

Pasi Hiltula

ESIMERKKEJÄ SOINTIVÄRIEN OHJELMOINNISTA

Katsaus ohjelmointiin syntetisaattorilla

ESIMERKKEJÄ SOINTIVÄRIEN OHJELMOINNISTA

Katsaus ohjelmointiin syntetisaattorilla

Pasi Hiltula

Opinnäytetyö

Kevät 2017

Musiikin tutkinto-ohjelma

Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Musiikin tutkinto-ohjelma, pop- ja jazzmusiikin suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Pasi Hiltula

Opinnäytetyön nimi: Esimerkkejä sointivärien ohjelmoinnista. Katsaus ohjelmointiin syntetisaattorilla.

Työn ohjaaja: Jouko Tötterström

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2017

Sivumäärä: 33

Idea tämän työn tekemiseen lähti mielenkiinnosta äänisynteesiä kohtaan. Aihe on varsin laaja ja tähän tiedonpaljouteen liittyvän kaaoksen hallinta on usein turhauttavaa. Omakohtaisen muistion kokoaminen oli tarpeellinen kosketinsoittimiin liittyvän työskentelyn nopeuttamiseen. Työn tavoite oli muodostaa johdonmukaisesti etenevä kartoitus sointivärien ohjelmointiin, jota voi käyttää oppimateriaalina itseopiskeluun.

Tämän menetelmältään laadullisen tutkimuksen pohjana on sovellettu tietoperustaa, joka koostuu aiheen parissa tehdyistä muistiinpanoista. Ne muovasivat työn rungon yhdessä aiheeseen soveltuvan kirjallisen materiaalin kanssa, jolla muistiinpanot perusteltiin.

Sointivärien ohjelmointi koostuu lukuisten yksityiskohtien hallitsemisesta. Työssä esitellään olennaisimmat yleisessä tiedossa olevat synteesin osaset ja parametrit sekä hyödynnetään niitä tarkoituksenmukaisesti ja johdonmukaisesti.

Tätä työtä tehdessä mielenkiinto aihetta kohtaan on kasvanut ja oppimisprosessi edennyt. Tekstissä on pyritty selkeyteen ja yksiselitteisyyteen. Pedagogisessa materiaalissa vaadittava havainnollisuus on olennaista lukijan tavoittamiseen, ja kattavan graafisen materiaalin kokoaminen on ollut aiheen teknisen luonteen vuoksi haastavaa. Hyvä idea jatkossa olisi aiheeseen perehtymisen jatkaminen ja eteneminen haastavampiin synteesin osa-alueisiin.

Asiasanat: kosketinsoittimet, ohjelmointi, sointiväri, syntetisaattori, äänisuunnittelu

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Music, Option of pop and jazz music

Author: Pasi Hiltula

Title of thesis: Examples for sound programming. An overview for programming on a synthesizer.

Supervisor: Jouko Tötterström

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2017

Number of pages: 33

The idea for establishing this work got started from interest towards sound synthesis on a synthesizer. The subject area appears quite broad and controlling the chaos of available facts often seems frustrating. Assembling a memo was necessary for speeding up the workflow in the often confusing situations combining playing and programming. The aim of this thesis was to form a consistent memo concerning sound programming, which can be used for self-studying.

The framework for this qualitative research is built upon personal notes in various musical situations. These notes formed the initial body of the thesis, for which explanations were provided by various studies and literature.

Programming of sounds consists of managing several details. In this work, the most commonly known parameters and parts of synthesis are explained and utilized in an appropriate and consistent way.

Own interest towards the subject has increased and learning process progressed while doing this work. A crucial aspect for pedagogical material is being illustrative and assembling inclusive graphical material seemed challenging due to the technical nature of the subject. A good idea in the future would be to orientate more into the subject area and to proceed towards more challenging sectors of programming.

Keywords: keyboards, programming, sound design, timbre, synthesizer

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| 1 JOHDANTO | 6 |
| 2 SYNTETISAATTORI..... | 7 |
| 2.1 Syntetisaattorin äänenmuodostus ja synteesi | 7 |
| 2.2 Äänen osatekijät | 8 |
| 2.3 Yläsävelsarja | 9 |
| 2.4 Aaltomuodot ja analoginen synteesi..... | 10 |
| 2.5 Verhokäyrä (ADSR-envelope)..... | 11 |
| 2.6 Äänentuotto-osion osat | 12 |
| 3 SYNTETISAATTORI KONTEKSTISSA | 15 |
| 3.1 Soitinnus..... | 15 |
| 3.2 Sovituksen tarkoitus | 15 |
| 3.3 Erilaiset soundit ja soundiluokat | 16 |
| 3.4 Sijoittelu äänikuvassa - stereokuva ja syvyys..... | 17 |
| 3.5 Sointivärissä huomioitavia seikkoja | 18 |
| 3.6 Työskentelymetodeja..... | 19 |
| 4 ESIMERKIT | 20 |
| 4.1 Yksi äänilähde | 20 |
| 4.2. Kaksi äänilähdettä | 22 |
| 4.2.1 Polysynth..... | 22 |
| 4.2.2 Clavinet | 23 |
| 4.3 Kolme äänilähdettä..... | 24 |
| 4.3.1 Lead 2 - Soft lead..... | 24 |
| 4.3.2 Lead 3 - Lucky Man..... | 25 |
| 4.3.3 Bassotaajuudet | 25 |
| 4.3.4 Strings ja pad | 27 |
| 4.4 Usean sointivärin yhdistelmät..... | 29 |
| 5 POHDINTA | 31 |
| LÄHTEET | 32 |

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään sointivärien eli soundien ohjelmointia syntetisaattorilla. Työn tavoite ja tarkoitus on kehittää johdonmukainen katsaus, jota voi käyttää oppimateriaalina ja joka nopeuttaa ja suoraviivaistaa soundien tekemistä osana musisointia. Työn tavoite on myös inspiroida lukijaa ohjelmointiin ja äänen muokkaamiseen niin, että mahdolliset edesottamukset ohjelmoinnin parissa olisivat tietoisesti perusteltuja. Aihetta lähestytään pedagogisessa mielessä niin, että aiheeseen perehtymätön lukija saisi äänen ominaisuuksista selkeän käsityksen sointivärien muodostamisessa.

Jos syntetisaattoriin on käyttöopas, mihin tätä työtä tarvitaan? Yleensä soittimen manuaali opastaa, mitä mistäkin säätimestä tapahtuu, mutta ei anna tarkempia ohjeita soundien tekemiseen. Tämä työ ei tarjoa tarkempia laitekohtaisia käyttöohjeita, vaan keskittyy tarjoamaan reseptin kaltaisia pohjia soundien tekemiseen.

Ajatus työn tekemiseen lähti omakohtaisesta tiedon ja taidon kartuttamisesta. Jonkinlaisen koosteen tekeminen on ollut ajatuksena jo pitkään ja sellaisen olemassaololle on ollut tarve, koska olen aina ollut kiinnostunut kaikenlaisista nikseistä ja vinkeistä, joilla soundiin voisi tuoda mielenkiintoa. Aineistona käytin kevyen musiikin projekteissa keräämiäni muistiinpanoja, joihin pyrin löytämään perustelut lähdemateriaalia käyttämällä. Määrittelen työssä ensin tarvittavia käsitteitä sekä tapoja, joiden avulla lopputulokseen päästään. Soundien tekemiseen liittyviä valintoja, käytänteitä ja toimintamalleja olen koonnut postulaateiksi, jotka käsittelevät äänen todellisia ilmenemismuotoja potentiaalisen soundin kautta.

Syntetisaattoreiden parissa työskentelevälle kehittyy omakohtainen tapa lähestyä soitinta ja toimia sen parissa; löytämisen riemu vie eteenpäin aiheen parissa. Mutta mitä tehdä silloin kun visio on olemassa, mutta eteneminen kaatuu teknisiin yksityiskohtiin? Onko inspiraation iskiessä oikea aika opiskella ohjekirjaa? Kuinka keskittyä olennaisiin asioihin ja käyttää soittimen ääressä vietetty aika hyvin?

2 SYNTETISAATTORI

Syntetisaattori usein yhdistetään elektronisiin, abstrakteihin ääniin. Se voi kuulostaa miltä vain, mutta ei miltään tietyltä (Aikin 2004, 2). Syntetisaattori voi tuottaa myös 'oikeita', alkuperäisiä soittimia imitoivia sointivärejä. Akustisen soittimen sointiväri on varsin monimutkainen kokonaisuus ja sellaisen muodostaminen synteessin avulla vaatii sointivärien ohjelmoijalta enemmän taitoa ja tietoa kuin elektronisten soundien. Russin (2003, 6) mukaan soundit voidaan jakaa imitoiviin ja synteettisiin.

Syntetisaattori mielletään usein kosketinsoittimeksi, mutta se ei aina tarkoita kosketinsoitinta. 1960-luvun alussa rakennettu ensimmäinen Moog -syntetisaattori oli isokokoinen koneisto, jonka osana oli pieni koskettimisto. Koskettimisto toimi soivien äänten valintaa ohjaavana controllerina, jolla soitettiin ääntä tuottavaa koneistoa. Moogin controlleriksi valittiin koskettimet, mutta on olemassa myös kitarasyntetisaattoreita, puhallinsyntetisaattoreita sekä erillisiä syntetisaattorimoduleita, jotka ääntä tuottaakseen vaativat erillisen controllerin. Yleinen, ellei nykyään jopa yleisin syntetisaattorin muoto on tietokoneen sisäinen ohjelma, virtuaalinen syntetisaattori ("softasyna"), jota soitetaan tietokoneen ulkopuolisella controllerilla.

2.1 Syntetisaattorin äänenmuodostus ja synteesi

Ensimmäinen nykymuotoinen syntetisaattori, Moog Modular muodosti äänen analogisesti vaihtuvien jännitteiden avulla oskillaattorissa (värähtelijässä, eng. voltage-controlled oscillator, VCO). Analogisynteesi oli yleisin äänentuottotapa syntetisaattoreissa 1960-luvulta 1970-luvulle. 1980-luvulla tietokoneiden yleistyessä ilmestyivät ensimmäiset syntetisaattorit, joiden äänentuotto oli digitaalista. Vuosikymmenen alussa esiteltiin FM-synteesi, jossa ääni syntyi ketjutettujen operaattoreiden avulla. Vuosikymmenen loppupuolella äänilähteenä toimivat digitaaliset samplet (*sample-playback synthesis*). Samalla vuosikymmenellä esiteltiin myös MIDI (Musical Instrument Digital Interface), joka tuki signaalin kulkemista eri valmistajien tekemien soittimien välillä. 1990-luvun lopussa ilmestyneiden virtuaalisten syntetisaattoreiden tapa tuottaa syntetisoitua ääntä on edelleen ulkoisen controllerin MIDI -viestein lähettämä data, joka kulkee syntetisaattorin äänentuotto-osioon, josta äänen muodostuminen alkaa (Verderosa 2002, 56). 2000-luvulla analogisuus palasi muotiin ja analogiset oskillaattorit palasivat tuotantoon.

Synteesi tarkoittaa yhdistelyä ja palasista kokoamista (Russ 2003, 3). Synteesin tarkoituksena on muodostaa kokonaisuuksia ja parhaimmillaan lopputulos voi olla jopa enemmän kuin osiensa summa.

Oskillaattorin tai samplen tuottama ääni on aina aaltomuoto (Jenkins 2007, 1). Analogisessa synteesissä oskillaattori tuotti erilaisia aaltomuoja ja sen lisäksi kohinaa, jolla myös on oma tarkoituksensa äänisynteesissä. Aaltomuodot ovat synteesin rakennuspalikoita, joita yhdistelemällä muodostetaan tarvittavan kaltaisia sointivärejä. Toteutukseltaan tämän työn esimerkit seuraavat tiiviisti analogisen synteesin toimintatapaa.

Sample on lyhyt digitaalinen tallenne soivasta äänestä, jota sellaisenaan voi käyttää äänilähteenä sointivärejä muodostaessa. Sample voi sisältää monimutkaisia taajuuksien yhdistelmiä yhdessä äänilähteessä (Hosken 2011, 71-72).

Elektronisesti tuotettu aaltomuoto on aluksi tasaisen monotonisen kuuloista. Synteesin kautta ääntä voidaan elävöittää muuntelemalla äänen *parametreja* (ominaisuuksia joihin voidaan vaikuttaa). Yleisellä tasolla elävöittämisen tulisi olla yksi synteesin tavoitteista. Äänen elävöittämistä voidaan tehdä sekä manuaalisesti soittimen käyttöliittymän suomin mahdollisuuksin (real-time -kontrollerit) että äänen juuressa, äänentuotto-osiossa. Virtuaaliset syntetisaattorit ovat tyypillisesti kiinteä osa musiikkiohjelmia, josta käsin muuntelun kaikki vaiheet voidaan ohjelmoida valmiiksi. Tällaista muuntelua kutsutaan nimellä *automaatio*.

2.2 Äänen osatekijät

Ääni on monipuolinen tutkimuskohde ja sitä voidaan Laaksosen (2006, 5) mukaan tarkastella eri tavoin: sävelkorkeuden, sointiväriin, äänen voimakkuuden ja keston mukaan. Jenkinsin (2007, 1) mukaan sointiväriin tilalla voidaan myös käyttää termiä aaltomuoto.

Syntetisaattorin äänentuotto on signaaliketju, josta löytyy oma osionsa jokaisen mainitun äänen osatekijän muokkaamiseen. Järjestyksessä ensimmäisenä on sävelkorkeuden osio, jossa valitaan käytettävä äänilähde. Äänilähde voi olla oskillaattori tai sample. Tässä työssä käytän termiä äänilähde, jotta aihetta käsiteltäisiin mahdollisimman yleisellä tasolla.

Sointiväri (eng. *timbre*) on äänen se ominaisuus, jolla kaksi samaa sävelkorkeutta soittavaa instrumenttia voidaan erottaa toisistaan (Aikin 2004, 18). Sointiväri on lienee olennaisin elementti soundien tekemisessä ja sen analysointi jaetaan neljään osa-alueeseen (Sibelius-akatemia 2017, viitattu 21.5.2017) :

- yläsävelsarja (eng. *overtone series*) = taajuuskomponenttien järjestäytyminen
- verhokäyrä (eng. *ADSR-envelope*) = äänen osatekijän ajallinen muuntuvuus
- aluke-transientti = osäänestien käyttäytyminen
- formantit = kiinteän äänentuottajan resonanssit.

Kaksi ensimmäistä osa-aluetta sisältyvät tämän työn aihealueeseen. Aluke-transientti on laaja tutkimuskohde, jossa alukkeen muodostuminen jaetaan pienempiin komponentteihin. Formantit liittyvät konkreettisen ääntä tuottavan kohteen, esimerkiksi elimistön ääntöväylän tai puhaltimien taajuuksiin (resonanssitaajuudet), jotka ääntä tuottaessa soivat vahvempina kuin muut sointiväriissä havaittavat taajuusalueet. Aihetta sivutaan suotimia käsittelevässä kappaleessa.

Sointiväriin muokkaamisen jälkeen äänentuoton signaaliketjussa on äänenvoimakkuuden säätelyyn keskittynyt osio, joka on toiselta nimeltään vahvistin (eng. *amplifier*).

2.3 Yläsävelsarja

Kun mitä tahansa ääntä kuunnellaan, kuullaan pienistä erillisistä äänen komponenteista (värähtelyistä) koostuva kokonaisuus. Komponentit ovat siniaaltoja Fourier-analyysin mukaan (Laaksonen 2006, 8). Värähtelyt voivat olla matemaattisesti järjestäytyneitä (harmoninen spektri), jolloin ääni on jaksollista ja se voidaan havaita soivana sävelenä. Harmonisen spektrin voi hahmottaa kahdella tavalla:

- harmonisina osasävelinä (1. osasävel, 2. osasävel jne.)
- perustaajuus (eng. *fundamental*) & yläsävelet (eng. *overtone*).

Värähtelyt voivat olla myös satunnaisesti järjestyneitä (epäharmoninen spektri), jolloin ääni on jaksotonta ja hälymäistä (Sibelius-akatemia 2017b). Kohina (eng. *noise*) sisältää joukon vierekkäisiä, jaksottomia taajuuksia. Valkoinen kohina (eng. *white noise*) sisältää kaikki taajuudet.

Kohina on käyttökelpoinen äänilähde esimerkiksi efektien (kuten tuulen humina) ja lyömäsoitinten sointivärien muodostamisessa. (Hosken 2011, 118-119.)

2.4 Aaltomuodot ja analoginen synteesi

Analoginen synteesi on nykymuotoisen ääntä muokkaavan toiminnan alkupiste. Sen vaikutukset ovat nähtävissä edelleen nykyaikaisissa syntetisaattoreissa käytettävän termistön kautta. Synteessin sanallinen määritelmä liittyy palasista yhdistelyyn (Russ 2003, 3) ja soundeja tehdessä tämä tulee varsin selkeästi esille.

Analoginen synteesi jaetaan Russin (2003, 8) mukaan kahteen osaan:

- vähentävä synteesi (eng. *subtractive synthesis*), jossa aaltomuodosta poistetaan yläsävelsarjaa suotimella ja
- additiivinen synteesi (eng. *additive synthesis*), jossa sointivärejä muodostetaan taajuuskomponentteja (siniaaltoja) yhdistelemällä

Analogisen oskillaattorin tuottamat jaksolliset aaltomuodot:

Siniaalto (eng. sine wave) on yksinkertaisin aaltomuoto ja sillä ei ole yläsävelsarjaa. Siniaalto ei sellaisenaan esiinny luonnossa, mutta on kaiken jaksollisen äänen osatekijä. Fourier-analyysin mukaan kaikki jaksollinen ääni voidaan purkaa siniaalloiksi (Laaksonen 2006, 8). Siniääntä voidaan kuvailla testiäänän kaltaisena ja se on tuttu esimerkiksi kuulon testaamisessa käytettävänä äänenä. Sinfoniaorkesterin soittimista huilun yläsävelsarja on lähimpänä siniaaltoa (Laaksonen 2006, 5 ja Jenkins 2007, 172). Sähköisten urkujen (kuten Hammond) äänenmuodostus perustuu generaattoreihin, jotka tuottavat siniaallon kaltaista ääntä.

Kolmioaalto (triangle wave) sisältää hieman enemmän yläsävelsarjaa kuin siniaalto ja on visuaaliselta muodoltaan kulmikkampi. Karkeasti yleistäen mitä kulmikkaampi aaltomuoto, sitä rikkaampi yläsävelsarja (Hosken 2012, 15). Kolmioaallon kuulokuvaa voidaan luonnehtia 'terävämmäksi' ja se muistuttanee myös fagotin sointiväriä (Jenkins 2007, 4). Rikkaampiin aaltomuotoihin verrattuna kolmioaalto on usein vähemmän käytetty (Sigman 2011, 10), mutta sopii korkeisiin taajuuksiin (katso luku 3.5, laskostuminen). Kolmioaalto on myös kelpo valinta matalataajuusoskillaattoria (LFO) ohjaavaksi aaltomuodoksi.

Neliöaalto tai kanttiaalto (square wave) sisältää yläsävelsarjan parittomat osasävelet (1, 3, 5, 7 jne.) on muodoltaan kantikas ja sisältää suoria kulmia (Hosken 2012, 15). Neliöaalto kuulostaa kolmioaaltoa kirkkaammalta ja sen kuulokuvaa voidaan luonnehtia sanoilla 'hontelo' ja 'synteettinen'. Sinfoniaorkesterin soittimista klarinetin sointiväri on jokseenkin kanttiaallon kaltainen. Kun kanttiaallon huiput ja pohjat ovat samanleveyisiä, voidaan niiden pulssinleveyttä (eng. *pulse width / duty cycle / mark and space ratio*) kuvata suhdeluvulla 50/50 (tai 50%). Suhdelukua voidaan muuttaa molempiin suuntiin: 10 % pulssinleveys on nasaalimman kuuloinen 'kapean pulssin' aalto (Jenkins 2007, 173) ja 90 % on 'leveän pulssin' aalto (vahvempi soundi). Ääni häviää kuulokuvasta jos pulssinleveys on 0 %. Tässä työssä puhun kanttiaallon muunnoksista (eng. *pulse wave*), sillä termi pulssiaalto on käytössä lääketieteessä.

Sahalaita-aalto tai ramppiaalto (eng. *saw wave, ramp wave*) sisältää yläsävelsarjan kaikki osasävelet ja enemmän taajuuksia kuin muut jaksolliset aaltomuodot. Tästä johtuen se on varsin yleinen synteesisissä käytettävä aaltomuoto. (Hosken 2012, 23.) Sahalaita-aallon sovellukset sopivat muun muassa imitoimaan jousi- ja vaskisoittimia.

2.5 Verhokäyrä (ADSR-envelope)

Signaaliketjun osiot hyödyntävät verhokäyrää (envelope) äänen ajallisen käyttäytymisen määrittelyssä. Kuten hyvällä tarinalla, myös soundilla on alku, keskiosa ja loppu (Aikin 2004, 117). Verhokäyrä on yksinkertaisimmillaan sointivärin ääriviivat määrittelevä kuvaaja, joka voidaan piirtää aika-akselille muutamalla hetkellisistä äänentasoja kuvaavalla pisteellä. Pisteitä yhdistävät viivat kuvaavat äänen käyttäytymistä sen edetessä tasolta toiselle. On olemassa tyypilliset verhokäyränsä esimerkiksi puhallinsoittimille, näppäilysoittimille ja uruille.

Äänen ensimmäinen tapahtuma on sen alkaminen (eng. *attack*, suom. *nousu*) ja aika, jossa tämä tapahtuu. Nousun aikana ääni syttyy ja saa aikaan soinnin *alukkeen*. Aluke on useissa soittimissa äänen voimakkaimmin kuuluva elementti, jossa soinnin energia on suurimmillaan. Ohjelmoijan tulisikin kiinnittää alukkeen muotoiluun riittävästi huomiota, koska se on kuulijan ensimmäinen kosketuspinta soundiin (Aikin 2004, 125-126) ja vaikuttaa myös soundin tunnistettavuuteen. Instrumentin soinnin aluke koostuu useista hieman eri aikoihin käynnistyvistä tapahtumista (transientti, eng. *transient*), mutta tässä työssä käytetään yleisemmin termiä aluke.

Alukkeen jälkeen soinnin energia tasaantuu ja laskee (lasku, eng. decay) alemmalle tasolle (stationäärinen taso). Näppäilysoittimen (kielen värähtelyn sammuesssa) seuraava taso on nollassa, mutta esimerkiksi urkujen ja syntetisoitujen äänien verhoikäyrissä taso on mahdollista pitää (pito, eng. sustain) nollassa aina kontrollerisignaalin loppumiseen (MIDI:n note-off -käsky) asti, jota kuvaa esimerkiksi koskettimen vapauttaminen ylös (päästö, eng. release). ADSR on lyhennys termeistä attack, decay, sustain ja release. (Aikin 2004, 120.)

2.6 Äänentuotto-osion osat

Syntetisaattorin äänentuotto-osio on signaaliketju, jossa ääntä analysoidaan ja muunnellaan parametrien avulla. Äänentuotto-osiossa löytyy äänen kolmen osatekijän muokkaukseen omat osionsa:

Äänilähde

Äänilähde voi olla oskillaattori, operaattori tai sample. Äänilähde määrittelee äänen sävelkorkeuden, mutta se voi olla myös vaihtoehtoisesti kohina (noise).

Suodin

Suodin (eng. *filter*) vaikuttaa sointiväriin suodattamalla äänestä taajuuksia. Suodin on tärkein sointiväriin vaikuttava tekijä syntetisaattorissa. Suotimia on erityyppisiä (Laaksonen 2006, 319):

- ylipäästösuodin (eng. high pass filter, HPF), jonka korkeat taajuudet läpäisevät.
- kaistanpäästösuodin (eng. band pass filter, BPF), jonka läpi pääsee määritelty taajuuskaista.
- alipäästösuodin (eng. low pass filter, LPF), jonka matalat taajuudet läpäisevät.

Viimeksi mainittu suodin on tyypillinen valinta vähentävään synteisiin.

Suotimien tärkeimmät parametrit:

Rajataajuus tai leikkaustaajuus (eng. *cutoff frequency*) on se taajuus, josta alkaen suotimen vaikutus on havaittavissa. Alipäästösuotimessa rajataajuuden alapuoliset taajuudet pääsevät suotimen läpi ja yläpuoliset taajuudet suodattuvat. Ylipäästösuotimessa rajataajuuden yläpuoliset sävelet pääsevät läpi ja alapuoliset suodattuvat. Kaistanpäästösuodin päästää lävitsensä tiettyjen taajuuksien väliin jäävän kaistan sekä suodattaa kaistan ylä- ja alapuoliset taajuudet.

Resonanssi (eng. *resonance*) eli myötävärähtely korostaa ja vahvistaa äänen taajuussisältöä rajataajuuden läheisyydessä. Parametrin avulla yksi tietty taajuusalue saadaan vahvemmin kuuluville (resonoiden). Mitchell Sigman (2011, 12) käyttää parametriä varsinkin alkuperäisiä imitoiviin soundeihin, sillä parametrin määrän lisääminen saa elektronisen soundin kuulostamaan elävämmältä ja vähemmän elektroniselta tai staattiselta.

Sointiväriin muokkaamisen jälkeen äänentuoton signaaliketjussa on äänenvoimakkuuden säätelyyn keskittynyt osio, joka on toiselta nimeltään vahvistin (eng. *amplifier*). Fysiikan termi amplitudi viittaa jaksollisen aaltomuodon ääripäiden (huippujen ja pohjien) differentiaalia, eroa, jonka korva havainnoi äänenvoimakkuutena. Käytän alkuperäistekstiä suomentaessa *amplitude* -termin suomennoksena suoraan äänenvoimakkuutta.

LFO low frequency oscillator (matalataajuusoskillaattori)

Ihmisen kuuloalue on noin 20Hz - 20kHz. Sen alapuolelle jäävät taajuudet eivät enää ole havaittavissa äänenä jolla on tietty äänenkorkeus vaan taajuuden laskiessa alle 20Hz:n ovat yksittäiset aallot vähitellen havaittavissa jaksottaisina, tasaisina tapahtumina, joilla on tietty tahti. Tätä tahtia/jaksollisuutta voidaan käyttää musiikillisena tehokeinona. Siihen soveltuva signaaliketjun osa syntetisaattoreissa on matalataajuusoskillaattori (eng. *low frequency oscillator, LFO*). Tämän työn aikana käytän termistä lyhennystä LFO. LFO:lla voidaan lisätä jaksollista muuntelua, ts. *modulointia* kaikkiin äänen osatekijöihin käyttämällä tunnettuja aaltomuotoja moduloivan signaalin muotona. Jenkinsin (2007, 182) mukaan yksittäinen LFO ei kuulosta kovin mielenkiintoiselta mutta kaksi LFO:ta hieman eri taajuudella toisistaan ja toisistaan poikkeavin aaltomuodoin on jo mielenkiintoisempi. Yksittäisenä esimerkkinä merenkohinaa tai tuulta muistuttavat efektit, jotka voidaan saada aikaan ohjaamalla valkoiseen kohinaan (*white noise*) kahta suotimeen kohdistu-

vaa LFO:ta toisistaan poikkeavalla nopeudella. Kohinan taajuussisältö voidaan määritellä suotimella: meren kohina voi sisältää matalampia taajuuksia, tuulen puhallus korkeampia taajuuksia.

LFO:lla aikaan saatuja modulaatioefektejä ovat esimerkiksi

- vibrato, jaksollisesti moduloiva äänenkorkeus (pitch).
- wah wah, jaksollisesti moduloiva äänenväri (timbre).
- tremolo, jaksollisesti moduloiva äänenvoimakkuus (volume).

Efektit (lisätyt efektit)

Signaaliketju loppuu yleensä efekteihin, joilla viimeistellään sointiväri. Tyypillinen ohje efektien käyttämiseen on: 'if it ain't broke, don't fix it'. Täten efektejä kannattaa käyttää vain, jos ne todella tuovat soundiin jotain olennaista. Tämä työn painopiste on äänenväriin säätäminen ensin muilla keinoilla kuin lisätyillä efekteillä ja niitä käsitellään sointivärien esimerkeissä satunnaisesti.

3 SYNTETISAATTORI KONTEKSTISSA

3.1 Soitinnus

Keveyen musiikin bänditoiminnassa syntetisaattorilla toteutetaan usein kerrallaan useampaa kuin yhtä soundia. Syntetisaattorin soittaja joutuu vähintään valitsemaan, mutta usein myös määrittelemään käytettävät, tarvittavat soundit ja orkestroimaan koko yhtyeen äänikuvaa usean soundin paletilla. Täten soittaja on myös soundien suunnittelija ja ohjelmoija. (Aikin 2004, 2.) Samassa yhteydessä käytettävä englannin kielen termi *sound design* (äänisuunnittelu) on lähtöisin elokuvateollisuudesta, jossa elokuvaan jälkikäteen lisättäviä ääniä (foley-efektit) hoitaa erillinen äänisuunnittelija, *sound designer*.

Soundien suunnittelu ja ohjelmointi on ajallisesti pitkäkestoista toimintaa ja se on toteutettava ennen lavalle nousemista tai studioon menemistä (sama). Valmiiksi tehdyt soundit ovat arvokkaita myös musiikin harjoitusvaiheessa, mutta sovitusten muutokset voivat teettää ohjelmoijalla paljon turhaa työtä. Omien kokemusteni mukaan mahdollisimman tarkka kuva soitettavien kapaleiden sovituksista on eduksi ohjelmoinnissa.

3.2 Sovituksen tarkoitus

Syntetisoidut soundit sopivat kaikkiin musiikin peruselementteihin: melodia, harmonia ja rytmi. Syntetisaattorilla saadaan täytettä yhtyeen sointiin juuri sille taajuusalueelle, missä on tilaa tai missä syntetisaattoria tarvitaan. Rikky Rooksbyn (2007, 99) mukaan soitin on paras vaihtoehto täyttämään eri taajuusalueita. Usein syntetisaattorin läsnäolon huomaa vasta, kun sen poistaa äänikuvasta.

Syntetisoiduilla soundeilla voidaan myös tuplata muita instrumentteja tai kontrastoida muiden instrumenttien osuuksia. Perusjaottelu soitannollisiin osuuksiin on *aktiiviset* (rytmistä energiaa sisältävät) ja *pysyvät* ('mattomaiset' pitkät äänet). Esimerkiksi rytmikäs kitarakomppi ja matto-mainen syntetisoitu soundi kontrastoivat, mutta myös täydentävät toisiaan sovituksissa.

3.3 Erilaiset soundit ja soundiluokat

Rooksbyn (2007, 105) ja Russin (2004, 6) mukaan soundit voidaan yleensä ottaen jakaa imitoiviin ja synteettisiin. On alkuperäisiä akustisia soittimia imitoivia sointivärejä sekä selkeästi akustisista poikkeavia syntesoituja, elektronisia ja abstrakteja sointivärejä. Molemmat ovat käyttökelpoisia samoihin tarkoituksiin. Syntetisaattorien soundit jaetaan myös useisiin kategorioihin. Tämä edesauttaa soundien löytämistä ja uusien soundien tallentamista. Kategorioissa on usein huomioitu imitoivat ja synteettiset soundit erikseen (esimerkiksi bassokitaraa imitoivat soundit ja syntetisoidut bassosoundit).

Soundien yhdistelmiä toteutetaan tyypillisesti kahdella tavalla (koskettimien kautta ajateltuna):

- split, jossa soundit ovat eri rekistereissä ja niille määritellään 'jaettu' koskettimisto
- layer (tai stack), jossa soundeja pinotaan päällekkäin soittavaksi samoista koskettimista. Layer sopii termiksi keskenään erilaisille soundeille (Russ 2004, 292) ja stack sopii termiksi samankaltaisille soundeille (Russ 2004, 289).

Soundeja yhdistäessä voidaan huomioida seuraavat seikat:

vastakohtaisuus: kaksi erilaista soundia erottuvat toisistaan selkeästi, täydentäen toisiaan.

Useita kontrastioivia tapoja löytyy, esimerkiksi Russin (2004, 290-293) mukaan

- analoginen & digitaalinen
- imitoiva & synteettinen
- efektitön & efektoitu
- hidas nousu & nopea nousu
- perkussiivinen & mattomainen

samankaltaisuus: Kaksi samankaltaista, mutta hieman toisistaan poikkeavaa soundia vahvistavat toistensa sointia. Hyvä yhdistelmä on esimerkiksi alkuperäistä soitinta imitoiva soundi sekä samankaltainen syntetisoitu soundi. Tämä muistuttaa etäisesti äänittämisen tekniikassa käytettyä raitojen tuplausäänitystä (double tracking), jossa lievät eroavaisuudet saavat aikaan täyteläisemmän soinnin. (Russ 2004, 291-292.)

Alkuperäisiä soittimia imitoivien soundien keskinäiseen yhdistämiseen voidaan käyttää valmiita orkestraatiota käsitteleviä opuksia, kuten Nikolai Rimsky-Korsakovin Principles of Orchestration, joka toimii erinomaisena lisämateriaalina tämän työn näkökulmasta.

Soundeja (myös kombinaatiot) voidaan tallentaa mielekkääseen järjestykseen tyhjille muistipaikoille nopeita soundinvaihtoja varten, esimerkiksi keikkatilannetta varten. Tyhjät muistipaikat sijaitsevat useimmiten käyttäjää varten varatussa USER-muistitilassa (USER-bank). Nopeat siirtymiset soundista toiseen voi toteuttaa joko nappia painamalla tai erillisellä pedaalilla.

3.4 Sijoittelu äänikuvassa - stereokuva ja syvyys

Ohjelmoinnin soivaa lopputulosta kannattaa kuunnella sekä kuulokkeilla että kaiuttimilla. Molemmissa tapauksissa käytössä ovat sekä vasen että oikea kaiutin. Soundi voi kuulua kummasta kaiuttimesta vaan *panoroinnin* avulla. Soundi voi olla myös kaiuttimien puolivälissä (keskellä), joka sopii esimerkiksi melodiaa soittaville soundeille. Käytössä on myös vasemman (L), keskimmäisen (C) ja oikean (R) sijainnin kaikki välimuodot. (Owsinski 2014, 47-49.) Stereo-vaikutelman aikaansaamiseksi voi valita eri puolille samankaltaiset mutta toisistaan poikkeavat soundit.

Äänikuvassa on käytössä myös syvyyssuunta, jossa elementit voidaan sijoittaa 'lähelle' kuulijaa tai 'kauemmaksi' kuulijasta. Tietävästi tähän voidaan vaikuttaa esimerkiksi äänenvoimakkuuden ja sointiväriin kautta. Voimakkaampi ääni kuulostaa olevan lähempänä ja hiljaisempi ääni vastaavasti kauempana. Vaikutelma on selkeämpi kun eri äänien välille muodostuu kontrasti: äänikuvassa on sekä voimakkaita että hiljaisia ääniä. (Sonnenchein 2001, 84.) Voimakkaammat äänet kuitenkin peittävät hiljaisempia ääniä; tätä kutsutaan *masking* -ilmiöksi (Sonnenchein 2001, 75). Ilmiö korostuu etenkin samalla taajuusalueella olevissa äänissä (Suntola 2000, 13). Erottelevuutta ja selkeyttä on miltei mahdoton saavuttaa jos liian monta soundia sijaitsee samalla taajuusalueella (sama).

Etäisyyden vaikutelmaan voidaan vaikuttaa myös sointiväriin kautta, kontrolloimalla korkeita taajuuksia. Lähellä oleva ääni sisältää enemmän korkeita taajuuksia ja etäällä olevasta äänestä korkeat taajuudet leikkautuvat pois. (Sonnenchein 2001, 84.) Suotimet ja taajuuskorjaimet ovat tähän hyviä apuvälineitä. Soundi voidaan sijoittaa taustalle myös käyttämällä jälkikaikuefektia (reverb). Jälkikaikua käyttämätön soundi kuulostaa vastaavasti olevan lähempänä.

Kun käytetään useita soundeja, on hyvä idea sijoittaa kaikki soundit ensin keskelle stereokuvaa (mono cluster). Tavoitteena on, että kaikilla soundeilla on oma alueensa taajuuskaistalla. Tällä voidaan välttää myös masking -ilmiö. Mono cluster -sijoittelun jälkeen soundit voi levittää eri puolille stereokuvaa. Myös vastakkaisissa vaiheissa olevat äänet kumoutuvat mono -äänentoistoon sijoitetussa klusterissa.

3.5 Sointivärissä huomioitavia seikkoja

Sointivärissä huomioitavia seikkoja on useita ja tässä työssä nostan esille äänen huojunnan ja laskostumisen. Kun kaksi melkein samassa vaiheessa olevaa ääniaaltoa ovat interferenssissä, on aaltojen välinen vaihe-ero havaittavissa soivan äänen *huojuntana* (eng. *beating* tai *beats*). Tunnetuista efekteistä huojunta muistuttaa chorus -efektiä. (Russ 2004, 35-36.) Huojunnan kaltaisten efektien käyttö on tärkeää staattisten aaltomuotojen sointivärin elävöittämiseksi.

Vaihe-ero voidaan saada aikaan seuraavilla tavoilla:

- sävelkorkeuden muutos: kahden samankaltaisen äänen virittäminen (eng. *detuning*) eri suuntiin, jolloin korva mieltää äänenkorkeuden johonkin äänien puoliväliin.
- viive: kahden samankaltaisen äänen eriaikaisuus (eng. *delay*) ; toista ääntä voidaan viivästyttää millisekuntien verran (eron havaitsee noin 7 ms:n kohdalla).

Kaksi täysin samassa vaiheessa olevaa ääniaaltoa vahvistavat toisiaan (seurauksena voimakkaampi ääni) ja kaksi vastakkaisessa vaiheessa olevaa ääniaaltoa kumoavat toisensa (hiljaisuus) (Russ 2004, 35).

Kun digitaalisessa äänentuoton systeemissä korkeat taajuudet ylittävät Nyqvistin taajuuden (22,050 Hz), ne heijastuvat takaisin alemmille taajuuksille. Tätä ilmiötä kutsutaan nimellä laskostuminen (eng. *aliasing*). Heijastuneet taajuudet kuulostavat epäharmonisilta, riitasointuisilta ja häiritseviltä ääniltä. Näitä välttääkseen tulisi pitää huolta, että sointivärit eivät sisällä Nyqvistin taajuuden ylittäviä taajuuksia. 22,050 Hz on puolet digitaalisen systeemin tyypillisimmästä näytteenottotaajuudesta 44,100 Hz. (Laaksonen 2006, 68.)

Laskostumisen tuottamia ääniä voidaan kyllä käyttää musiikillisiin tarkoituksiin. Yläsävelsarjaltaan rikkaat aaltomuodot (kuten saha-aalto) tavoittavat helposti korkeita taajuuksia, varsinkin soitettaessa korkeita nuotteja. (Aikin 2004, 56.)

Alias-suodatin (eng. *anti-aliasing filter*) leikkaa signaalista kaikki hyötykaistaa (kuultavaksi tarkoitettuja taajuuksia) korkeammat taajuudet (sama). Tavallinen alipäästösuodin ei poista laskotumisen mahdollisuutta, sillä alias-taajuudet syntyvät äänentuotto-osion signaalissa jo ennen suodinta. Hyvä apuväline alias-taajuuksiin on vahvistimen osion keyboard tracking -parametri: sillä voidaan vaikuttaa hiljentävästi signaalin tasoihin korkeaa rekisteriä kohti siirryttäessä (Aikin 2004, 57).

3.6 Työskentelymetodeja

Simon Langford (2011, 121) nimeää äänenmuokkaukseen kaksi tapaa:

ground-up = soundin juuresta aloittaminen (pohjalta ylös).

top-down = suurista kokonaisuuksista yksityiskohtiin, esimerkiksi tehdassoundit.

Soittimen tehdassoundit, *presetit*, ovat usein paras aloituskohde äänen muokkaukseen ja soundien tekemiseen (top-down approach). Tällöin ensimmäiset säätämiset kohdistuvat lähinnä soundien valintaan, tallentamiseen ja mahdollisesti niiden sijoitteluun äänikuvassa.

4 ESIMERKIT

Ideaalisen soundin metsästys kannattaa aloittaa niin sanotusti puhtaalta pöydältä. Aikin (2004, 38) suosittelee tallennettavan tyhjälle muistipaikalle lähtökohtaisena asetuksena toimivan 'tyhjän soundin' (eng. *default patch / initialized patch*), joka nopeuttaa työskentelyn aloittamista. Tyhjäään soundiin valittavat aaltomuodot tulisi päästä kuulemaan mahdollisimman muokkaamattomina.

Signaaliketjun asetusten tulisi olla seuraavanlaiset:

- vain yksi äänenlähde on kuultavissa ja äänenkorkeuden verhokäyrä on koskematon.
- suodin (filter) on täysin auki, jolloin aaltomuodon kaikki taajuudet ovat kuultavissa.
- vahvistimen verhokäyrän nousuaika on viiveetön.
- modulaatioefektien (LFO) sekä lisättyjen efektien vaikutus tulisi karsia minimiin.

Aikin (2004, 76) suosittelee äänilähteinä käytettävien aaltomuotojen tarkempaa analyttistä kuuntelua. Yhtä aaltomuotoa tulisi kuulla korkealta, matalalta ja keskeltä sekä erilaisilla soittovoimakkuuden arvoilla, jotta olisi helpompi muodostaa käsitys aaltomuodon vahvuuksista ja heikkouksista ohjelmoinnin alkuvaiheessa. Tästä on helppo edetä seuraaviin ohjelmoinnin vaiheisiin.

Seuraavissa esimerkeissä sointiväriin muodostamiseen perehtyminen aloitetaan yhdestä äänilähteestä (ground-up), jonka jälkeen äänilähteitä lisätään vähitellen, edeten useiden äänilähteiden yhdistelmäsoundeihin. Esimerkit toteutetaan niillä keinoilla ja parametreilla, mitkä löytyvät useimmista syntetisaattoreista. Ajatusmallien kuvaaman potentiaalisen soundin kautta pyrkimys on lopputuloksiin, jotka ovat toteutettavissa millä vain laitteistolla.

4.1 Yksi äänilähde

"Generally you should try out everything, but I think a common mistake often made by beginners is to use way too much of everything: too many oscillators, too much detune, too much LFO, too much FX. You may think you're building up a big sound, but this sort of approach will usually just lead to music that sounds like mush. Try work more on details - even with a single oscillator saw, you can create a lot of fascinating and fat sounds."

(Manuel Schleis, producer, remixer, developer and sound designer)

Yhtä äänilähdettä käytettäessä äänenväriin muokkaaminen on varsin rajallista. Äänilähteenä kannattaa käyttää paljon yläsäveliä sisältävää aaltomuotoa jotta yhdestä äänilähteestä voitaisiin ottaa kaikki irti. Ensimmäiset vaihtoehdot äänilähteeksi olisivat siis saha-aalto tai kanttiaalto. Aalto-
muodon yläsävelsarjaa voidaan tarvittaessa poistaa suotimien avulla (vähentävä synteesi).

Yhden äänilähteen soundit vaativat Sigmanin (2011, 8-9) mukaan nokkelaa ja taitavaa yksityiskohtien (ts. parametrien) hallintaa ja manipulointia. Muuntelun kohteena voivat olla esimerkiksi sävelkorkeus, sointiväri ja äänenvoimakkuus. Matalataajuusoskillaattorin käyttö sekä ilmaisullinen fraseeraus soundia soittaessa ovat hyviä elävöittäviä keinoja.

Yhden äänilähteen sijoittelu stereokuvassa on lähtökohtaisesti keskellä. Sigman käyttää esimerkkinä melodioiden soittamiseen soveltuvaa mono lead -soundia (2011, 8.)

Lead 1 - Mono lead

Mono voi tarkoittaa kahta asiaa: soundi voi olla

*stereokuvassa mono, jolloin soundi sijoittuu keskelle stereokuvaa (vastakohtana stereo) tai

*polyfonian kautta ajateltuna mono (monofoninen), jolloin vain yksi ääni voi soida kerrallaan (vastakohtana polyfoninen)

Mono lead -määritelmä sopii molempiin edellä mainituista määritelmistä. Nimi viittaa kuitenkin yleisimmin jälkimmäiseen, monofoniseen ominaisuuteen. Monofonia on eduksi melodioiden soitossa, koska peräkkäiset äänet eivät voi soida päällekkäin ja tämä selkeyttää melodioita. Sama periaate toimii hyvin myös basson sointiväreihin. (Computer Music 2013, 61.)

Mono lead -soundille tyypillisesti vahvistimen verhoikäyrän oletetaan pysyvän samana koko keston ajan. ADSR-parametreista nousun ja päästön ajat ovat nopeita. Soundin äänenväri on tässä vaiheessa vielä luonteeltaan staattinen, joten siihen sopisi lisätä moduloivaa efektiä. Tässä tapauksessa valitaan vibrato, joka aiheuttaa äänen sävelkorkeutta elävoittävää 'huojuntaa'. Efektin lisäämä jaksottainen poikkeama perustaajuudesta sopisi olla hillitty (enintään noin ¼-sävelaskelta). Vibrato löytyy yleensä sekä varsinaisista efekteistä, että LFO -osiosta kun se ohjataan äänenkorkeuteen. Taloudellista, nokkelaa näkökulmaa noudattaessa jälkimmäinen vaihtoehto tulisi kyseeseen ja lisättyjä efektejä jää käytettäväksi muihin tarkoituksiin. Äänestä

toiseen siirtymiseen tulee liukuva vaikutelma lisäämällä soundiin portamento -efektiä, jonka avulla soinnista saadaan ilmaisuvoimaisempi (Computer Music 2013, 61). Portamento sisältyy yleensä äänenkorkeuden parametreihin, eikä tähänkään tarvita lisättyjä efektejä.

Tässä vaiheessa prosessia erillisiä lisättyjä efektejä ei ole käytetty, joten niiden lisääminen voi tapahtua aivan lopuksi. Eräs jäljitellyimmistä mono lead -soundeista on kosketinsoittaja Jens Johanssonin käyttämä lead -soundi. Muusikoiden.net -palstalla nimimerkki Murmeli (2008, viitattu 26.5.2017) lisäsi oman jäljitelmäänsä äänenmuokkauksen loppuvaiheessa 'kevyen, pyörivän' flanger -efektin, jonka jälkeen viimeisteli soundin säröefektillä (overdrive tai distortion) sekä delay -efektillä. Murmelin soundin pohjana on tosin kaksi äänilähdettä.

4.2. Kaksi äänilähdettä

Kaksi äänilähdettä antaa monipuolisemman lähtökohdan soundien tekemiseen kuin yksi. Merkittäviä mahdollisuuksia ovat täten seuraavat:

- kaksi sävelkorkeutta: soundi voi soida valmiina intervallina, esimerkiksi kvinttinä
- vertikaalisuus: mahdollisuus 'pinota' äänilähteet eri oktaavialoihin (Russ 2004, 289). Soundit täyttävät eri oktaavialoissa taajuuskaistaa enemmän ja täten on mahdollista muodostaa paksumpia, enemmän taajuuksia täyttäviä soundeja.
- horisontaalisuus: mahdollisuus sijoitella äänilähteet molemmille puolille stereokuvaan, seurauksena leveämpi äänikuva.
- kaksi sointiväriä: samankaltaisuus/komplementoivuus tai kontrastoivuus

Jos äänilähteet ovat samankaltaisia, tulisi huomioida seuraavat vaiheeseen liittyvät asiat:

- sointiväriä voidaan rikastaa hyödyntämällä äänen huojuntailmiötä (beating)
- vastakkaisvaiheiset signaalit kumoavat toisensa

4.2.1 Polysynth

Computer Music -lehden numerossa 243 (2017, 56) kootaan polyfonista, 1980-luvun musiikille tyypillistä polysynth -soundia kahdella saha-aallon kaltaisella äänilähteellä. Ohjelmoijan valittavaksi jää äänilähteiden vertikaalinen sijoittelu: sama oktaaviala tai oktaavin etäisyys ovat hyviä vaihtoehtoja. Esimerkissä käytetään virtuaalista syntetisaattoria, ilmaista freeware -ohjelmaa OB-

Xd (ohjelman nimen inspiraationa voivat todennäköisesti olla Oberheimin syntetisaattorit OB-Xa tai OB-X). Kyseisellä ohjelmalla soundiin voidaan lisätä kohinaa käyttämättä kolmatta äänilähdettä, jolla soundin sointiväri on 'likaisempi'. (sama.)

Seuraavaksi äänilähteitä muokataan yhtäaikaaisesti. Sointiväriä voi kirkastaa tai tummentaa haluamallaan tavalla käyttämällä suotimia. Kirkas yläsävelsarja tuo soundiin 'räikeän' sävyn, joka muistuttaa esimerkiksi Van Halenin käyttämää soundia kappaleessa Jump (joka on vieläpä soitettu Oberheimin OB-Xa -syntetisaattorilla). Tummempi, suodatettu sointiväri saa aikaan 'uneliaan', 'dempatun' vaikutelman.

Sointiväriin aluke on monipuolisempi, kun verhokäyrät eivät ole identtiset. Kontekstista riippuen soundin sävelkorkeuden verhokäyrään voi kokeilla lyhyttä sävelkorkeuden poikkeamaa soundin alukkeiden aikana, mutta tämä kannattaa tehdä vasta soundin viimeistelyvaiheessa. Computer Music -lehden esimerkin mukaan 'tyypillistä 1980-luvun tunnelmaa' aikaansaa suotimen verhokäyrän hitaampi nousu, jonka ohjeellisena arvona on 25 ms. Äänenvoimakkuuden verhokäyrän nousu on nopeampi, noin 10 ms. Hitaammin reagoiva suodin muodostaa alukkeeseen 'aaltoilevan' (eng. *swell*) vaikutelman.

Soundin yleisvaikutelmassa pyritään aluketta lukuun ottamatta kielisoittimen kaltaiseen verhokäyrään. Alukkeiden jälkeinen äänenvoimakkuuden lasku on vahvistimen verhokäyrällä suotimen verhokäyrää nopeampaa. Sointiväri pysyy siis kirkkaana vaikka äänenvoimakkuus laskee. Verhokäyrien päästön ajat ovat melkein identtiset (noin 60 ms), joka viimeistelee soundin 'viipyilevän' vaikutelman.

4.2.2 Clavinet

Clavinet on rytmikkääseen soittoon sopiva soitin. Se muistuttaa sointiväritään sekä cembaloa että kitaraa ja on Jenkinsin (2007,178) mukaan korvannut kitaran useissa musiikkityyleissä. Clavinet on varsin sopiva funk-vaikutteisen tunnelman aikaansaamiseksi ja oli varsin käytetty soitin etenkin 1970-luvun musiikissa.

Aikin (2004, 56) muodostaisi clavinet-imitaation soundista yhdellä äänilähteellä. Aaltomuodon valintana olisi kanttiaallon muunnos jossa pulssin leveys on ohut. Sigman (2011, 84-85) käyttäisi

samaa aaltomuotoa, mutta kaksin kappalein. Aaltomuotojen pulssinleveyksien tulisi olla mahdollisimman ohuet, mutta toisistaan poikkeavat (jotta sointiväri olisi monipuolisempi huojunnan kautta). Sigman (sama) myös virittäisi äänilähteitä erilleen.

Sointiväriin ja äänenvoimakkuuden verhoikäyrät saivat muistuttaa näppäilysoitinta, joten nousun ajat ovat lyhyet. Laskun parametrin ohjeaika olisi 5000 ms, jonka aikana soundin taso laskee noltaan. Pito ohjelmoidaan siis nolatasoon. Suotimen ja taajuuskorjainten vaikutus on tärkeä etenkin clavinet -soundissa. Matalista taajuuksista voi leikata eniten ja tähän sopisi alipäästösuodin (LPF). Sigman (sama) korostaisi hyllykorjaimilla keskialueelta 600 Hz:n aluetta ja korkeilta taajuuksilta 3150 Hz:n aluetta. Clavinet on sopiva erilaisten efektien kokeiluun; Jenkins (2007, 178) mainitsee soitinta käytettäneen usein phaser -efektin kanssa. Viimeisenä lisäyksenä Aikin (2004, 56) muokkasi sävelkorkeuden verhoikäyrän nousun tasoa niin, että aluke alkaisi hieman normaalia korkeammassa vireessä ja palaisi hyvin pian normaalivireeseen. Tällöin soundi erottuisi paremmin muiden soitinten kanssa.

4.3 Kolme äänilähdettä

Kolme äänilähdettä voidaan sijoitella stereokuvassa sekä pinoon että poikittain. On mahdollista hyödyntää sekä kerroksellisuutta (korkea rekisteri, keskirekisteri, matala rekisteri) että stereokuvan leveyttä (vasemmalle, keskelle, oikealle).

4.3.1 Lead 2 - Soft lead

Tässä esimerkissä otetaan käyttöön kohinaa muistuttava aaltomuoto. Valkoinen kohina on Jenkinsin (2007, 172) mukaan varsin sopiva äänilähde muodostamaan samankaltaisen äänen kuin huilun suukappaleeseen puhallettaessa (eng. *chiff*). Soundin alukkeen aikana äänilähteen energia on suurimmillaan. Täten ainakin äänenvoimakkuuden verhoikäyrää tulisi säätää niin, että äänenvoimakkuuden huippu on heti alussa (nousu). Nousun jälkeen taso laskee pikaisesti alemmalle tasolle (Jenkins 2007, 172). Tämä alempi taso kuuluu soundin sointiväriin aina kosketimen vapauttamiseen asti (MIDI-termin note-off -signaali). Lopullinen sointiväriin säätövara on ohjelmoijalla. Jos äänen pidon ajaksi kohinan kuuluvuus halutaan minimiin, voi pidon tason säätää nolaksi tai käyttää sointiväriin verhoikäyrää tummentamaan sointia pidon ajaksi esimerkiksi alipäästösuotimella.

Varsinainen sävelkorkeus muodostetaan siniaallolla, joka muistuttaa aaltomuodoista lähimmin oikean huilun (varsin harvaa) yläsävelsarjaa (Jenkins, 172). Toisena sävelkorkeudellisena sointivärinä käytetään kanttiaallon muunnosta, joka leveähdöllä pulssinleveydellä (>50/50) muistuttaa huilun ääntä (Sigman 2011, 12). Äänilähteiden oktaavialoja voidaan vaihdella. Kaksi äänilähdettä samassa rekisterissä voi levittää stereokuvassa erilleen, jolloin taataan molempien kuuluvuus. Tällöin myöskään masking -ilmiö ei pääse peittämään kumpaakaan äänilähdettä.

4.3.2 Lead 3 - Lucky Man

Jenkinsin (2007, 190) mukaan kymmenen hienon analogisen soundin joukossa on Keith Emersonin käyttämä lead-soundi kappaleessa Lucky Man (Emerson, Lake & Palmer, 1970), joka on tietävästi yksi rockmusiikin ensimmäisiä Moog -syntetisaattorisooloja. Jenkinsin (sama) mukaan soundi koostuu kahdesta äänilähteestä, joiden molempien käyttämä aaltomuoto on saha-aalto (ramppiaalto). Sigman (2011, 135) lukee samaisen soolosoundin viiteen legendaariseen Moog -soundiin ja hänen mukaansa taas äänenväri on aikaansaatu kolmella kanttiaallolla. Kanttiaallolle tyypillisen sointivärin aikaansaamiseksi on mahdollista käyttää molempia versioita, sillä kaksi äänilähdettä on jo tarpeeksi. Omaan kokemukseen pohjautuen väittäisin kuulonvaraisesti kyseessä olevan enintään kolme kanttiaaltoa, josta mahdollisesti yksi voisi olla saha-aalto (ramppiaalto).

4.3.3 Bassotaajuudet

Usean äänilähteen soundeja ovat tyypillisesti syntetisoidut bassosoundit. Kahdella äänilähteellä saa aikaan jo mielekkään soundin, mutta kolmella äänilähteellä vielä paksumman. Basson sointiväriä määrittäessä on hyvä huomioida myös bassorummun spektri (Cousins 2016, 25-28 & Langford 2011, 155-158). Jotta vältettäisiin limittaiset ja päällekkäiset nuotit matalassa rekisterissä, on soundin syytä olla monofoninen (Computer Music 2013, 61).

Bassoäänien yläsävelsarjat ulottuvat varsin korkealle (etenkin rikkaat aaltomuodot). Kuuloalueen alapuoliset (alle 20 Hz) äänet vaikuttavat ylempiin taajuuksiin, usein jopa sekoittavalla tavalla. Tämä vaikutus voidaan estää jos käytettävissä olevalla laitteistolla on mahdollista leikata taajuuksia 20 Hz alapuolelta esimerkiksi ylipäästösuotimella (Langford 2011, 155-156.)

Syntetisoitu basso

Ainakin kaksi äänilähteistä pinotaan (stack) oktaavin päähän toisistaan ja useimmin bassosoundin alemmaksi aaltomuodoksi valitaan kanttiaalto ja ylemmäksi aaltomuodoksi kanttiaalto tai saha-aalto (ramppiaalto). Matalin äänilähteistä sopisi olla kanttiaalto. Keskirekisteristä soitetuna soundin vaikutelma on 'hontelo' ja synteettinen, johtuen sen yläsävelsarjasta (joka sisältää kaikki parittomat osasävelet). Matalassa rekisterissä sen vaikutus (ja sointi) on selkeämpi kuin saha-aallon, joka sisältää kaikki osasävelet (täten täyttää enemmän taajuusalueita). Saha-aaltomuodon valinta perustellaan rikkaalla spektrillä, jonka avulla soundista tulee 'luonteikkaampi' ja joka pääsee parhaiten esiin soittaessa matalia nuotteja alkaen 20 Hz aina 150 Hz:iin (josta suurpiirteisesti alkaa keskirekisteri). Saha-aallon rikas yläsävelsarja on helposti suotimella muokattavissa ja varsinkin oktaavia edellistä ylempänä soundiin saadaan syntetisoidulle bassolle tyypillistä 'murinaa'. Suotimen resonance -parametrin arvo (ylempi äänilähde) tulisi olla nolla, sillä parametrin käyttö peittää matalien taajuuksien kuuluvuutta. Resonance -parametrin käytöstä syntetisoituna bassosoundina on esimerkkinä Bee Gees -yhtyeen Jive Talkin'. (Sigman 2011, 135.)

Portamento (tai glide) -efekti lisää soundiin elävyyttä. Basso sijoitetaan stereokuvassa tyypillisimmin keskelle, joten panorointi ei ole välttämätön. Jos yläsävelsarjan tahtoo kuuluvan soundissa, voi kahdella ylemmällä äänilähteellä muodostaa mielekkään stereo -efektin ja erilleen virittämällä tuoda soundiin paksuutta (MusicTech 150 2015, 47). Saman asian ajaa myös useista syntetisaattoreista löytyvä unison -parametri, joka tuplaa käytettävän äänilähteen, usein jopa moninkertaisena (Prager 2005, 304). Soitannollista mielenkiintoa saa pitch bend:in käytöllä sekä kämmenellä toteutetuilla glissandoilla koskettimia pitkin. (Jälkimmäistä varten syntetisoitu bassosoundi tulisi ehdottomasti olla monofoninen.)

Organ 2 -basso

1988 valmistunut Korg M1 -syntetisaattori sisälsi valmiin tehdassoundin nimeltä Organ 2, joka yleistyi tulevien vuosien aikana teknomusiikin yhdeksi suosituimmaksi syntetisoidun basson kaltaiseksi soundiksi. Future Music -lehden numerossa 309 (2016, 33) on havainnollinen esimerkki soundin aikaansaamisesta myös muulla syntetisaattorilla kuin M1. Matalin taajuus toteutetaan kolmioaallon ja saha-aallon sekoituksella (yleinen parametri esimerkiksi Moog Voyager -

syntetisaattorissa). Toiseksi äänilähteeksi valitaan kanttiaalto, joka sijoitetaan kolme oktaavia ylempään kuin ensimmäinen äänilähde. Myös kolmas äänilähde valitaan käyttöön ja sen aaltomuoto on kolmioaalto, kaksi oktaavia ensimmäistä ylempänä. Kolmas äänilähde voidaan virittää myös kvintin päähän. Esimerkkinä kuunneltavaksi mainittakoon Robin S -nimisen artistin kappale Show Me Love.

Sub-basso

Muutamissa analogisissa syntetisaattoreissa kuten Rolandin Juno 60 ja Juno 106 löytyy subharmonic oscillator (tai sub-oscillator), joka on kiinteä osa analogisen soittimen yhtä varsinaisista oskillaattoreista. Osa oskillaattorin signaalista ohjautuu sub-oscillatoriin, jonka äänenkorkeus on varsinaista oskillaattoria oktaavin tai kaksi oktaavia alempana. Useimmiten sub-oscillatorin aaltomuoto on kanttiaalto ja sen erilleen virittäminen varsinaisesta oskillaattorista ei ole mahdollista, koska äänilähde on sama. (Jenkins 2007, 28.)

Samaan tarkoitukseen on mahdollista käyttää myös kolmatta äänilähdettä, jolloin soundista saadaan vielä paksumpi ja kaikkien äänilähteiden erilleen virittäminen on mahdollista. Esimerkiksi kaksi äänilähteistä voisi olla keskenään erivireiset ja kolmas toimia oktaavia matalampana äänilähteenä (ns. sub-bassona), jonka aaltomuodoksi myös siniaalto toimii. Aiemmin mainittu Oberheim -syntetisaattori on Moogin ohella varsin käytetty matalien taajuuksien tuottaja, mutta on lyömätön etenkin strings ja pad -tyyppisiin mataliin soundeihin.

4.3.4 Strings ja pad

Kosketinsoittajan soundipaletin yksi tärkeimpiä perussoundeja on strings, toiselta nimeltään jousi- tai mattosoundi. 1960- ja 1970-luvulla analogisyntetisaattorien ilmestymisen myötä rock -kosketinsoittajan yksi keskeisiä tehtäviä oli korvata sinfoniaorkesterin vaikutelma käyttämällä jousisoundeja. Saha-aalto oli havaittu hyväksi jousisoundien muodostamiseen (rikkaan taajuussisältönsä vuoksi). Harmoniasoundit tuovat yhtyeen sointiin massaa ja täyteläisyyttä, varsinkin taajuuskaistan keskialueella. Ne sijoitellaan miksauksessa useimmin taka-alalle. Stereokuvassa niitä sopii levittää molemmille puolille ja stereo -efektin aikaansaamiseksi tarvitaan ainakin kaksi tarkoituksella erilaista, mutta muuten samankaltaista soundia, esimerkiksi kategoriosta strings tai pad. Karkeasti voisi yleistää että yhtyeen kokonaissoundin massaan sekoittuvia

harmoniasoundeja voisi levittää noin puoleen väliin molempia stereokuvan puolia. Koko stereokuvan leveydeltä säädetyt soundit sopivat esimerkiksi tilasoundeiksi ääniympäristöön.

Aikin (2004, 58-59) kokoaisi synth string -soundin kahdella tai kolmella äänilähteellä, joista kaikkien aaltomuoto olisi saha-aalto. Vaihtoehtoisesti yhden äänilähteen aaltomuoto voisi olla myös kanttiaalto tai sen muunnos. Kolme samankaltaista äänilähdettä mahdollistaa paksujen soundien tekemisen (sama) ja varsinkin kun ne viritetään toisistaan hieman poikkeaviin vireisiin. Hyvänä lähtökohdana on pitää yksi äänilähde normaalissa vireessä ja virittää kaksi muuta eri suuntiin, mutta saman verran.

Steve Howell (Sound On Sound, 2006) käyttäisi kolmea saha-aaltoa äänilähteenä, mutta pitäisi kaikki samassa vireessä. Sen sijaan kahteen näistä ohjataan äänenkorkeutta hillitysti moduloiva LFO ja kolmas pidettäisiin ennallaan. Näin aikaansaatu efekti muistuttaa erilleen viritettyjä oskillaattoreita, mutta on liikkuvampi ja vähemmän staattinen. Äänenväri on lähellä 1970-luvun string ensemble -syntetisaattoreita kuten ARP Solina tai Elka Rhapsody, etenkin jos kolmas äänilähde pudotetaan oktaavilla alaspäin. Lisäämällä phaser -efektiä päästään lähelle Jean Michel Jarren usein käyttämää soundia (esimerkiksi Jarren Oxygene IV, 1976).

String -soundin emulaatioon on mahdollista käyttää myös kanttiaallon muunnoksia (pulse wave). Kanttiaallon pulssin leveyttä voidaan moduloida matalataajuusoskillaattorilla, jolloin aaltomuodon äänenväri muuntuu jaksollisesti kahden ääripään, muuntamattoman kanttiaallon (50/50) ja hiljaisuuden välillä (Jenkins 2007, 19). Jotta äänen hiljaisia kohtia ei syntyisi, ei pulssinleveys saisi saavuttaa nolla-arvoa. Kun kaksi eri nopeudella (lue: eri vaiheissa) moduloivaa kanttiaallon muunnosta yhdistetään, saadaan tuloksena huojuntaa muistuttava muuntuvan äänenvärin vaikutelma. Tällaisen *pulssinleveysmodulaation* (eng. pulse width modulation, PWM) käyttö oli varsin tyypillistä 1980-luvun alun englantilaisessa popmusiikissa (post punk -aikakausi). Tyypillisiä ajankohdan syntetisaattoreita olivat Sequential Circuits Prophet 5 ja hieman myöhempi Roland Jupiter-8. Näistä lähtökohdista Mitchell Sigmanin (2011, 3) kuvailema 'Strings of doom' -soundi koostuisi kahdesta tai useammasta äänilähteestä ja kun samaan soundiin kootaan kolme toisistaan poikkeavaa pulssinleveysmodulointua kanttiaaltoa, on lopullisen soundin äänenväri varsin 'pyörteilevä'.

Pad on mattomaisuudessaan samankaltainen, mutta tummempi ja synteettisempi kuin jousisektio. Kun musiikkiin tahtoo täyteläisyyttä, on taustalle soitettu pad usein parempi vaihtoehto kuin

erottuvampi jousi-imitaatio. Rikkaat aaltomuodot käyvät myös pad -soundeihin (Sigman 2011, 74) ja niitä usein suotimella tummennetaan (vähentävä synteesi), jotta taustalle tarkoitettusta pad -soundista ei tulisi liian dominoiva. Suotimen käytöstä huolimatta rikkaat aaltomuodot kuuluvat läpi tavalla tai toisella, täyttäen tyhjät taajuusalueet. Pad sopii täydentämään yhtyeen soinnin konaisuutta, mutta joskus liiallinen pad-soundien käyttö voi tehdä musiikista raskaan kuuloista.

Pad-soundeja voi ajatella lähteväksi jousiorkesterin imitaationa mutta pad voi olla myös vokaalilähtöinen, *choral pad*. Choral pad on mahdollista toteuttaa hyvillä vokaaleja muistuttavilla sampleilla. Erilaisia sävyjä ovat esimerkiksi humina ('hmm'), tai erilaisten vokaalien käyttö, kuten 'aaa'. (Langford 2011, 159.)

Pad -soundia varten kannattaa käyttää vähintään kahta äänilähdettä, jotta erilleen virittäminen (detuning) olisi mahdollista. Sigman hyödyntää detuning -efektiä (2011, 74) Detuning -efektin lisäksi myös pulssinleveysmodulaatio tuo sointiväriin lämpöä, värinää ja uusia sävyjä.

Verhokäyrien (sointiväri ja äänenvoimakkuus) nousun ja päästön ajat saavat olla pitkäkköt.

Pad -soundit saavat olla stereokuvassa leveitä. Sekä vasemman että oikean puolen käyttö on suotavaa. Viive -efektin (delay) ja jälkikaiun käyttäminen jatkaa ääntä pidemmäksi, luoden unenomaisen vaikutelman. Näiden efektien järjestystä kannattaa kokeilla molemmin päin (Lehmkuhl 2013).

4.4 Usean sointiväriin yhdistelmät

Opetustyössäni kevyen musiikin yhtyeiden parissa sovitin koskettimille Nightwishin kappaleen Amaranth. Kappaleessa soitettavat osiot edellyttivät kahden split-soundin tekemistä. Jaetun koskettimiston alueista osassa käytetään myös kerrostettuja soundeja (layer). Pianon introssa oikean käden melodiaa kaksintaa kellon kaltainen soundi. Koko yhtyeen intron lopussa ja säkeistöjen välissä on kappaleen aikana usein toistuva riffi, jossa kaikki bändin säveliä tuottavat instrumentit soittavat unisonossa sävellajin tritonuksesta alkavan sävelkuvion. Riffissä kuulostaisi olevan kitaran, basson ja rumpujen lisäksi myös kuoroa, sinfoniaorkesteria ja mahdollisesti muita soittimia, joista en kaikkia aivan tunnistanut. Saman kaltaista usean äänen muodostamaa yhteisointia hyödynnetään wall of sound -tuotantotekniikassa (Hein 2014), joten päätin koota samalla idealla yhdistelmän niistä soundeista joita alkuperäisessä uskoisin käytetyn. Riffiä

soitettiin vain yksi kosketin kerrallaan, mutta soundin ei kannata (tilanteeseen toivotun pitkän kaiun takia) olla monofoninen. Kokonaissoundi koostui seuraavista sointiväreistä:

- kuoro (+12, pohjasävel oktaavin ylempää)
- kuoro (+00, pohjasävel keskirekisteristä)
- imitoitu vaskien sointiväri (brass), jossa vahva aluke
- jouset, viulut (pohjasävel, sellon kaksinnus oktaavia ylempää)
- jouset, sello (pohjasävel, kontrabasson kaksinnus oktaavia ylempää)
- jouset, kontrabasso (matala pohjasävel)
- piano, matala rekisteri, mutta korkeassa rekisterissä resonoiva sointiväri
- syntetisoitu basso (neliöaalto, matala pohjasävel)

Jouset muodostavat sointivärin rungon, jonka ympärillä muut instrumentit (etenkin kuoron samplet) monipuolistavat sointiväriä. Soundin aluketta korostavat vaskisoundi ja piano. Pianon rekisteri on matala, mutta tavoitteena oli saada sen yläsävelsarja resonoimaan korkeassa rekisterissä, jotta vaikutelma olisi mahdollisimman dramaattinen. Mitchell Sigmanin mukaan pianon kaltaista resonanssia voidaan taajuuskorjaimella lisätä korostaen taajuuksia 164 Hz ja 3750 Hz (2011, 138). Käyttämäni soittimen taajuuskorjaimessa oli mahdollista määrittää vain yksi vapaavalintainen taajuus, joten korostin korkeampaa taajuutta (3 kHz). Syntetisoitu basso on mukana elokuvallisen vaikutelman aikaansaamiseksi. Mallina käytin toimintaelokuvien ääniraitoja (esimerkiksi Hans Zimmer). Niissä on käytetty orkesterin kontrabassoja alemmaksi ulottuvia syntetisoituja bassoja, jotka vahvistavat ja syventävät koko sinfoniaorkesterin äänikuvaa.

5 POHDINTA

Tämä tutkielma pyrkii muodostamaan kattavan katsauksen sointivärien ohjelmointiin. Kohdelukijana näen aiheesta kiinnostuneen muusikon, jolle aihe on uusi. Tärkeänä ominaisuutena tutkielmalle näen johdonmukaisen etenemisen, joka voi seurata myös lukijan omiin edesottamuksiin aiheen parissa. Prosessin tuloksena sain koottua mielekkään ja loogisen etenemisjärjestyksen aiheeseen perehtymiselle. Vastaavan kaltaista tietopakettia olisin itse tarvinnut syntetisaattoreihin tutustuessa.

Vaikka tutkimuksen ulkopuolelle jää paljon olennaista ja tasoltaan vaikeampaa asiaa, näkisin työn sopivaksi aloittelevalle ohjelmoijalle. Hyviä lisätutkimuksen aiheita sointivärien muodostamiseen olisivat esimerkiksi modulaatiot kahdella äänilähteellä (oskillaattoreiden tahdistus ja FM-synteesi). Työssä esiteltyjä aaltomuotoja ei käsitelty aivan tasapuolisesti. Esimerkiksi kolmioaallon käytännön sovelluksia voisi käsitellä enemmänkin. Kolmioaallon harvempi yläsävelsarja on etuna korkeissa taajuuksissa, koska laskostumisen vaara on pienempi. Kokemukseni mukaan syntetisaattorin (koskettimien) tulisi etenkin yhtyesoitossa kunnostautua täyttämään myös korkeita taajuusalueita. Yhtyesoittimet täyttävät eniten keskirekisteriä ja matalia taajuuksia. Näiden taajuuksien yläpuolella soivat rumpujen symbaalit ja niihin sopivat syntetisoidut kellomaiset sointivärit olisivat tutkimuskohteena mielenkiintoisia.

Ennen tutkimuksen aloittamista ennakoin mahdollista ongelmaa aiheen parissa: lopulliset päätökset parametrien arvoista määräytyvät viime kädessä kuulonvaraisesti. Voidaanko aihetta edes tutkia tekstimuotoisessa tutkielmassa? Ohjelmointiin opastavan materiaalin määrällisen runsauden kautta ongelmaan löytyi ratkaisu: lopullista tulosta ei voidakaan tarjota aivan tarkasti. Valmista ohjelmointipolkua seurataan niin pitkälle kuin mahdollista ja lopullinen soiva tulos täytyy todeta itse kuuntelemalla. Myös kokeilunvaraa jää. Näkisin tämän varsin innostavana ja toiminnan pariin kannustavana.

Kokeileva ote soittimen parissa on tärkeää. Aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja lehtiartikkeleita lukiessa selväksi on tullut myös, että suuntaa-antavien toimintatapojen noudattamatta jättäminen ('thinking outside the box') tuo myös mitä mielenkiintoisempia tuloksia.

LÄHTEET

Aikin, Jim 2004. Power Tools for Synthesizer Programming. San Francisco: Backbeat Books.

Cinematic synth bass 2015. MusicTech 150, 47

Cousins, Mark 2016. All about basslines. Future Music 309, 25-33

Hein, Ethan 2014. What distinctive techniques did Phil Spector use to produce recorded music? How are these techniques different from production techniques before him? Quora. Viitattu 25.5.2017

<https://www.quora.com/What-distinctive-techniques-did-Phil-Spector-use-to-produce-recorded-music-How-are-these-techniques-different-from-production-techniques-before-him>

Hosken, Dan 2012. Music technology and the project studio. New York: Routledge.

Howell, Steve. How do I re-create the sound of those old string synths. Sound On Sound. Viitattu 25.5.2017, <http://www.soundonsound.com/sound-advice/q-how-do-i-re-create-sound-those-old-string-synths>

Jenkins, Mark 2007. Analog Synthesizers - Understanding, performing, buying: from the legacy of Moog to software synthesis. Oxford: Focal Press.

Laaksonen, Jukka 2006. Äänityön kivijalka. Helsinki: Idemco Oy, Riffi-julkaisut.

Langford, Simon 2011. The Remix Manual. Oxford: Focal Press.

Lehmkuhl, John 2013. Masters of Sound Design. Computer Music 60. 16

McGuire, Sam & Pritts, Roy 2008. Audio Sampling - A Practical Guide. Oxford: Focal Press.

Murmeli 2008. Hevitululiidisaundin FAQ. Muusikoiden.net. Viitattu 26.5.2017, <https://muusikoiden.net/keskustelu/posts.php?c=36&t=163283>

Owsinski, Bobby 2014. The Mixing Engineer's Handbook. Kolmas painos. Boston: Course Technology, a part of Cengage Learning.

Prager, Michael 2005. Sample And Soft Synth Power. Boston: Thomson Course Technology.

Rooksby, Ricky 2007. Arranging songs. How to put the parts together. New York: Backbeat Books.

Russ, Martin 2004. Sound Synthesis and Sampling. Toinen painos. Oxford: Focal Press.

Sibelius-akatemia 2017a. Sointiväri. Viitattu 25.5.2017,
http://www2.siba.fi/historia/1900/sanasto/sointivari_san.html

Sibelius-akatemia 2017b. Sanasto. Viitattu 25.5.2017,
<http://www2.siba.fi/akustiikka/index.php?id=26&la=fi>

Sigman, Mitchell. 2011. Steal This Sound. Milwaukee: Hal Leonard Books.

Sonnenschein, David. 2001. Sound Design - The Expressive Power of Music, Voice, and Sound Effects in Cinema. California: Michael Wiese Productions.

Suntola, Silja 2000. Luova Studiotyö. Helsinki: Idemco Oy.

Synth basics 2013. Computer Music 60, 61-62