanopeus. Koska e-urheilulähetyksissä tavoitellaan 60 fps:n kuvanopeutta, hyvä suljinaika kameroissa olisi 1/120 sekuntia. Tämä suositus on hyvä lähtökohta videokuvaukselle, ja sitä voi haluttaessa säädellä esimerkiksi taiteellisen näkemyksen mukaan, mutta suorissa striimilähetyksissä on hyvä käyttää suositeltuja asetuksia mahdollisimman realistisen kuvan saavuttamiseksi. [36.]

### 3.2.3 Äänitekniikka

Kuten kameratekniikka, myös valittu äänitekniikka riippuu lähetyksen luonteesta ja laajuudesta. E-urheilulähetyksen äänilähteet koostuvat aina vähintään

mikrofoneista ja peliäänistä, minkä lisäksi voi olla esimerkiksi musiikkia tai muita äänilähteitä.

Mikrofonien valinta

Mikrofoneissa on kaksi eri päätunnusmerkkiä. Ensimmäinen on anturijärjestelmä, joka kertoo tavan, miten ääniaallot muunnetaan sähköisiksi signaaleiksi. Toinen on suuntakuvio, eli tapa, miten mikrofoni vastaanottaa ääntä eri suunnista.

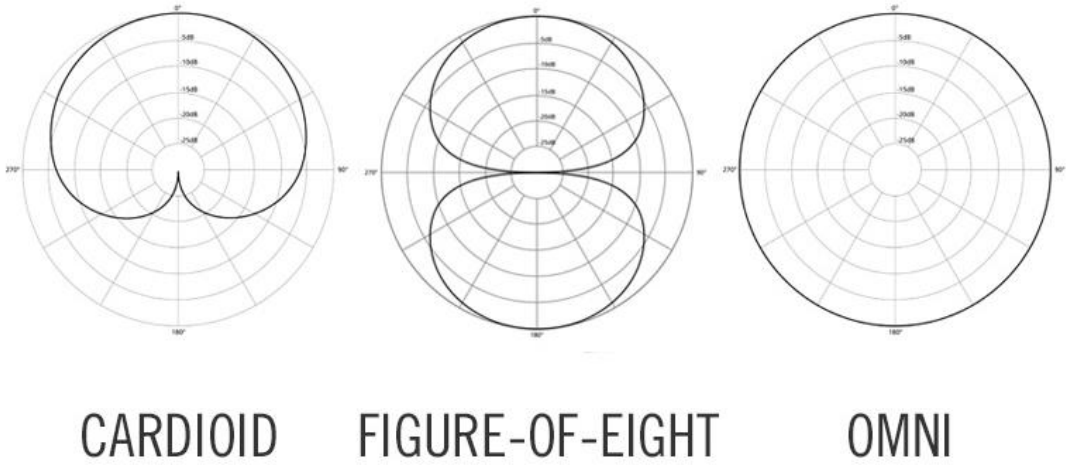
Mikrofonit jaetaan anturijärjestelmän mukaan kolmeen eri tyyppiin, dynaamisiin, nauha- ja kondensaattorimikrofoneihin. Nauhamikrofoneja käytetään näistä kolmesta lähetystuotannoissa suhteessa harvemmin, sillä ne ovat todella herkkiä häiriöäänille eikä niitä voi käyttää oikeastaan muuten kuin studio-olosuhteissa.

Dynaamiset mikrofonit ovat kaikista yleisimpiä, yksinkertaisemman ja kustannustehokkaan teknologiansa takia. Ne ovat suosittuja esimerkiksi livekonserttikäytössä, sillä mikrofonit ovat kestäviä eivätkä ne tarvitse ulkoista vahvistinta tai virtalähdettä toimiakseen. Dynaamisen mikrofonin toimintaperiaate perustuu sen sisällä olevaan voimakkaaseen magneettiin, sähköä johtavaan kelaan ja siinä kiinni olevaan kalvoon. Ääniaallot liikuttavat mikrofonin kalvoa, joka taas liikuttaa kelaa magneettikentässä. Tämän seurauksena kelan päihin indusoituu eli syntyy jännitettä, joka vastaa ääniaaltojen vaihtelua. [37; 38.]

Kondensaattorimikrofonit ovat huomattavasti monimutkaisempia toimintaperiaatteeltaan, mutta tätä myötä ne ovat paljon edistyksellisempiä kuin dynaamiset mikrofonit, ja taltiointilaatu on myös parempaa. Kondensaattorimikrofonit ovat ennen olleet vähemmän yleisiä tuotannoissa kalliin hinnan ja epäkäytännöllisyyden takia, mutta nykypäivänä kondensaattorimikrofonien teknologia on kehittynyt käytännöllisemmäksi ja käyttö sitä myötä yleistynyt. Mikrofonin nimi on peräisin sen sisällä olevasta kondensaattorista, joka koostuu hyvin ohuesta ääniaaltoja vastaanottavasta metallikalvosta ja siinä lähes kiinni olevasta metallisesta rei’itetystä elektrodista. Ääniaallot saavat kalvon liikkumaan lähemmäs ja kauemmas elektrodista, jolloin kondensaattorin kapasitanssi eli sähkövaraus

muuttuu. Tämä muutos tuottaa signaalia, joka vastaa ääniaaltojen vaihtelua. Livelähetystuotannoissa voidaan käyttää joko dynaamisia tai kondensaattorimikrofoneja, mutta kondensaattorimikrofoneja käytetään tällä hetkellä enemmän. [38.]

Suuntakuvion valinnassa on tärkeää ottaa huomioon lähetyksen laatu, ympäristö ja kaikki siinä ympäristössä olevat mahdolliset äänilähteet sekä suunnitella, mitä lähetyksessä halutaan ja ei haluta kuulla. Studioympäristössä, jossa äänessä ovat vain esimerkiksi turnauksen selostajat eikä mistään muualta synny ylimääräistä meteliä, joka voisi häiritä lähetyksessä, ei välttämättä tarvitse miettiä mikrofonin suuntakuvioita yhtä tarkasti. E-urheilutapahtumassa paikan päällä tuotettu selostus ja juonto voi kuitenkin tapahtua sellaisessa sijainnissa, että esimerkiksi paikalla olevan liveyleisön huudot ja kannustukset voivat kuulua mikrofoniin, jos sen suuntakuviota ei ole valittu tätä huomioiden. Kuvassa 3 esitetään kolme käytetyintä suuntakuviota livetuotantomikrofoneissa [39].




Kuva 3. Livetuotannossa käytettyjen mikrofonien kolme suosituinta suuntakuviota: cardioid eli hertta, figure-of-eight eli kahdeksikkokuvioinen ja omni (omnidirectional) eli pallokuvioinen [39].

Pallokuvioinen eli omnidirectional mikrofoni taltioi ääntä yhtä herkästi riippumatta mikrofonin asennosta tai äänen tulosuunnasta. Useimmat vaatteisiin kiinnitettävät solmiomikrofonit eli niin sanotut lavalier-mikrofonit ovat pallokuvioisia. [38.]

Kahdeksikkokuvioinen suuntakuvio eli kuvassa 2 esitetty Figure-of-Eight syntyy, kun ääntä päästetään kalvolle mikrofonin edestä ja takaa. Kahdeksikkokuvioista mikrofonia voidaan hyödyntää esimerkiksi haastattelutilanteissa, joissa puhujat ovat kasvokkain ja mikrofoni heidän välissään. Tämäntyyppiset mikrofonit tuottavat paljon häiriöääniä käsiteltäessä eivätkä ne sovi tuulisiin ympäristöihin, joten parhaat tulokset saadaan studio-olosuhteissa. E-urheilutuotannoissa kahdenkeskisissä keskustelutilanteissa suositaan kuitenkin pääasiassa kahta erillistä mikrofonia, jolloin niiden erikseen säätäminen on mahdollista, kummankin puhujan äänenvoimakkuuden mukaan. [38; 39.]

Cardioid- eli herttakuvioiset mikrofonit ovat kaikista yleisimpiä ja useimpiin tilanteisiin sopivia. Herttakuvioiset mikrofonit taltioivat kaikki äänet todella hyvin mikrofonin etupuolelta, hiukan heikommin sivuilta ja todella heikosti sen takapuolelta, sillä vain matalimmat taajuudet kiertävät mikrofonin etupuolelle. Herttakuvioiset mikrofonit asetellaan tuotannossa niin, että niin sanottu kuollut puoli suunnataan puhujasta poispäin, eli ei-toivottua meteliä kohti, ja tätä myötä minimoidaan taustamelun kuuluminen mikrofoniin ja saavutetaan paras äänenlaatu. E-urheilutuotannossa käytetään pääasiassa herttakuvioisia mikrofoneja, sillä niiden avulla varmistetaan paras mahdollinen äänen laatu livetuotantoympäristössä, kun mikrofoni keskittyy selostajien ja juontajien ääniin ja minimoi taustametelin. Suuri osa esimerkiksi selostajien käyttämistä kuulokemikrofoneista on herttakuvioisia. [38; 39.]

Äänimikseri

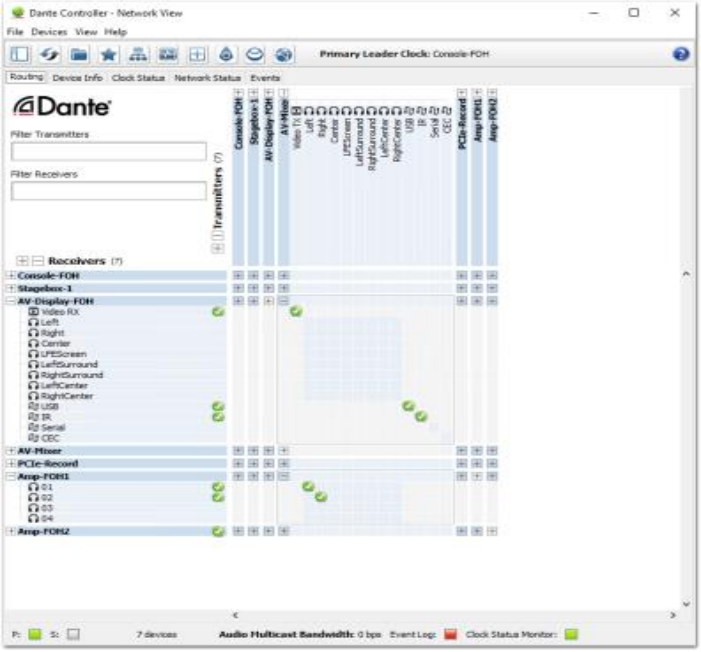
Äänitekniikan monimutkaisuus tuotannossa vaihtelee tuotannon laajuuden ja esimerkiksi käytettyjen mikrofonien määrän ja mallin mukaan. Äänimikseri kuitenkin on komponentti, joka kuuluu jokaiseen tuotantoon joko ulkoisena laitteena tai tietokoneohjelmana. Pelkät mikseriohjelmat ovat kuitenkin ratkaisu lähinnä pienen budjetin tuotannoille. Mikseri ottaa vastaan äänisignaalit, ja se mahdollistaa niiden käsittelyn ja ohjaamisen. Mikserin avulla voidaan esimerkiksi yhdistää useita erillisiä äänilähteitä, vahvistaa heikkojen äänilähteiden

kuten mikrofonien signaalia, säätää lähteiden äänenvoimakkuutta, lisätä äänefektejä tai monitoroida äänilähteitä lähetyksen aikana. [38.]

Mikseriä valittaessa tulee pääasiassa ottaa huomioon lähetyksessä olevien äänilähteiden määrä. Mikserissä tulee olla riittävästi kanavia kaikille äänilähteille, jotta jokaista voidaan kontrolloida lähetyksen aikana erikseen. Muuttuvassa tuotannossa on hyvä tehdä yliarvioita ja valita mikseri, jossa on ainakin kaksi kanavaa enemmän kuin senhetkinen lähetys vaatii. Yksi esimerkkitapaus e-urheilutuotannossa käytettävistä äänilähteistä olisi kahden peliselostajan mikrofonit, pelin sisäiset äänet, väliaikamusiikki sekä juontajan mikrofoni, eli yhteensä viisi erillistä äänilähdettä.

Dante

Dante on IP-pohjainen audionsiirtoprotokolla, joka mahdollistaa pakkaamattoman audiosignaalin jakamisen monikanavaisesti Ethernet-verkon kautta matalalla viiveellä. Dante toimii järjestelmässä joko ulkoisena äänikorttina tai Dante Virtual Soundcard -tietokoneohjelmana, joka muuntaa digitaalisen audion IP-pakettidataksi, jonka voi ohjata minne tahansa laitteelle tuotantojärjestelmässä. IP-signaaleja ohjataan Dante Controller -työpöytäsovelluksella (kuva 4), jolla määritetään, minkä samaan verkkoon kytketyn laitteen äänet toistuvat missäkin laitteessa. [40.]




Kuva 4. Dante Controller -ohjelman käyttöliittymä [40].

Dantea käytetään sadoissa erilaisissa tuotannoissa ja julkisissa tiloissa ympäri maailmaa, kuten teattereissa, ostoskeskuksissa ja urheilutuotannoissa. Livelähetystuotannossa Danten käyttö helpottaa videomikserissä äänen sisääntulojen hallinnointia sekä fyysisesti että virtuaalisesti, sillä se mahdollistaa yksinkertaisemman yhteyden striimitietokoneen ja mikserin välille. [40.]

### 3.2.4 AV-yhteydet

Seuraavaksi käydään läpi livetuotannoissa lähes poikkeuksetta esiintyviä audiovisuaalisia liitäntätyyppejä eli sitä, millaisilla yhteyksillä audio- ja videosignaalit löytävät tiensä lähetykseen.

Mikrofonin audiosignaalin kuljettamiseen käytetään pääasiassa balansoitua XLR-liitäntää. Kuvassa 5 näkyy liittimen kolme napaa, joista kaksi kuljettaa audiosignaalia ja yksi toimii maakaapelina. Tämä rakenne mahdollistaa häiriöttömän signaalin kulkeutumisen kaapelia pitkin. [38.]

Kuva 5. Kolminapainen XLR-liitin [41].

Kuvasignaalin kuljettamiseen on käytössä useampia eri yhteysstandardeja. Kirjoitushetkellä yleisimmin käytössä olevat liitännät ovat HDMI- ja SDI-liitännät. Kumpikin liitäntätyyppi asettaa omanlaisia rajoituksia tuotannon suunnitteluun.

SDI (Serial Digital Interface)

SDI-liitäntä on videotuotannossa yleisin liitäntätyyppi, sillä se mahdollistaa pidemmän kuljetusmatkan ilman videosignaalin heikentymistä. Jos kaapeli on koaksiaalikaapeli, voi signaali yltää enimmillään hiukan yli 30 metriin, ja jos se on valokuitukaapeli, signaali voi yltää jopa 300 metriin. Signaalin yltämään matkaan vaikuttaa myös kaapelin siirtonopeus. SDI-liitännällä on mahdollista siirtää pakkaamatonta videosignaalia sekä pakkaamatonta tai pakattua äänisignaalia samanaikaisesti samaa kaapelia pitkin. SDI-liitäntästandardeja on olemassa useaa erilaista eri resoluutioille ja kuvanopeuksille, ja seuraavaksi käsitellään niistä kirjoitushetkellä käytetyimmät ja livetuotannolle yleisimmät standardit taulukossa 1. [42.]

Taulukko 1. SDI-standardien ominaisuudet [42].

| **Standardi** | **Resoluutio** | **Kuvanopeus** | **Siirtonopeus** |
|---|---|---|---|
| HD-SDI | 1280 x 720 / 1920 x 1080 | 60 fps / 25 fps tai 60i fps | 1,5 Gbps |
| 3G SDI | 1920 x 1080 | 60 fps | 3 Gbps |
| 6G SDI | 1920 x 1080 / 4096 x 2160 | 60 fps / 30 fps | 6 Gbps |
| 12G SDI | 4096 x 2160 | 60 fps | 12 Gbps |

SDI-kaapelointia suunniteltaessa tulee siis tuottajan ottaa tarkasti huomioon tuotannossa käytettävä kuvanopeus ja resoluutio. Erilaisista malleista huolimatta kaikki SDI-kaapelit näyttävät samalta. Kuvassa 6 näkyy, millainen on SDI-kaapelin BNC-mallinen liitin.

Kuva 6. SDI-kaapelin BNC-mallinen liitäntä [43].

BNC-liitin mahdollistaa kaapelin lukitsemisen renkaalla paikalleen, mikä uojaa kaapelin tahattomalta irtoamiselta.

HDMI (High-Definition Multimedia Interface)

HDMI-kaapelit ovat kuluttajatasolla yleisin AV-liitäntä, ja käytännössä lähes kaikki monitorit, tietokoneet, pelikonsolit ja televisiot tukevat tätä liitäntää tai

käyttävät sitä pääasiallisena liitäntätapana videosignaalin siirtämiseen. Kuvassa 7 näkyvä HDMI-liitin mahdollistaa suurempiresoluutioisten videoiden siirron kuin mikään SDI-liitäntästandardi.

Kuva 7. HDMI-kaapelin urosliitin [42].

Myös HDMI-liittimellä voi siirtää pakkaamatonta videosignaalia pakatun tai pakkaamattoman äänisignaalin kanssa samanaikaisesti. HDMI-kaapeleissa kuitenkin signaali ei ole yhtä vahva kuin SDI-kaapeleissa, eikä laadukkaimmillakaan kaapeleilla signaali kulje kuin enintään viidentoista metrin matkan, mikä voikin selittää HDMI-kaapeleiden huomattavasti edullisemman hinnan. [42.]

Useissa tuotannoissa hyödynnetään kuitenkin kumpaakin liitäntätapaa, ja SDI-kaapelit tarvitsevat lähes aina HDMI-muuntajan koska SDI-liitännät puuttuvat esimerkiksi tavallisista tietokoneista.

AV-yhteyksien suunnitteluun kuuluu myös tärkeänä osana kaapeliyhteyksien suojaaminen. Yleinen käytäntö on suojata kaapelit teippaamalla ne lattiaan ja mahdollisuuksien mukaan kulkukäytävien sivuille. Tärkeänä tekijänä teippaustavassa ja -sijainnissa on tarkistaa, että kaapeleihin ei voi kompastua, etteivät liitännät pääse purkautumaan tahattomasti ja että niihin ei kohdistu ylimääräistä rasitusta. Tuotannosta ja laitteistosta riippuen kaapelit olisi myös hyvä piilottaa mahdollisimman hyvin. Lähetyksestä tulee ammattimaisempi, kun studion

lattialla ei näy teipattuja johtokasoja, vaan ne on piilotettu esimerkiksi lattiaan sopivien kokolattiamattopalojen alle.

## 3.3 Videomikserit

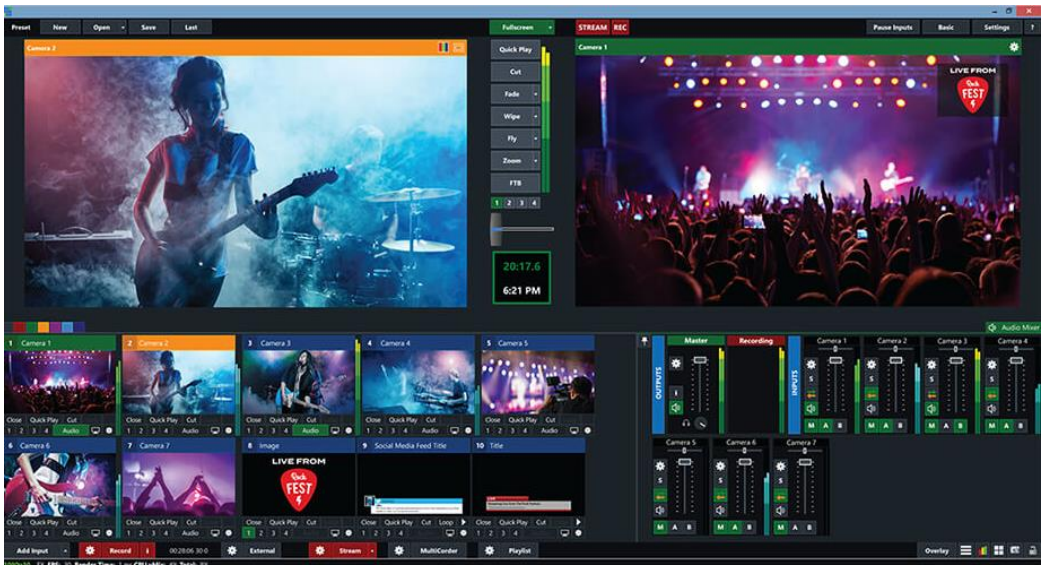
Videomikseri on yksinkertaisimmillaan laite tai sovellus, jota käytetään useiden eri lähteiden eli lähetyksen palasten yhdistämiseksi yhdeksi lähetykseksi. Videomikserillä ajetaan halutut videolähteet lähetykseen. Videomiksereitä voidaan hyödyntää myös erilaisten lisäefektien lisäämiseen, kuten videolähteiden asetteluun toistensa päälle tai lähetysgrafiikan lisäämiseen. Videomikserin rooli on käytännössä sama kuin äänimikserin, mutta käsiteltävinä lähteinä ovat videot ja grafiikka, joiden lisäksi videomikseri myös ottaa vastaan äänimikserin ulostulon. [35; 44.]

Videomikseri tulee valita tuotannon vaatimuksien mukaan. Erilaiset mikserit tarjoavat erilaisia ominaisuuksia ja mahdollisuuksia, ja tarjolla on sekä huomattavasti monitasoisempia ja monimutkaisempia ratkaisuja että yksinkertaisia ja suoralinjaisia. Videomikserit jaetaan kahteen pääkategoriaan: sovelluspohjaiset ja ulkoiset videomikserit. [44.]

Videomiksereitä voidaan käyttää joko yhdessä tai erikseen. Yhdessä käyttäessä sovelluspohjainen mikseri voi toimia itse striimin lähettäjänä ja yleisenä työkaluna ja ulkoinen videomikseri voi toimia silloin erikseen kameranohjaustyötä helpottavana työkaluna. Sovelluspohjaiset videomikserit ovat pääasiassa täysin riittäviä yksinään, ja esimerkiksi myöhemmin esiteltävä vMix mahdollistaa samankaltaisen kameroiden leikkauksen kuin ulkoinen mikseri. Sovelluspohjaiset videomikserit ovat myös useasti kustannustehokkaampi ratkaisu suurimpaan osaan e-urheilutuotannoista. Ulkoisen videomikserin käyttö yksinään on myös mahdollista, jos kyseinen malli mahdollistaa suoraan verkkoon striimaamisen, kuten esimerkiksi NewTek TriCaster 8000, mutta tällaisten laitteistojen kokonaiskustannukset ovat huomattavasti suuremmat kuin yksinkertaisempien miksereiden. [44.]

vMix

vMix on yksi tunnetuimmista livetuotanto-ohjelmista, ja se mahdollistaa lähteiden liveaikaisen miksauksen ja ohjaamisen sekä lähetyksen suoratoistamisen verkkoon samanaikaisesti. vMixiä voi käyttää niin suurissa kuin pienemmissäkin tuotannoissa, ja ohjelmaa voi hyödyntää myös pelkkänä kameramikserinä tuotannossa, johon ei kuulu livestriimausta, sillä ohjelma tarjoaa mahdollisuuden miksauksen tallentamiseen laitteelle. Lähetykseen voi lisätä video- ja äänilähteiden lisäksi esimerkiksi selainpohjaisia lähteitä. Kuvassa 8 esitellään vMix-ohjelman käyttöliittymä, jossa käyttäjä voi tarkastella samanaikaisesti kaikkia sisääntulevia video- ja audiolähteitä sekä näkee ulosajettavan kuvan isona oikealla. [45.]



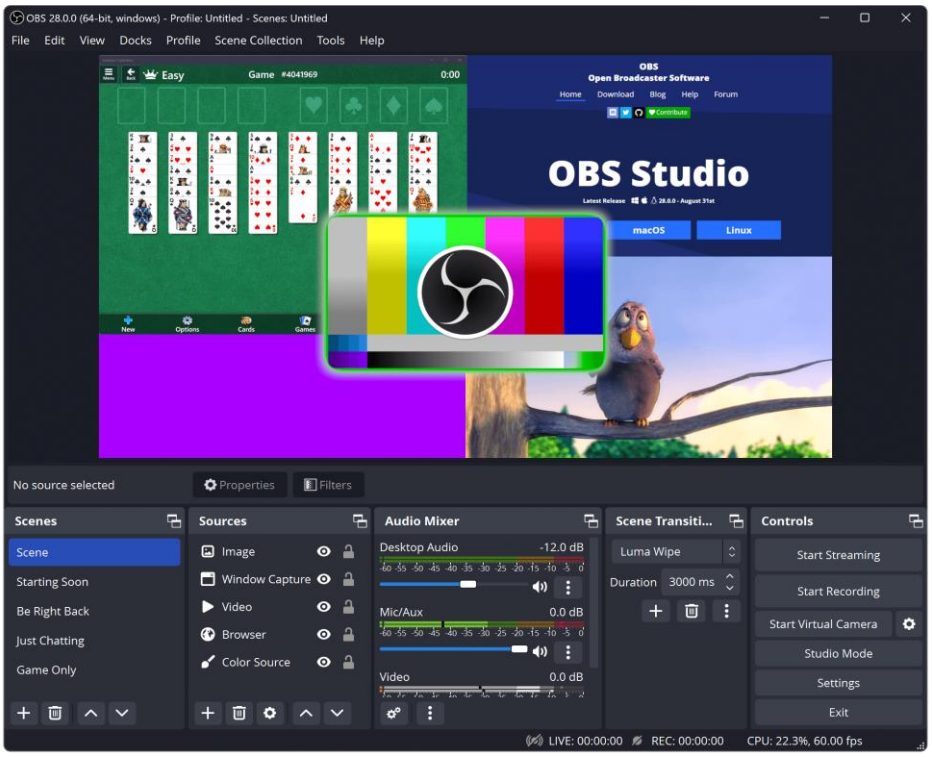

Kuva 8. vMix-ohjelmiston käyttöliittymä [45].

Ohjelmaan on tarjolla erihintaisia lisenssejä, jotka tarjoavat erilaisia mahdollisuuksia tuotannossa. Niitä ovat esimerkiksi suurempi lähetyksen maksimiresoluutio, enemmän kameralähteitä tai videolähteiden ajastamistyökalu. Kaikkia lisenssivaihtoehtoja yhdistää mahdollisuus jakaa lähetystä jopa kolmelle eri jakelualustalle samanaikaisesti. [45.]

OBS

OBS Studio eli Open Broadcaster Software Studio on ylivoimaisesti suosituin ja tunnetuin livelähetysohjelma, etenkin yksityisten livestriimaajien ja sisällöntuottajien keskuudessa. Ohjelman suosioon vaikuttaa vahvasti se, että ohjelma on ilmainen ja käyttäjäystävällisempi kuin ammattikäyttöön suunniteltu vMix ja se on käytettävissä Windowsilla, Linuxilla ja macOS:llä. OBS Studiota käytetään myös pohjana monien eri striimausohjelmien ja käyttöliittymien luontiin, kuten Streamlabs OBS, joka yhdistää Streamlabs-sivuston tekemät työkalut ja käyttöliittymän OBS Studion toiminnallisuuteen. [46.]

Myös OBS Studiossa on mahdollisuus taltioida ja striimata miksattua sisältöä samanaikaisesti. OBS Studiossa on huomattavasti yksinkertaisempi käyttöliittymä (kuva 9) kuin vMixissä, ja se soveltuukin hyvin esimerkiksi matalan kynnyksen kotituotantoon. Ohjelmassa voi tallentaa valmiita scenejä eli näkymiä, joissa voidaan yhdistellä eri lähteitä valmiiksi kokonaisuudeksi, ja näiden näkymien välillä voidaan hyppiä pikanäppäinten avulla nopean livelähetyksn ohjaamisen mahdollistamiseksi. OBS Studio ei tarjoa samanlaista videomikseriasettelua, jossa lähteitä voi esikatsella koko ajan, kuten vMixissä. [47.]




Kuva 9. OBS Studion käyttöliittymä [47].

Ohjelmassa on nimensä mukaisesti avoin lähdekoodi, joka mahdollistaa kolmansien osapuolien kehittämien ominaisuuksien ja lisäosien käytön. Myös OBS Studiossa on mahdollista lisätä lähetykseen selainpohjaisia lähteitä. [47.]

Käytettäessä sovelluspohjaisia videomiksereitä järjestelmäkameroiden tai usean kameralähteen kanssa, tulee ottaa huomioon tietokoneen kyky ottaa kameran kuvaa vastaan. Yleisin tapa, miten tietokone voi vastaanottaa suoraan kameran videosignaalia, on käyttää ulkoista tai koneen sisäistä videokaappauskorttia. Kaappauskortti muuntaa kameran videosignaalin digitaaliseen muotoon, jolloin sitä voidaan käyttää suoraan lähteenä videomikseriohjelmassa. Videokaappauskortteja voidaan käyttää kameroiden lisäksi myös esimerkiksi toisen tietokoneen tai mobiililaitteen ruudun kaappaukseen.

## 3.4 Verkkoyhteys

Livelähetysten tuotannossa tulee varmistaa hyvä ja vakaa verkkoyhteys, jonka mahdollisuuksien mukaan tulisi olla eristetty muusta käytöstä eli verkkoyhteys olisi priorisoitu vain tuotannon käyttöön. Erillisellä verkkoyhteydellä varmistetaan, etteivät muut laitteet ja niiden prosessit varasta kaistatilaa lähetykseltä. Vakaan yhteyden varmistamiseksi tulisi myös käyttää Ethernet-verkkokaapelia langattoman verkkoyhteyden sijaan.

Lähetyksen käyttämään kaistanleveyteen vaikuttavat käytetty koodekki, lähetyksen laatu, eli tarkemmin ottaen lähetyksen resoluutio ja kuvanopeus sekä bittinopeus. Kuten aiemmin luvussa 3.1 esiteltiin, livelähetyksen koodaukseen yleisin koodekki on H.264, joka tuottaa suhteellisen pieniä tiedostoja, jotka voidaan kirjoitushetkellä avata eli dekoodata lähes millä tahansa laitteella.

Jos lähetyksen resoluutio on esimerkiksi 480 p, se käyttää huomattavasti pienemmän määrän dataa lähetykseen, kuin 1080 p -video. Kuluttajat ovat tottuneet nykypäivänä suoratoistopalveluiden tarjoamiin korkeisiin laatuvaihtoehtoihin kuten 1080 p ja 4K, ja samaa odotetaan tietysti myös livestriimeiltä. Korkeampi kuvanopeus on datamäärältään tietysti suurempi, sillä mitä korkeampi kuvanopeus, sitä enemmän yksittäisiä frameja lähetyksessä on. Kuten aiemmin mainittiin, e-urheilutuotannot lähetetään lähes poikkeuksetta kuvanopeudella 60 fps, joka on noin kaksi kertaa suurempi datamäärältään kuin kuvanopeudella 30 fps tehty lähetys. [48.]

Kolmantena ja vaikuttavimpana tekijänä oleva bittinopeus kertoo datamäärän, joka siirretään tietyn ajanjakson aikana. Bittinopeus mitataan bitteinä per sekunti eli bps (bits per second), ja livetuotannossa käytettävissä videomikserissä usein kerrotaan bittinopeus kilobitteinä per sekunti eli kbps. Bittinopeutta yleensä säädetään korkeammaksi sitä mukaa, mitä korkeampi resoluutio ja kuvanopeus lähetyksessä on. Bittinopeuden tarpeeseen vaikuttaa myös käytetty koodekki. Matala bittinopeus korkearesoluutioisessa striimissä voi johtaa pikselöityneeseen ja epätarkkaan kuvaan, etenkin jos striimissä näytettävä sisältö on

nopeatempoista videopelikuvaa. Luvussa 3.5 käydään läpi jakelualustojen suositukset lähetyksien bittinopeuksiin. [48.]

Hyvä nyrkkisääntö verkkoyhteyden nopeuden valinnassa tuotantoa varten on, että yhteyden nopeus tulisi olla ainakin kaksi kertaa lähetyksen käyttämä bittinopeus. Toimiakseen verkkoyhteyden nopeuden tulee tietysti olla vähintään saman verran kuin striimin bittinopeus, mutta koska verkon nopeudessa tapahtuu kuitenkin jatkuvasti vaihteluita, ei miniminopeudella striimaaminen ole suositeltavaa. On myös hyvä huomioida, että lähetyksen kokonaisbittinopeuteen kuuluu laskea sekä videon että audion bittinopeus. Esimerkiksi jos lähetyksen käyttämä bittinopeus on 6000 kbps, tulisi käytetyn verkkoyhteyden lähetysnopeuden olla vähintään 12 Mbps. [48.]

## 3.5 Alustojen tekniset vaatimukset

Striimilähetyksen jakelukanavat asettavat teknisiä rajoituksia, jotka on tärkeää ottaa huomioon lähetystä ja sen teknistä kalustoa suunniteltaessa. Nämä rajoitukset toimivat oppaana hyvän katselukokemuksen takaamiseksi lähetyksen seuraajille. Seuraavakasi käyn läpi luvussa 2.2 esiteltyjen jakelualustojen tekniset vaatimukset ja ohjeet lähettäjille.

### Twitch

Twitch on katsojien lisäksi myös organisaatioiden ja turnausjärjestäjien ensisijainen valinta, kun he valitsevat alustan turnauksensa striimaamiselle [14]. Twitch tarjoaa selkeät ohjeet ja suositukset onnistuneeseen ja laadukkaaseen livestriimaukseen alustallaan, ja ohjeet vaihtelevat tavoiteltujen resoluutioiden ja käytetyn koodausmenetelmän mukaan. Koska e-urheilulähetyksissä tavoitellaan pääasiassa korkearesoluutioista lähetyskuvaa, taulukossa 2 listataan Twitch.tv:n lähetysohjeet vain korkeimmalle mahdolliselle resoluutiolle eli tarkkuudelle 1080 p kuvanopeudella 60 fps.

Taulukko 2. Twitch.tv:n lähetysvaatimukset koodausmenetelmän mukaan [49].

| **Koodaus** | Nvidia NVENC | X264 |
|---|---|---|
| **Resoluutio** | 1920 x 1080 | 1920 x 1080 |
| **Bittinopeus** | 6000 kbps | 6000 kbps |
| **Bittinopeuden koodaus** | CBR | CBR |
| **Kuvanopeus** | 60 fps | 60 fps |
| **Keyframe-taajuus** | 2 sekuntia | 2 sekuntia |
| **Koodausasetus** | Quality | Veryfast – medium |
| **Äänikoodekki** | AAC-LC | AAC-LC |

Twitch hoitaa lähetyksen transkoodauksen eli alkuperäisen kuvan muuntamisen eri kuvalaatuvaihtoehtoihin, mutta sen saatavuus riippuu lähetyskanavasta. Vain vahvistetut Twitch-kumppanit saavat jatkuvan transkoodauksen, ja muut kanavat saavat transkoodatut kuvalaatuvaihtoehdot katsojilleen vain saatavuuden mukaan. Transkoodatut kuvalaatuvaihtoehdot mahdollistavat sisällön katselun matalammalla resoluutiolla kuin alkuperäinen kuva on, mikä on eduksi heille, joilla ei ole riittäviä latausnopeuksia tai laitteita korkealaatuisten lähetyksien katsomiseen. [50.]

YouTube

Yksi asia, jota YouTube alustana tarjoaa mutta Twitch ei, on yli 1080 p -resoluutioisen kuvan lähetystuki. Twitchissä 1440 p -resoluutioisen kuvan lähetys on käytännössä mahdollista, mutta ei suositeltua korkean siirtonopeustarpeen takia. Sama ongelma on myös YouTubella, sillä esimerkiksi 4K-kuvan striimaaminen eri kuvanopeuksien mukaan vaatii bittinopeuden 13000–51000 kbps. Tällaista lähetystä varten tarvitsee vakaan internetyhteyden ja todella korkean

lähetysnopeuden sekä tehokkaan tietokoneen lähetyksen koodaukseen ja prosessointiin, kuten luvussa 3 on jo käsitelty.

Myös YouTube tarjoaa sivuillaan selkeät ohjeet ja vinkit onnistuneeseen livelähetykseen, eivätkä lähetysvaatimukset laadukasta lähetystä varten eroa paljoakaan Twitchin vaatimuksista, jotka listattiin taulukossa 1. Ainoa ero on bittinopeudessa, joka on YouTubessa korkeampi. Twitchissä bittinopeus on rajoitettu 6000 kbps, mutta YouTubessa 1080 p -resoluutioista kuvaa lähettäessä on mahdollista nostaa bittinopeus 9000 kbps. [51.]

Facebook Gaming

Facebook Gamingin livelähetyksen vaatimukset ja ohjeet vastaavat täysin YouTuben antamia ohjeistuksia [52].

## 3.6 Lähetysgrafiikka

Samaan tapaan kuin perinteisissä urheilulähetyksissä, e-urheilulähetyksissä näytetään lähetysgrafiikkaa esimerkiksi ottelutilastojen tai kamerassa esiintyvän henkilön nimen esittämiseen katsojalle muun sisällön ohessa. Lähetysgrafiikka on usein myös tiedonjakamisen lisäksi vain visuaalisia lisäelementtejä, joita hyödynnetään brändin tai turnauksen yleisilmeen ja teeman yhtenäistämiseksi ja katsojan mielenkiinnon lisäämiseksi. Lähetysgrafiikka on yleensä etukäteen suunniteltua ja valmisteltua, mutta monissa striimausohjelmissa on erilaisia valmiita pohjia ja muotteja, joita voi hyödyntää lähetyksissä, jos grafiikkaa ei ole valmisteltu etukäteen. Etukäteen valmisteltu grafiikka kuitenkin helpottaa huomattavasti livelähetyksen leikkaamista ja ohjaamista, ja niiden avulla varmistetaan haluttu ulkoasu.

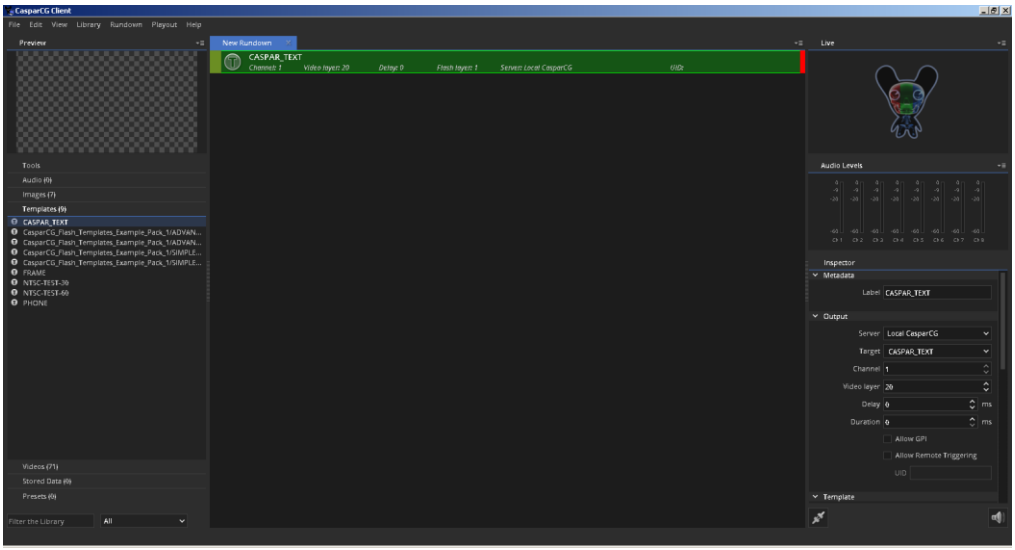
Lähetysgrafiikka luodaan pääasiassa HTML-pohjaisesti eli verkkosivuina. Tämä mahdollistaa erilaisten animaatioiden renderöimisen tehokkaasti ja grafiikan muokkaamisen reaaliajassa. Verkkopohjainen grafiikka mahdollistaa laajan kirjon uudenlaisia ja uniikkeja lisäefektejä kuten esimerkiksi livekeskustelun

näkymisen striimissä. Striimausohjelmaan eli videomikseriin lisätään verkkosivulähde (browser source), jonka kautta grafiikkaohjelman palvelimelta ajettu grafiikka näkyy lähetyksessä. Lähetysgrafiikka voidaan myös tehdä videoina ja kuvina, jotka ajetaan paikallisesti tietokoneelta, mutta erona verkkopohjaisiin niissä on muokkausmahdollisuuden puuttuminen.

Yksi esimerkki tärkeimmistä lähetyksen päälle tuleva grafiikka e-urheilulähetyksissä ovat pelaajan näkökulmasta oleva pelikuvan kanssa samaan aikaan näkyväksi koordinoitu pelaajakamera ja pelaajan senhetkiset tilastot. Lähetysgrafiikalla yleensä mahdollistetaan myös sponsoreiden ja kaupallisten kumppaneiden näkyvyys koko lähetyksen ajan.

CasparCG

CasparCG on ilmainen avoimen lähdekoodin tietokoneohjelma, jota käytetään lähetysgrafiikan ajamiseen hyvin laajalti niin harraste- kuin ammattikäytössä. Sillä voidaan ajaa sekä HTML-pohjaisia grafiikoita että perinteisiä videoita, kuvia ja tekstejä. CasparCG:n toimintaperiaate perustuu ohjelman luomaan paikalliseen palvelimeen, joka mahdollistaa lähetysgrafiikan nopean muokkaamisen reaaliaikaisesti, ja tähän palvelimeen voidaan yhdistää useampi eri laite samanaikaisesti. Kuvassa 10 esitellyllä tietokoneohjelmalla ollaan yhteydessä CasparCG:n palvelimeen, jonne valmiit grafiikkapohjat lähetetään, ja niiden sisältöä voidaan muokata ohjelman kautta muokata lähetyksen edetessä. Tyypillisesti tällä tavalla tuotetaan esimerkiksi lähetyksen aikana muuttuvat ottelutilastot tai alemman kolmanneksen (lower third) grafiikka, jossa esitellään lähetyksen juontajien nimet. Kun grafiikat lähetetään erilliselle palvelimelle, voi tuotannossa olla erikseen omat tietokoneet grafiikan ajolle ja striimin lähetykselle. Näin vähennetään yksittäisen koneen tehtäviä ja yksinkertaistetaan striimausjärjestelmää. [53.]




Kuva 10. CasparCG-ohjelman käyttöliittymä [53].

CasparCG:n avoin lähdekoodi mahdollistaa ohjelman ja sen käyttöliittymän muokkaamisen tuotannon tarpeita vastaavaksi. Perusversio kuitenkin tarjoaa myös täysin riittävät valmiudet, mutta uuden käyttöliittymän luominen voi helpottaa grafiikan ajamista tuotannon aikana, jos lähetyksessä käytetään esimerkiksi toistuvasti samoja elementtejä tai jos elementtejä on hyvin suuri määrä.

Videomikserin sisäiset grafiikat

Myös videomikseriohjelmat tarjoavat yksinkertaisia lähetysgrafiikkapohjia, ja monesti on myös mahdollista lisätä lähteeksi ohjelman sisäinen tekstitiedosto. Nämä ominaisuudet ovat kuitenkin hyvin rajattuja, eivätkä ne välttämättä vastaa haluttua laatutasoa. Sen takia niitä kannattaisikin käyttää lähinnä tilanteissa, joissa grafiikoita ei ole valmisteltu etukäteen.

## 3.7 Pelikuvan kaappaaminen

Kuten luvussa 2.3 oli esillä, hyvin useat pelit sisältävät spectator-tilan, jossa ulkopuolinen käyttäjä voi tarkastella käynnissä olevaa peliä ottamatta itse osaa siihen. Tämän pelikuvan lisääminen lähetykseen tapahtuu pääasiassa niin, että on erillinen tietokone, jolla pelikuvaa katsellaan ja tämän tietokoneen

näyttökuva viedään lähetyskoneelle kuvankaappauskortin avulla. Tuotannon laajuuden mukaan pelikuvaa esittävällä tietokoneella täytyy olla yleensä myös operaattori, joka ohjaa pelinsisäistä kuvaa ja vaihtaa kuvakulmaa pelaajien välillä. Jos kyseessä on e-urheilulähetys, jossa vain selostetaan muualla pelattavaa peliä, pelikuva on yleensä valmiiksi ohjattua.

Mobiilipelin pelikuvan kaappaaminen toimii käytännössä samalla tavalla, mutta jos peliä joudutaan tarkastelemaan tietokoneen sijaan mobiililaitteella, kuvankaappauskortin ja puhelimen välille tarvitaan sovitin, sillä kaappauskortti ei yleensä ole suoraan yhteensopiva mobiililaitteiden kanssa. Kaappauskorttien lisäksi vaihtoehtoisena keinona on myös verkkokaappauksen videosignaalin lähettäminen langattomasti paikallisverkon avulla. Laitteeseen asennetaan sovellus, esimerkiksi Newtek:in NDI HX Capture -sovellus, joka muuntaa näytönkaappauksen lähetyksen NDI HX -nimiseksi lähteeksi suoraan vMix-videomikseriin, joka voidaan nyt lisätä lähetykseen. Langattomat kaappauskeinot ovat lähes aina toimintamenetelmä vain tilanteissa, joissa ei ole mahdollista käyttää kuvankaappauskortteja, koska verkon avulla lähetetyssä näyttökuvassa on lähes aina korkeampi viive kuin kaappauskorttia käytettäessä. [54.]

Mobiilipeleissä spectator-tilan saatavuus on vaihtelevampaa kuin tietokonepeleissä, joten pelin mukaan saatetaan kaappaaminen tehdä jokaisen pelaajan laitteelta erikseen tai muilla keinoilla. Joidenkin mobiilipelien striimaus voi olla myös täysin mahdotonta.

# 4 Livelähetysjärjestelmä yrityksen studioon

## 4.1 Käyttökartoitus

Livelähetysjärjestelmän suunnitteluun ja tekniikan valintaan vaikuttavat merkittävästi sen käyttötarkoitus ja -tavoitteet. Kun järjestelmän tavoitteet ja käyttökohteet on kartoitettu, voidaan helpommin valita tuotantoon sopivat laitteet ja tekniikat ja tuotannon kuluissa voidaan parhaassa tapauksessa säästää. Jos tuotantoa suunniteltaessa ei oteta tätä huomioon, päädytään usein joko liian hintaviin ja monimutkaisiin ratkaisuihin tai vaihtoehtoisesti valitut laitteet eivät riitä lähetyksen tuottamiseen. Jos tuotannossa hyödynnetään jo olemassa olevaa ympäristöä pohjana, täytyy kartoituksessa huomioida järjestelmään lisättävien laitteiden yhteensopivuus muiden laitteiden kanssa.

Insinöörityössä toteutettavaa striimausjärjestelmää ja valittuja tekniikoita hyödynnetään mahdollisissa mobiilipeliturnauksissa, joita voidaan järjestää pelkästään livestriiminä tai paikan päällä livetapahtumassa, jossa on myös striimausmahdollisuus. Valitut tekniikat suunnitellaan toimimaan lisänä jo olemassa olevaan tuotantojärjestelmään, ja ne mahdollistavat järjestelmän valmiuden mobiilipelien striimaukseen aiempien lähetysmahdollisuuksien lisäksi.

## 4.2 Tekniikan valinta

Yrityksen studioympäristössä oleva laitteisto toimi pohjana tekniikan valinnalle mobiilipelin striimausta varten. Seuraavaksi kuvataan studiossa oleva livelähetysjärjestelmä (kuva 11).

Kuva 11. Yrityksen studion livelähetysjärjestelmä.

Järjestelmä on rakennettu useamman tietokoneen ympärille. Päätietokoneella käytetään vMix-videomikseriä kuvamiksaukseen ja itse striimin lähettämiseen. Ympäristössä ei ole käytössä erillistä fyysistä videomikseriä ja kaikki lähetyksen video- ja audiolähteet reititetään tähän päätietokoneeseen. Päätietokoneen komponentit vastaavat vMixin suosittelemia esimerkkijärjestelmiä, ja tietokoneella on mahdollista toteuttaa jopa 4K-laatuista lähetystä.

Studiossa on valmiiksi kolme kameraa, joista tässä tuotannossa käytettiin vain kahta. Nämä kaksi ovat kumpikin Birddog P200 -mallisia PTZ-robottikameroita, joiden kuvan reitittäminen striimikoneeseen tapahtuu NDI-verkon kautta. Myös kameroiden ohjaus tapahtuu NDI-verkon kautta päätietokoneella, ja kameran ohjauksessa hyödynnetään Birddogin omaa Cam Control -ohjelmaa.

Studiossa on käytössä Midas M32R Live -äänimikseri, joka vastaanottaa kaikki tuotannon eri äänilähteet ja niille tehdään mikserillä halutut prosessoinnit. Mikseri on yhdistetty tietokoneeseen, josta Dante-kortin ja Dante Controllerin avulla lähetetään audiolähteet päätietokoneelle. Pääkoneelle on asennettu Dante Virtual Soundcard, joka vastaanottaa audiolähteet.

Studiossa tuotettavissa striimeissä mikrofonina käytetään pääasiassa kuulokemikrofoneja, sillä suurin osa siellä tuotetuista striimeistä on e-urheiluselostuksia.

Tällä hetkellä käytössä olevat kuulokemikrofonit ovat Beyerdynamic DT 291 PV MKII -malliset, joissa on pallokuvioinen kondensaattorimikrofoni. Mikrofonit voivat olla suuntakuvioltaan palloja tässä ympäristössä, sillä kun mikrofonit ovat todella lähellä puhujan suuta, niiden herkkyyttä voidaan säätää mikseristä pienemmäksi, etteivät studion muut äänet kuulu. Kuulokemikrofonit on liitetty omaan Sonifex CM-CU21-selostajayksikkömikseriin, jonka avulla puhujat voivat kuulla toisensa, säätää eri kuulokkeisiin tulevien äänilähteiden äänenvoimakkuutta ja väliaikaisesti mykistää mikrofoninsa, esimerkiksi yskäisemisen ajaksi. Tämä selostajayksikkö kuljettaa kuulokemikrofonien äänen päämikseriin XLR-kaapelilla.

Kamerakuviin ja kaikkiin muihin videolähteisiin on säädetty vMixissä noin 300 millisekunnin latenssi, sillä audiojärjestelmä, jossa ääni kulkee useamman mikserin ja Danten kautta aiheuttaa minimaalisen viiveen mikrofonien äänen saapuessa vMixiin. Mahdolliset viiveet audio- tai videolähteissä on hyvä minimoida jo studiojärjestelmää pystyttäessä, mutta jos kyseessä on väliaikaisesti pystytetty striimausympäristö, tulee viiveet tarkistaa hyvissä ajoin ennen itse lähetystä.

Videonkaappauskortti, jonka avulla saadaan pelikuva striimiin, on Blackmagic Design Decklink Duo 2. Tässä kaappauskortissa on 3G-SDI-liitännät, jotka voivat kuljettaa videokuvaa kuvanlaadulla 1080 p 60 fps. Jotta kortilla voidaan kaapata toiselta laitteelta sisältöä, täytyy välissä olla HDMI-sovitin, sillä SDI-liitäntä ei ole yhteensopiva tietokoneiden tai mobiililaitteiden kanssa.

Studion järjestelmään kuuluu erillinen tietokone, jolla ajetaan CasparCG:n avulla lähetysgrafiikkaa. Yritys on luonut muita studiossa tehtäviä tuotantoja varten CasparCG:lle oman käyttöliittymän. Lähetysgrafiikkaa ei kuitenkaan käytetty testituotannossa, joten ohjelman käytöstä ei raportoida enempää.

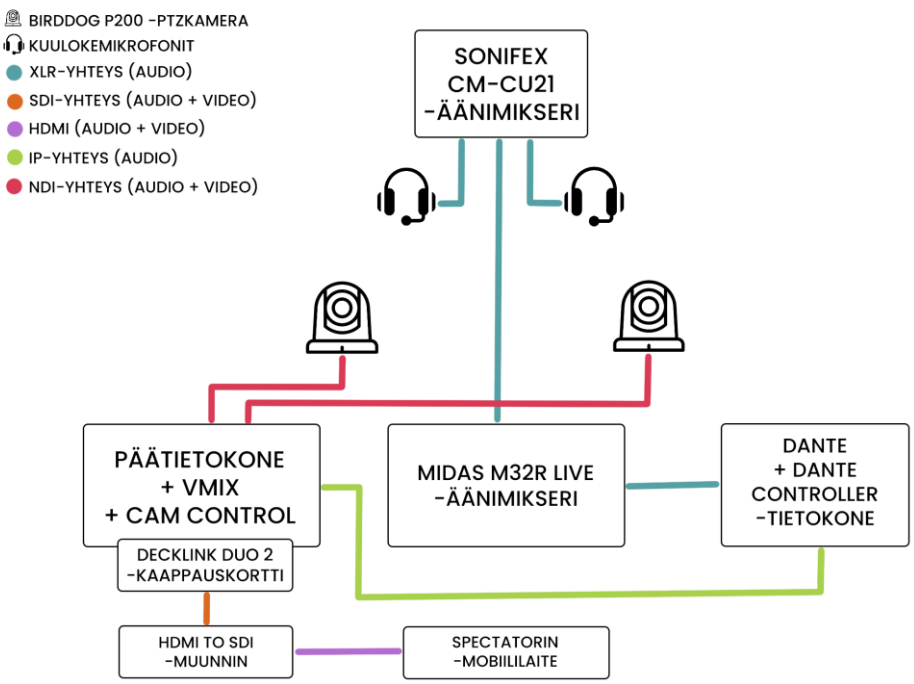
## 4.3 Järjestelmän testaus tuotannossa

Striimausjärjestelmän toimivuutta mobiilipelien striimaukseen testattiin leikkimielisellä turnauksella, joka striimattiin Twitch.tv:hen. Lähetyksessä oli kaksi juontajaa, jotka pelasivat valittuja pelejä omilla puhelimillaan. Koska lähetys oli laadultaan pienikokoinen testilähetys, lähetystä operoi vain yksi ihminen eikä kokonainen tuotantotiimi, joten lähetyksen kaikki elementit valmisteltiin hyvin etukäteen. Birddogin Cam Control -ohjelmassa voi tallentaa etukäteen kameralle esiasetuksia eli eri asentoja, joiden välillä voidaan lähetyksen aikana leikata pikanäppäinten avulla. Tämä tekee yleisesti kuvaleikkauksesta sujuvampaa, kun eri kuvakulmat on suunniteltu etukäteen, mutta etenkin yhden henkilön ohjaamassa tuotannossa ne helpottavat työtä huomattavasti.

Tässä tuotannossa oli käytössä kaksi keskenään identtistä kameraa, joten kuvanlaatu oli jo valmiiksi mahdollisimman yhtenäistä. Kameroiden asetukset säädettiin Cam Control -ohjelmassa kuitenkin vielä vastaamaan toisiaan, joista tärkeimpinä säädettiin nämä asetukset seuraaviin arvoihin:

- resoluutio ja kuvanopeus: 1080 p ja 60 fps
- valkotasapaino: punaisen vahvistus 204, sinisen vahvistus 70 (Cam Control -ohjelman manuaalinen valkotasapaino, jota ei säädetä Kelvineinä)
- valotusaika: 1/120.

Striimi lähetettiin kuvanlaadulla 1080 p 60 fps, joka oli yhtenäinen kameroiden ja pelien laatuasetusten kanssa. Lähetysjärjestelmän ja tuotannon suunnitelma on havainnollistettu kuvassa 12.




Kuva 12. Testituotannon tekniikan suunnitelma.

Vastaavanlaisen pohjakartan luominen striimausympäristöä suunniteltaessa toimii auttavana työkaluna vaadittujen yhteyksien ja signaalien kulkureittien hahmottamiseen.

Testilähetyksessä pelatut pelit

Kuten luvussa 3.7 mainittiin, mobiilipelien spectator-muodon saatavuus on vaihtelevaa, ja työssä haluttiin testata erilaisten pelien striimausta ja katsoa, miten niiden pelikuva voidaan kaapata lähetykseen parhaiten. Testiin valittiin kaksi erilaista peliä: ensimmäisessä voi tarkastella käynnissä olevaa peliä spectator-tilassa ja toisessa ei ole erillistä spectator-tilaa. Videonkaappauskortin kanssa käytettävään muuntajaan täytyi lisätä USB-C to HDMI-sovitin, sillä pelikuva näytettiin iPad-tabletilta, jossa on vain USB-C-liitäntä.

Ensimmäiseksi peliksi valittiin Call of Duty: Mobile, sillä siinä on spectator-mahdollisuus ja peli on yksi suosituimmista mobiilipeleistä tällä hetkellä. Spectator-tilaa on pelissä kahta eri versiota. Ensimmäinen spectator-tila on saatavilla vain

ystävälistalla olevien pelaajien käynnissä oleviin peleihin, ja se on toiminnaltaan todella rajattu. Katsoja voi selata ystävälistalla olevan pelaajan tiimiläisten välillä, mutta ei voi vaihtaa vihollisjoukkueen näkökulmaan. Tällaista katselumuotoa ei siis voisi hyödyntää oikeassa turnauksessa.

Toinen muoto on sisäänrakennettuna yksityiseen pelipalvelimeen. Kuka tahansa voi luoda yksityisen palvelimen ja kutsua sinne haluamansa pelaajat ja katselijat. Tässä spectator-tilassa voi ohjata vapaasti kameraa, nähdä kaikki pelaajat ja heidän tilastonsa, nähdä pistetilanteen ja pelaajien tekemät tapot sekä vaihtaa tarkastelukulmaa tietyn pelaajan näkökulmaan. Pelikuvan kaappauksen voisi toteuttaa myös yhdistämällä jokaisen pelaajan laite kaappauskorttiin, mutta koska pelimuodoissa on pääasiassa aina vähintään kymmenen pelaajaa, ei tällaista järjestelmää kannattaisi pystyttää, kun spectator-mahdollisuus on olemassa.

Toiseksi testattavaksi valittiin peli, jossa ei ole mahdollisuutta luoda yksityistä palvelinta, eikä siinä ole missään pelimuodossa erillistä spectator-tilaa. Peliksi valikoitui Stumble Guys -niminen Battle Royale. Battle Royale -peleissä tyypillisesti on useita kymmeniä pelaajia, jotka kilpailevat toisiaan vastaan ja viimeinen eloonjäänyt on voittaja. Stumble Guys -pelissä kilpailijoita oli yhteensä 32. Yksityisen palvelimen puuttuessa ja vajaalla pelaajamäärällä pelatessa samaan peliin osallistui ulkopuolisia pelaajia, mikä ei oikeassa turnauksessa olisi lainkaan hyväksyttävää.

Koska erillistä spectator-mahdollisuutta ei ollut, täytyi lähetyksessä näyttää yhden pelaajan näkökulmasta pelikuvaa. Jos pelaaja ei selviä ensimmäiseltä kierrokselta hengissä, hän voi jäädä seuraamaan eloonjääneitä pelaajia, kunnes peli päättyy. Tässä tilassa pelaaja kuitenkin voi vaihdella katselukulmaa eloonjääneiden pelaajien välillä, eli käytännössä pelin katselu onnistuisi, jos 32 kilpailijaan sisällytettäisiin yksi, joka häviää tarkoituksellisesti, jotta voisi tarkastella muita. Tämä todettiin kuitenkin hyvin epäkäytännölliseksi, sillä pelaaja joutuu pelaamaan aina ensimmäisen kierroksen loppuun asti eikä voi eliminoitua heti kierroksen alussa, joten tällä tavalla tuotettu pelikuva on puutteellista eikä tarjoa

katsojalle haluttua kokemusta. Tällaisen pelikuvan näyttäminen lähetyksessä aiheuttaa myös haasteita selostajille, kun pelikuvaa ei voida ohjata yhtä tarkasti.

Tämäntyyppisessä pelissä, jossa ei ole pelin katselumahdollisuutta, lähetyksen katselijan kannalta paremman lopputuloksen voisi saada kaappaamalla pelikuvan jokaisen pelaajan laitteelta erikseen. Suuren pelaajamäärän takia laitekohtainen kaappaus vaatisi kuitenkin useita kaappauskortteja, ja se olisi teknisesti monimutkaista ja kömpelöä tuottaa. Tämä peli oli hyvä esimerkkitapaus siitä, miten mobiilipelit tarjoavat hyvin vaihtelevasti spectator-mahdollisuuksia ja miten useisiin mobiilipeleihin ei alusta lähtien suunnitella e-urheilutuotantoa tukevia ominaisuuksia. Mobiilipelien e-urheilu on kuitenkin hyvin uutta, joten tällaisten ominaisuuksien puuttumisen voi odottaa muuttuvan tulevaisuudessa kasvun myötä.

Testituotannon tulokset

Testituotannossa ympäristön kaikki osa-alueet toimivat suunnitelmien mukaisesti. Etukäteen valmistellut kameroiden esiasetukset ja ennen lähetystä testatut tekniikat helpottivat huomattavasti lähetyksen kulkua, kun kaikkea operoi vain yksi ihminen. Lähetyksen aikana tarvitsi tehdä vain minimaalisia säätöjä kameroiden ja pelikuvan asetteluun vMixissä. Kuvassa 13 esiteltynä tuotantojärjestelmä testituotannon aikana.

Kuva 13. Lähetysjärjestelmä testistriimin aikana.

Testilähetyksen avulla huomattiin, että yrityksen olemassa oleva studioympäristö on tekniikan osalta hyvässä striimausvalmiudessa. Studioympäristön laitteistoja usein hyödynnetäänkin yrityksen järjestämissä livetapahtumissa, joissa tavoitteena tulevaisuudessa olisi järjestää muun e-urheiluohjelman lisäksi mobiilipeliturnauksia, ja testilähetyksen perusteella voidaan todeta, että tällaisen turnauksen järjestäminen onnistuisi olemassa olevalla kalustolla lukuun ottamatta tiettyjä lisähankintoja.

Nämä lisähankinnat määräytyvät sen mukaan, minkälaisia mobiilipelejä halutaan pelata. Lähetyksessä testattiin kahta erilaista peliä erilaisilla e-urheiluvalmiuksilla, ja testien perusteella todettiin, että pelin e-urheilua tukevien ominaisuuksien puuttuminen voi vaikuttaa negatiivisesti joko lähetyksen katselukokemukseen tai tuotannon kuluihin. Sellaisia pelejä varten, joissa ei ole minkäänlaista spectator-tilaa, jossa ottelua voisi vapaasti seurata, täytyy tuotannon joko valmistella pelinkaappaus erikseen jokaiselta pelilaitteelta tai peliä seurataan vain tiettyjen pelaajan näkökulmasta. Peleissä, joissa on vain muutama osallistuja, laitekohtaisen kaappauksen järjestäminen ei ole yhtä monimutkaista, mutta esimerkiksi Battle Royale -peleissä osallistujamäärä voi olla useita kymmeniä, jolloin vaadittujen kaappauslaitteiden hankintamäärä lisääntyy huomattavasti. Kun turnauksessa pelataan peliä, jossa on spectator-mahdollisuus, ei tähän lähetysympäristöön tarvitse tehdä lisähankintoja ja striimausvalmius on riittävä.

Testien perusteella voidaan todeta, että tällä hetkellä mobiilipeliturnauksen järjestäminen ja striimaaminen on huomattavasti suoraviivaisempaa, kun peliksi valitsee sellaisen, jonka ympärillä on jo olemassa e-urheilutuotantoa ja -turnauksia. Näin voidaan olla varmoja siitä, että pelissä on tuotantoon sopivat ominaisuudet, eli yksityiset palvelimet ja spectator-mahdollisuus.

Testituotannolla varmistettiin insinöörityön tavoitteen onnistuminen ja yrityksen oman laitteiston riittävyys sellaisten mobiilipeliturnausten järjestämiseen, jossa pelattava peli tarjoaa mahdollisuuden yksityisten pelipalvelimien pystyttämiseen, joissa on sisäänrakennettu spectator-tila.

## 4.4 Livelähetyksien tulevaisuus ja kehittyminen

Lähitulevaisuudessa nähdään entistä tehokkaampia striimausjärjestelmiä uusien tietokonekomponenttien myötä, jotka mullistavat tavan luoda ja katsella sisältöä. Näiden striimausjärjestelmien ytimenä tulee hyvin todennäköisesti olemaan AV1-koodaus.

AV1 on ensimmäinen rojaltimaksuton videokoodekki, jonka on kehittänyt voittoa tavoittelematon konsortio nimeltä Alliance for Open Media (AOMedia). Se perustettiin vuonna 2015, ja mukana olevat yhtiöt ovat Google, Amazon, Apple, Facebook, Netflix, Samsung, Microsoft ja Nvidia. Tällä hetkellä moni johtava videon suoratoistoteknologia, kuten H.264 ja H.265, ei ole rojaltimaksuton, mikä rajoittaa niiden käytettävyyttä. [26.]

AV1-koodekin sanotaan pakkaavan videota 30 % tehokkaammin kuin H.265, mikä tarkoittaa sitä, että se käyttää vähemmän dataa samanlaatuisen videoresoluution tarjoamiseen. AV1:llä koodaaminen on mahdollista jopa 55 % pienemmällä bittinopeudella kuin x264-koodekilla ja lopputulos on samanlaatuista. Toisin sanoen, AV1:llä lähetykset voidaan lähettää nopeammin ja edullisemmin ja katsojat voivat nauttia paremman laatuisista lähetyksistä tarvitsematta enempää kaistaa verkkoyhteydeltä. [26.]

Kirjoitushetkellä AV1-koodekki on vasta aloittamassa valtakauttaan suosituimpana koodekkina. Esimerkiksi suoratoistopalvelu Netflix aloitti ensimmäisenä mukana olevista yhtiöistä jakamaan AV1-koodattuja ohjelmia ja elokuvia tietyille Android-laitteille vuoden 2020 alussa. Perässä seurasi YouTube, joka hyödynsi AV1-koodekkia 8K-sisällön jakamiseen 8K-televisioihin. Netflix on sittemmin laajentanut AV1-koodatun sisällön jakamista tietyille älytelevisioille ja pelikonsoleille ja on ilmoittanut, että AV1-koodattu sisältö tulee lopulta olemaan saatavilla kaikilla alustoilla. Vuonna 2022 julkaistiin ensimmäiset näytönohjaimet, jotka tukevat AV1-koodekkia, joiden yleistyminen mullistaa niin yksityisten pelistriimaajien kuin livelähetysstudioiden striimausjärjestelmät. [26.]

E-urheilusisällön jakelualustojen voi myös odottaa saavan rinnalleen kilpailijoita. Esimerkkinä on viime vuosina merkittävään suosioon noussut sosiaalisen median palvelu TikTok, jolla on noin miljardi kuukausittaista käyttäjää. Vaikka alustan pääasiallinen sisältö on lyhyet videot, joiden kesto voi olla muutamasta sekunnista kymmeneen minuuttiin, alustalla voi myös lähettää livestriimiä, jos käyttäjällä on tietty määrä seuraajia. Tätä livestriimausmahdollisuutta ovat monet sisällöntuottajat alkaneet hyödyntämään esimerkiksi tavallisen Twitch-striiminsä ohella samanaikaisesti. Myös esimerkiksi uutissivustoja voidaan nähdä striimaamassa TikTokissa, ja TikTokin yleistyminen ja hyödyntäminen striimausalustana myös jonkinmuotoisille e-urheilulähetyksille on melko todennäköistä. [55.]

# 5 Yhteenveto

Insinöörityössä määriteltiin verkkolähetysympäristön tekniset tarpeet ja vaatimukset mobiilipelien e-urheilutuotannossa. Lisäksi työssä valittiin yrityksen olemassa olevan studion jatkeeksi siihen sopivat työkalut, joilla mobiilipelien livestriimaus onnistuisi mahdollisimman vaivattomasti. Lisäksi tutkittiin, miten e-urheilulähetyksiä tuotetaan nykyisin, ja testattiin tehdyn tutkimuksen perusteella valittuja työkaluja testilähetyksessä.

Työssä määriteltiin vaadittavat pohjatiedot livelähetyksen tuottamiselle ja siihen vaadittu tekniikka. Vaadittuja pohjatietoja ovat esimerkiksi e-urheilun lähetysalustojen ominaisuudet ja niiden väliset erot ja tietokoneen tärkeimpien komponenttien roolit striimituotannossa. Vähimmäisvaatimukset lähetysjärjestelmälle riippuvat lähetyksen laajuudesta ja luonteesta, esimerkiksi yksinkertaisia turnausselostuksia valmiin pelikuvan päälle voi tuottaa huomattavasti suppeammalla järjestelmällä kuin monikameratuotantona tehdyn turnauksen lähetyksen. Sen lisäksi, että työssä tehtyjä havaintoja voidaan käyttää oppaana mobiilipelien e-urheilutuotannossa, voi työtä myös soveltaa tietokonepelien livetuotannossa, sillä käytetyt tekniikat soveltuvat kumpaankin.

Testilähetystä tuottaessa huomattiin, että useimmissa tuotantoympäristöissä on jo täydet valmiudet mobiilipelistriimien tuottamiseen, vaikka ympäristöjä ei olisi ennen käytetty siihen tarkoitukseen. Testituotanto osoitti kuitenkin selkeästi mobiilipelien ja tietokonepelien erot ja toi esille ne haasteet, joita mobiilipelien e-urheilutuotantoon liittyy. Mobiilipeleissä on huomattavasti vaihtelevammin tarjolla ominaisuuksia, jotka tukevat e-urheilutuotantoa. Yrityksen studioympäristö ja sen tuotantojärjestelmä oli riittävä, mutta e-urheiluturnausten järjestäminen pelin ympärille, jossa ei ole tarjolla spectator-tilaa pelin seuraamista varten, on huomattavasti haasteellisempaa ja voi vaatia yritykseltä lisähankintoja. Ilman spectator-tilaa striimissä näkyvä pelikuva voi olla joko puutteellista tai sen mahdollistaminen on teknisesti monimutkaista tai mahdotonta.

Lisäksi työssä havaittiin mobiilipelien suosion huomattava kasvu viimeisten vuosien — etenkin koronapandemian aikana. Maailmanlaajuisia mobiilipeliturnauksia järjestetään enemmän kuin koskaan ennen, ja tämä suosion kasvu voisi mahdollisesti johtaa uusien mobiilipelien kehittämiseen e-urheiluystävällisemmiksi tulevaisuudessa, jolloin mobiilipelien striimaukseen liittyvät haasteet vähentyisivät ja mobiilipelistriimien tuotanto suoraviivaistuu.

## Lähteet


1 Hamari, Juho & Sjöbolm, Max. 2017. What is eSports and why do people watch it? Verkkoaineisto. Tampereen yliopiston Trepo-julkaisuarkisto. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:uta-201705081531>. Luettu 25.9.2022.

2 Wijman, Tom. 2022. The Games Market Will Show Strong Resilience in 2022, Growing by 2.1% to Reach $196.8 Billion. Verkkoaineisto. Newzoo. <https://newzoo.com/insights/articles/the-games-market-will-show-strong-resilence-in-2022>. 26.7.2022. Luettu 25.9.2022.

3 Tristão, Hugo. 2022. The Esports Audience Will Pass Half a Billion in 2022 as Revenues, Engagement, & New Segments Flourish. Verkkoaineisto. Newzoo. <https://newzoo.com/insights/articles/the-esports-audience-will-pass-half-a-billion-in-2022-as-revenue-engagement-esport-industry-growth>. 19.4.2022. Luettu 25.9.2022.

4 3, 2, 1 Go! Video Gaming is at an All-Time High During COVID-19. 2020. Verkkoaineisto. Nielsen. <https://www.nielsen.com/insights/2020/3-2-1-go-video-gaming-is-at-an-all-time-high-during-covid-19/>. Luettu 26.9.2022.

5 Number of mobile gaming users worldwide in 2021, by region. 2021. Verkkoaineisto. Statista. <https://www.statista.com/statistics/512112/number-mobile-gamers-world-by-region/#:~:text=As%20of%202021%2C%20Asia%20accounted,top%2Dgrossing%20gaming%20segment%20worldwide>. Luettu 26.9.2022.

6 Chen, Hongyu. 2019. Peacekeeper Elite: Why Tencent Had to Release a PUBG Mobile Clone in China. Verkkoaineisto. The Esports Observer. <https://archive.esportsobserver.com/peacekeeper-elite-pubg-china/> 25.6.2019. Luettu 27.9.2022.

7 Free Fire World Series 2021 Singapore. Verkkoaineisto. Liquipedia. <https://liquipedia.net/freefire/Free_Fire_World_Series/2021/Singapore> Päivitetty 30.10.2022. Luettu 6.11.2022.

8 Icons Global Championship 2022. Verkkoaineisto. Liquipedia. <https://liquipedia.net/wildrift/Icons_Global_Championship/2022> Päivitetty 27.8.2022. Luettu 27.9.2022.

9 Apex Legend Mobile’s First Two Weeks in Numbers – They’re Big! 2022. Verkkoaineisto. Appfigures. <https://appfigures.com/resources/insights/20220603?f=2>. Luettu 28.9.2022.

10 Number of Hours watched on leading gaming live stream platforms worldwide in 2nd quarter 2022, by platform. 2022. Verkkoaineisto. Statista. <https://www.statista.com/statistics/1030795/hours-watched-streamlabs-platform/>. Luettu 28.9.2022.

11 Most popular social networks worldwide as of January 2022, ranked by number of monthly active users. 2022. Verkkoaineisto. Statista. <https://www.statista.com/statistics/272014/global-social-networks-ranked-by-number-of-users/>. Luettu 29.9.2022.

12 Spangler, Todd. 2014. YouTube to Acquire Videogame-Streaming Service Twitch for $1 Billion: Sources. Verkkoaineisto. Variety. <https://variety.com/2014/digital/news/youtube-to-acquire-videogame-streaming-service-twitch-for-1-billion-sources-1201185204/>. 18.5.2014. Luettu 28.9.2022.

13 PogChamp: The Culture of Twitch Chat. 2020. Verkkoaineisto. Cultural History of the Internet. <https://culturalhistoryoftheinternet.com/2020/11/16/pogchamp-the-culture-of-twitch-chat/>. 16.11.2020. Luettu 29.9.2022.

14 YouTube vs Twitch: Which is the best platform for esports? 2022. Verkkoaineisto. Factor.gg. <https://www.factor.gg/article/youtube-vs-twitch-which-is-the-best-platform-for-esports>. 31.8.2022. Luettu 29.9.2022.

15 Clement, J. 2022. Number of hours watched on Facebook Gaming worldwide from 1st quarter 2019 to 2nd quarter 2022. Verkkoaineisto. Statista. <https://www.statista.com/statistics/992404/active-streamers-facebook-gaming/>. Luettu 29.9.2022.

16 May, Ethan. 2021. Streamlabs and Stream Hatchet Q3 2021 Live Streaming Industry Report. Verkkoaineisto. Streamlabs Blog. <https://blog.streamlabs.com/streamlabs-and-stream-hatchet-q3-2021-live-streaming-industry-report-8b6ceb6a9c32>. 27.10.2021. Luettu 30.9.2022.

17 Olivalves, Luis Renato. 2021. Musiikin saatavuus laajenee Facebook Gamingissä. Verkkoaineisto. Facebook Gaming Blog. <facebook.com/fbgaminghome/blog/expanding-access-to-music>. 2.9.2021. Luettu 30.9.2022.

18 Laajennukset: Live-lähetysten vallankumous. Verkkoaineisto. Twitch.tv. <https://www.twitch.tv/p/fi-fi/extensions/>. Luettu 30.9.2022.

19 ESL_CSGO. Verkkoaineisto. Twitch.tv. <https://www.twitch.tv/esl_csgo>. Luettu 30.9.2022.

20 A Guide to the Different Types of Computer Processors. Verkkoaineisto. Crucial. <https://www.crucial.com/articles/pc-builders/a-guide-to-processor-types>. Luettu 2.10.2022.

21 Akramullah, Shahriar. 2014. Digital Video Concepts, Methods, and Metrics: Quality, Compression, Performance, and Power Trade-off Analysis. California: Apress Berkeley.

22 Goel, Anita. 2010. Computer fundamentals. Chapter 2: The Computer System Hardware. India: Pearson.

23 Tietokoneen osat ja niiden tehtävät. 2021. Verkkoaineisto. Taitonetti blogi. <https://taitonetti.fi/index.php?route=blog/article&article_id=119>. 1.11.2021. Luettu 3.10.2022.

24 Johnson, Dave. 2021. A beginner's guide to graphics cards and how they help power your computer's images. Verkkoaineisto. Insider. <https://www.businessinsider.com/guides/tech/what-is-a-graphics-card?r=US&IR=T>. 29.1.2021. Luettu 3.10.2022.

25 What is a GPU? Verkkoaineisto. Intel. <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/docs/processors/what-is-a-gpu.html>. Luettu 3.10.2022.

26 Torres, Kaley. 2022. AV1 vs HEVH/H.265 – Which is the Codec of the Future? Verkkoaineisto. WinXDVD. <https://www.winxdvd.com/convert-hevc-video/av1-vs-hevc.htm>. 11.10.2022. Luettu 25.10.2022.

27 vMix Reference Systems. Verkkoaineisto. vMix. <https://www.vmix.com/products/vmix-reference-systems.aspx#obsidian>. Luettu 6.10.2022.

28 Witman, Emma. 2022. How much RAM do you need? How to tell and when you should upgrade your computer storage. Verkkoaineisto. Insider. <https://www.businessinsider.com/guides/tech/how-much-ram-do-i-need?r=US&IR=T>. 5.5.2022. Luettu 6.10.2022.

29 DDR4 Memory Standard. 2014. Verkkoaineisto. Kingston. <https://www.kingston.com/en/memory/ddr4-overview>. Luettu 6.10.2022.

30 DDR5 Memory Standard: An introduction to the next generation of DRAM module technology. 2021. Verkkoaineisto. Kingston. <https://www.kingston.com/en/blog/pc-performance/ddr5-overview>. Luettu 6.10.2022.

31 Manriquez, Antonio. 2015. Video Production: Learn by Video. Peachpit Press.

32 Memon, Masooma. 2022. The Vimeo pro guide to video resolution and quality. Verkkoaineisto. Vimeo <https://vimeo.com/blog/post/what-is-video-resolution/> 28.3.2022. Luettu 8.10.2022.

33 Why 24 frames per second is still the golden standard for film. 2022. Verkkoaineisto. Redshark. <https://www.redsharknews.com/technology-computing/item/3881-why-24-frames-per-second-is-still-the-gold-standard-for-film>. 8.10.2022. Luettu 8.10.2022.

34 Pirttilä, Olli. 2021. Valkotasapaino ja valon väri videokuvauksessa – aloittelijan opas. Verkkoaineisto. Elokuvaaja.fi <https://www.elokuvaaja.fi/valkotasapaino-videokuvauksessa/>. 3.11.2021. Luettu 8.10.2022.

35 Owens, Jim. 2015. Television Production. 16th Edition. New York: Routledge.

36 Conley, Caitland. 2022. Understanding frame rate vs. shutter speed. Verkkaineisto. Vimeo. <https://vimeo.com/blog/post/frame-rate-vs-shutter-speed/>. 2.6.2022. Luettu 9.10.2022.

37 Mikrofonit. Verkkoainesto. Äänipää. <https://webpages.tuni.fi/aanipaa/analog_2.htm>. Luettu 10.10.2022.

38 Talbot-Smith, Michael. 2001. Sound Engineering Explained. 2nd Edition. New York: Routledge

39 Henshall, Mark. Microphone Directionality and Polar Pattern Basics. Verkkoaineisto. Shure. <https://www.shure.com/en-US/performance-production/louder/microphone-directionality-polar-pattern-basics>. Luettu 15.10.2022.

40 What is Dante? Verkkoaineisto. Audinate. <https://www.audinate.com/meet-dante/what-is-dante>. Luettu 15.10.2022.

41 3 pin XLR -Cable. Verkkoaineisto. Peachyhire. <https://www.peachyhire.com/product/3-pin-xlr-5m/> Luettu 15.10.2022.

42 Froehlich, Andrew. 2021. Serial Digital Interface. Verkkoaineisto. Techtarget. <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/Serial-Digital-Interface>. Päivitetty syyskuu 2021. Luettu 15.10.2022.

43 SDI-Cable. Verkkoaineisto. Voosestore. <https://www.voosestore.com/fi/kaapelit-akkuadapteri/sdi-cable-20m>. Luettu 20.10.2022

44 Video Switcher. Verkkoaineisto. Techopedia. <https://www.techopedia.com/definition/4732/video-switcher> Luettu 20.10.2022.

45 vMix Live Production & Streaming Software. Verkkoaineisto. vMix. <https://www.vmix.com/> Luettu 20.10.2022.

46 Geyser, Werner. 2022. Best Streaming Software for 2022 (Twitch & Youtube). Verkkoaineisto. Influencer Marketing. <https://influencermarketinghub.com/best-streaming-software/> Päivitetty 20.6.2022. Luettu 22.10.2022.

47 OBS Studio. Verkkoaineisto. OBS Project. <https://obsproject.com/fi> Luettu 20.10.2022.

48 Lagarde, Fanny Elise. 2022. What is a Good Internet Upload Speed for Live Streaming? Verkkoaineisto. Dacast Blog. <https://www.dacast.com/blog/viewers-internet-speed-needed-for-streaming/>. 13.6.2022. Luettu 21.10.2022.

49 Broadcasting Guidelines. Verkkoaineisto. Twitch.tv. <https://stream.twitch.tv/encoding/>. Luettu 21.10.2022.

50 Transcoding Options FAQ. Verkkoaineisto. Twitch.tv. <https://help.twitch.tv/s/article/transcoding-options-faq?language=en_US>. Luettu 22.10.2022.

51 Live-enkooderin asetukset, bittinopeudet ja resoluutiot. Verkkoaineisto. YouTube. <https://support.google.com/youtube/answer/2853702?hl=fi#zippy=%2Cp-fps>. Luettu 22.10.2022.

52 Best Practices for Creators. Verkkoaineisto. Facebook Gaming. <https://www.facebook.com/fbgaminghome/creators/best-practices> Luettu 22.10.2022.

53 CasparCG TV Studio Workflow. Verkkoaineisto. Unic Mediazone. <https://mz.unic.ac.cy/blog/casparcg-tv-studio-workflow/> 25.5.2016. Luettu 23.10.2022.

54 How to capture Tablet and Phone screen content? Verkkoaineisto. vMix. <https://blog.vmix.com/how-to-capture-tablet-and-phone-screen-content/> 8.8.2022. Luettu 24.10.2022.

55 Dean, Brian. 2022. TikTok User Statistics (2022). Verkkoaineisto. Backlinko. <https://backlinko.com/tiktok-users>. 5.1.2022. Luettu 26.10.2022.