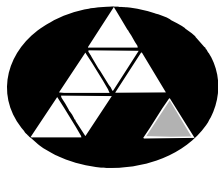


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Viestinnän koulutusohjelma

Janne Ojajärvi

TESTAUSALUSTAN PROTOTYYPIN SUUNNITTELU  
KIINTEÄRUNKOISEN SÄHKÖKITARAN KAULALLE JA  
KAULALIITOKSELLE

Opinnäytetyö  
Kesäkuu 2011



POHJOIS-KARJALAN  
AMMATTIKORKEAKOULU

**OPINNÄYTETYÖ**  
**Kesäkuu 2011**  
**Viestinnän koulutusohjelma**

Länsikatu 15  
80110 JOENSUU  
Puh 050 311 6310  
Fax (013) 260 6991

Tekijä  
Janne Ojajärvi

Nimeke  
Testausalustan prototyypin suunnittelu kiinteärunkoisen sähkökitaran kaulalle ja kaulaliitokselle

Toimeksiantaja  
TONIC-projekti (Tonal Innovation Center)

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella prototyyppi kiinteärunkoisia sähkökitaroita vertailevalle testausalustalle. Testaus suunnattiin erityisesti vertailemaan luonnonkuitukomposiitista valmistetun kaulan ja puurungon liitosta.

Työssä käsitellään yleisesti ääntä ja sointiväriä käsitettä. Tämän jälkeen käsitellään sähkökitaran historiaa ja rakennetta.

Opinnäytetyön suunnitteluosuus alkaa suunnitteluprosessin esittelyllä. Suunnitteluosuuksessa tutkittiin erilaisia vaihtoehtoja testausalustan toiminnolle, osille ja mittaustekniikoille. Lisäksi tutkittiin mitattavia ominaisuuksia. Keskeisiä asioita testausalustan suunnittelussa olivat kitaraa kannatteleva teline, kitaran kieliä soittava laite ja kitarasta mitattavat ominaisuudet.

Opinnäytteen lopputuloksena valittiin sopivat vaihtoehdot testausalustan prototyypin suunnitteluun. Työn lopussa pohditaan testausalustan ongelmakohtia ja jatkojalostusta sekä millaisia eroja testausalustan ensimmäisellä kehitysasteella voitaisiin löytää erilaisista soitinmateriaaleista ja miten ne ilmenisivät soinnissa.

Kieli  
suomi

Sivuja 59  
Liitteet 1  
Liitesivumäärä 1

Asiasanat  
soitintestaus, luonnonkuitukomposiitti, sähkökitara, kaulaliitos, soitinmateriaali



NORTH KARELIA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**THESIS**  
**June 2011**  
**Degree Programme in Communi-  
cation**  
Länsikatu  
FIN 80110 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. 358-13-260 6996

Author  
Janne Ojajärvi

Title  
Designing of the Prototype of the Test Bench for Neck and Neck-joint of Solid Body Guitars

Commissioned by  
TONIC-project (Tonal Innovation Center)

Abstract

The purpose of this study was to design a prototype of the test bench for comparative testing of solid body guitars and neck joints. Testing was aimed especially at comparing the neck joints of natural fibre composite necks and wooden bodies.

The thesis starts with the basic information of the sound and definition of the timbre. After that there is an introduction to the history and construction of the electric guitar.

The designing part of the thesis starts with introducing of the designing process. Different options for the functions, parts and measuring techniques of the test bench, as well as measurable attributes were studied. The essential issues of the designing process were the stand holding the guitar, the device playing the strings of the guitar and measurable attributes.

As a result the appropriate options for the design of the test bench prototype were chosen. The defects and upgrading of the test bench were considered. The probable differences between instrument materials and their influences to the sound were also discussed.

Language  
Finnish

Pages 59  
Appendices 1  
Pages of Appendices 1

Keywords  
musical instrument testing, natural fibre composite, electric guitar, neck join, instrument material

# SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KESKEINEN SANASTO

1	JOHDANTO.....	9
2	MITÄ ON ÄÄNI? .....	12
2.1	Äänen rakenne ja taso.....	12
2.2	Jakso, taajuus ja vaihe.....	12
2.3	Osaäänekset.....	14
3	SOINTI, ÄÄNENLAATU, ÄÄNENVÄRI, SOINTIVÄRI.....	16
3.1	Sointivärin määritelmä.....	16
3.2	Sointiväri vakaassa äänessä.....	17
3.3	Fourierin analyysi.....	18
3.4	Sointiväri ja dynamiikka verhoikäyrässä.....	20
3.5	Vakiintuneita tapoja kuvata sointiväriä.....	22
4	SÄHKÖKITARAN HISTORIAA.....	24
4.1	Kitaran varhaishistoria.....	24
4.2	Gibson.....	24
4.3	Kiinteärunko ja Fender.....	25
4.4	Idän markkinat.....	26
4.5	Laadun huojunta ja custom-mallit.....	27
5	SÄHKÖKITARAN RAKENNE JA TOIMINTA.....	29
5.1	Sähkökitaran rakenne.....	29
5.2	Runko.....	30
5.3	Kaula.....	31
5.3.1	Kaula ja otelauta.....	31
5.3.2	Kaulaliitos.....	32
5.3.3	Satula ja talla.....	34
5.3.4	Lapa ja virityskoneisto.....	35
5.4	Kielet ja mikrofonit.....	35
5.5	Äänen syttyminen.....	36
5.6	Puulajit.....	38
5.6.1	Puulajit ja kuivaus.....	38
5.6.2	Soitinpuiden loppuminen ja puukaupan valvonta.....	39
6	TESTAUSALUSTAN SUUNNITTELU.....	40
6.1	Ennakkotutkimus.....	40
6.2	Soitintestausryhmän tapaaminen.....	41
6.3	Kiinteärunkoisen sähkökitaran testausalustan suunnittelu.....	42
6.3.1	Mitattavat ominaisuudet.....	42
6.3.2	Testausalustan teline.....	43
6.3.3	Puristin ja herätin.....	45
6.3.4	Mittaustekniikka ja -ympäristö.....	46
6.3.5	Esisäädöt ja mittauksen dokumentointi.....	47
7	TESTAUSALUSTA.....	48
7.1	Testausalustan ensimmäinen kehitysaste.....	48
7.2	Mitattavat ominaisuudet.....	49
7.3	Teline, puristin ja herätin.....	50

7.4	Mittaustekniikka ja -ympäristö.....	52
7.5	Esisäädöt ja mittausten dokumentointi.....	52
8	POHDINTA.....	54
	LÄHTEET.....	57

## LIITE

Liite 1 Testausalustan suunnitteluun ehdotetut vaihtoehdot

## KESKEINEN SANASTO

Amplitudimodulaatio	Amplitudimodulaatiossa kanta-aallon, esimerkiksi ääniaallon, voimakkuus vaihtelee tiettyjen voimakkuuksien välillä (Rossing ym. 2002, 466).
Attack (aluke)	Kuvaa äänen voimakkuuden nousua äänen syttymisen aikana (Dodge & Jerse 1997, 84).
Attack time	Äänen nousuaika (Dodge & Jerse 1997, 84).
Capo	Capo on apuväline, jonka avulla pystytään soittamaan sama sointukulku eri sävellajeista säilyttäen silti samat sointuotteet. Kitaran kaulan ympärillä oleva capo nostaa kaikkien kuuden kielen sävelkorkeutta. (Denyer 2009, 87.)
Decay (kesto)	Kuvaa äänen sammumista. Verhokäyrän yhteydessä decay kuvaa äänen alukkeen vaimentumista vakaaseen tilaan. (Dodge & Jerse 1997, 84.)
Fourierin synteesi	Monimutkaisen äänen syntyminen sinimuotoisia ääniä yhdistelemällä (Rossing ym. 2002, 146).
Harmoniset	Äänen komponentteja (tai värähtelymoodeja), joiden taajuudet ovat kokonaislukujen kerrannaisia perustaajuuteen nähden. Harmonisista käytetään myös termejä ”harmoninen osääneistö” ja ”harmoniset kerrannaiset”. (Rossing ym. 2002, 146.)
Humidointi	Toimenpide, jossa kitaran kosteusprosentti tuodaan samalle tasolle (mittaus)ympäristön kanssa (Berka ym. 2011).
Inharmoniset kerrannaiset	Ylä-äänokset tai osääneokset, jotka eivät ole harmonisessa suhteessa perustaajuuden kanssa (Rossing ym. 2002, 146).
Jälkisointiaika	Katso <i>Sustain</i>

Kiinteärunkoinen (solid body)

Tässä opinnäytetyössä tarkoitan tällä sähkökitaran runkoa, jossa ei ole kaikukoppaa. Kiinteärunkoisessa sähkökitarassa on kuitenkin kaiverrettu rungon sisälle tilaa elektroniikalle. (Denyer 2009, 50; Denyer 1995, 50.)

Osaäänes (partial)

Äänen komponentti. Äänen rakennetta tarkastellessa osaaäneksellä tarkoitetaan yhtä taajuutta joka äänessä kuuluu. (Rossing ym. 2002, 72.)

Perustaajuus

Värähtelymoodi (tai äänen komponentti), jolla on matalin taajuus. Perustaajuudesta käytetään myös termiä ”ensimmäinen osaäänes”. (Rossing ym. 2002, 146.)

Plektra

Pieni pala muovia, jolla näpätään kitaran kieltä. Näin saadaan aikaan kirkkaampi sointi ja selkeämpi aluke kuin sormella näpätessä. Plektrojen materiaalina käytetään myös muun muassa nailonia, kilpikonnin kilpeä, kumia, huopaa ja kiveä. (Denyer 2009, 73.)

Psykoakustiikka

Psykoakustiikassa tutkitaan, miten havaitsemme ääniä. Halutaan ymmärtää, millainen vaikutus kullakin kuulojärjestelmän osalla on äänihavainnon syntymisessä. (Järveläinen 2010, 33.)

Release (päästö)

Kuvaa äänen sammumista vakaan tilan jälkeen (Dodge & Jerse 1997, 84).

Release time

Äänen laskuaika (Dodge & Jerse 1997, 84).

Resonanssi

Resonanssi tarkoittaa uudelleen sointia: äänen värähtelytaajuus siirtyy väliaineesta uuteen väliaineeseen, jossa se jatkaa värähtelyä alkuperäisellä taajuudella. Jos uusi väliaine (esimerkiksi kaikukoppa kaikkine osineen) värähtelee

	<p>samalla taajuudella, tapahtuu äänenvoimakkuuden vahvistuminen, koska saman taajuuksien värähdysten energioiden yhdistyminen kasvattaa taajuuteen liittyvää energiaa: kaikukoppa resonoi. (Langner 2007, 214.)</p>
Spektri	<p>Taajuustason kuvaus. Ääniaallon spektristä on luettavissa sen osääneet ja niiden suhteelliset voimakkuudet. (Rossing ym. 2002, 72; Serra 1997, 35–37.)</p>
Spektrogrammi	<p>Kolmiulotteinen kuvaus spektrin variaatioista tietyn ajanjakson sisällä (Black 2005, 248).</p>
Sustain (jälkisointiaika)	<p>Kuvaa äänen voimakkuutta sen vakaassa tilassa. Kitaran yhteydessä termillä tarkoitetaan yleensä sitä, kuinka pitkään ääni soi kielen herätyksen jälkeen. (Dodge &amp; Jerse 1997, 84.)</p>
Taajuusmodulaatio	<p>Taajuusmodulaatiossa kanta-aallon, esimerkiksi ääniaallon, taajuus vaihtelee tietyllä kapealla taajuusalueella (Rossing ym. 2002, 467).</p>
Transientti	<p>Ääni joka ei toistu ainakaan säännöllisesti. Kitaran sointia käsitellessäni tarkoitan transientilla soinnin aluketta ja siihen sisältyviä lyhytaikaisia osääneksiä. (Rossing ym. 2002, 147.)</p>
Värähtelymoodi	<p>Resonoivissa rakenteissa värähtelyn tietty muoto. Eri värähtelymoodeilla on kaikilla oma resonanssitaajuus. (Rossing ym. 2002, 27.)</p>
Ylä-äänes (overtone)	<p>Äänen komponentti, jolla on äänen perustaajuutta suurempi taajuus (Rossing ym. 2002, 72).</p>



# 1 JOHDANTO

Soitinrakennus ei ole enää samanlaisessa asemassa kuin vuosikymmen sitten. Rakennusmateriaaleiksi kelpaavien tiettyjen puulajien kuten ruusupuun hankkiminen käy päivä päivältä yhä vaikeammaksi. Osa soitinrakennuksessa suosituista puulajeista on uhanalaisia. Soitinpuu on siis tiettyjen puulajien osalta loppumassa. Mistä löytyisi näille puulajeilla korvikkeet jotka ajaisivat asiansa kuten edeltäjänsä muun muassa soinnin osalta? Pyrin opinnäytetyölläni edistämään näiden korvikkeiden etsimistä ja kehittämistä.

Opinnäytetyöni käsittelee sähkökitaroiden kauloja ja kaulaliitoksia vertailevan testausalustan ensimmäisen kehitysasteen suunnitteluprosessia, siihen sisältyviä vaihtoehtoja ja niiden suhteen tehtyjä päätöksiä. Tämä testausalusta on prototyyppi josta on mahdollisesti kehitettävissä laajasti standardoitava versio.

Opinnäytetyölläni on toimeksiantajana TONIC-projekti (Tonal Innovation Center). Yhdessä suomalaisten yritysten ja julkisten toimijoiden kanssa TONIC pyrkii yhdistämään ja kehittämään sointiin perustuvien tuotteiden ja palveluiden tuottamiseen tarvittavan musiikki-, valmistus- ja markkinointiosaamisen kansainväliset mitat täyttäväksi osaamiskeskittymäksi. Hanke tukee Pohjois-Karjalan alueelle jo syntynyttä luonnonkuitukomposiitti-, soitinrakennus- ja musiikkiosaamista. Lisäksi hankkeen taustalla on soitintestausosaamisen ja siitä syntyvien työpaikkojen lisääminen Pohjois-Karjalan alueelle. Opinnäytetyötäni lähimpänä projektista on sen soitintestausosio.

Soitintestausosion taustalla on pyrkimys löytää tapa ja tekniikka vertailla eri materiaaleja soittimissa. Tarkoitus olisi päästä vertailemaan uusiutuvia soitinmateriaaleja loppumassa oleviin uhanalaisiin puulajeihin, kuten eebenpuuhun (CITES 2011). Korvaavien materiaalien tulisi olla soinniltaan ja soitettavuudeltaan mahdollisimman paljon esikuviansa kaltaisia. TONIC tarkastelee tilannetta ennen kaikkea kiinteärunkoisen (solid body) sähkökitaran valmistuksen näkökulmasta. Kiinteärunkoisessa sähkökitarassa runko on umpinainen eli siinä ei ole kaikukoppaa, vaikka sen elektroniikalle onkin rungon sisälle jätetty tilaa. TO-

NIC:n kanssa yhteistyössä toimii Pohjois-Karjalassa sähkökitaroita valmistava Flaxwood oy, joka yrittää löytää käyttämästään luonnonkuitukomposiitista korvaajaa uhanalaisille puulajeille. Luonnonkuitukomposiitin ruiskuvalumuotteihin perustuva kitaroiden tuotanto mahdollistaisi suurelta osin tuotannon koneistamisen, jolloin käsityön määrä vähenisi, tuotannon kustannukset halpenisivat ja laatu olisi tasaisempaa. Tämä tuotantotekniikka mahdollistaisi myös soitinpuiden raaka-aineiden tuottamisen paljon lähempänä, sillä menetelmä ei vaadi erikoisia puulajeja. Tällöin puumateriaalia ei tarvitsisi rahdata kaukaa ulkomailta. Alhaiset kustannukset ja tasalaatuisuus mahdollistaisivat myös kilpailun edullisen hintaluokan kitaroiden markkinoilla.

Soitinmateriaalien vaihtaminen soitinrakennusperinteessä vaatii kuitenkin materiaalien tutkimista eri tavoin. Uuden korvaavan materiaalin pitäisi olla mahdollisimman edeltäjänsä kaltainen sekä fyysisiltä että akustisilta ominaisuuksiltaan. Soitinmateriaalien vertailua varten täytyisi löytää jonkinlainen vakiintunut testausalusta, joka olisi mahdollista toteuttaa laajasti ja jopa standardisoida. Opinäytetyöni esittelee TONIC-projektin testausalustan ensimmäisen kehitystason, joka vertailee kiinteärunkoisen sähkökitaran kauloja toisiinsa tiettyjen parametrien osalta.

Soitintutkimusta on tehty myös ennen tätä opinäytettä ja sillä on pitkä historia. Eryityisesti viulun sointia on tutkittu ja yritetty jäljitellä vanhojen italialaisten viulujen sointiväriä. Näiden ja uusien viulujen soinnista on löydetty eroja muun muassa eri harmonisten kerrannaisten suhteellisista voimakkuuksista ja resonanssista matalilla taajuuksilla. (Buen 2010, 2; Curtin 2002, 2.) Tähän on löydetty syitä muun muassa niiden rakennuksessa käytetyissä suoja-aineissa ja puulajien kemiallisessa koostumuksessa. Esimerkiksi vanhojen Stradivari-viulujen rakennuksessa käytetty vaahtera on hieman erilaista kuin nykyään samalla alueella kasvava. (Tiede 2011.) Myös akustisen kitaran sointia on tutkittu ja jonkinlaisia testialustoja on suunniteltu erilaisiin vertaileviin tutkimuksiin, joiden tuloksissa korostuu kitaroiden kaikukopan vaikutus. Vähemmän varsinaisia testausalustoja on kuitenkin suunniteltu kiinteärunkoisia sähkökitaroita varten ja kitaroiden kaulaliitoksista tehdyt tutkimukset keskittyvät lähinnä jälkisointiaikaan (Mottola 2007, 52).

Käyn opinnäytteeni alkupuolella läpi äänen fysikaalista olemusta, soinnin käsitettä, kitaran rakennetta ja historiaa, sekä lopuksi kerron testausalustan suunnittelusta ja siitä miten päädyin tiettyihin rakenteellisiin ratkaisuihin.

## 2 MITÄ ON ÄÄNI?

### 2.1 Äänen rakenne ja taso

Fyysisellä tasolla ääni on yksinkertaisesti mekaanista häiriötä aineessa, joka voi olla ilmaa, kiinteää ainetta, nestettä tai muuta kaasua. Luonteeltaan ääni on aaltoliikettä eli edestakaista säännöllistä värähtelyä, joka syntyy värähtelevän kappaleen vaikutuksesta. Ääni voi myös matkallaan edetä väliaineesta toiseen. Akustinen ääni eli ilmassa etenevä ääni syntyy ja aistitaan ilmanpaineen vaihteluina. Äänilähde on varsinainen ääntä synnyttävä (värähtelevä) kappale, esimerkiksi kitaran kieli. (Laaksonen 2006, 4.)

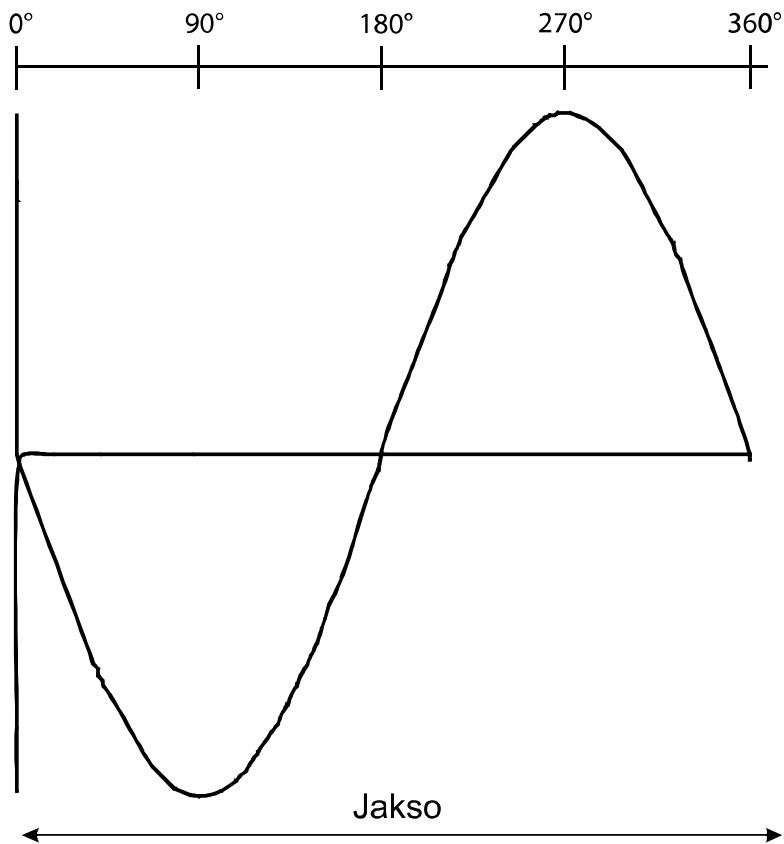
Ääntä voidaan tarkastella eri tavoin: äänen voimakkuuden, sävelkorkeuden, sointiväriin tai keston mukaan. Fysikaalisesti kaikki nämä ilmiöt voidaan kuvata kolmen eri perusmuuttujan, voimakkuuden eli tason, sävelkorkeuden eli taajuuden sekä ajan avulla. Äänen sointiväri on yhdistelmä, johon vaikuttavat muun muassa useiden yhtäaikaisten värähtelyiden tasot ja taajuudet sekä niiden keskinäiset ajalliset erot. (Laaksonen 2006, 5.)

Äänen taso tarkoittaa sitä äänen ominaisuutta, kuinka kauas keskiarvosta ilmanpaineen muutos ulottuu joko positiiviseen suuntaan (jolloin ilma tihentyy) tai negatiiviseen suuntaan (jolloin ilma harvenee). Keskitasosta kumpaankin suuntaan tapahtuva paineen vaihtelu siis edustaa ääntä ja keskitaso puolestaan edustaa hiljaisuutta. Taso on sitä suurempi mitä voimakkaammin esimerkiksi kitaran kieltä väräytetään. (Laaksonen 2006, 6.)

### 2.2 Jakso, taajuus ja vaihe

Sinimuotoisen värähtelyn säännöllisyyttä kuvataan käsitteellä jakso. Se tarkoittaa kokonaisuutta, jonka jälkeen värähtelyn vaiheet toistuvat taas samanlaisina. Kuvassa 1 on havainnollistettu jaksoa siniaallossa. Jakso on siis kahden keske-

nään samanlaisen aaltomuodon kohdan välinen ajallinen etäisyys. (Laaksonen 2006, 6).



Kuva 1. Jakso siniaallossa. (Kuva: Janne Ojajärvi.)

Käsite taajuus tarkoittaa kuultavaa äänen korkeutta. Se tarkoittaa sitä, miten nopeasti kokonaiset jaksot seuraavat toisiaan. Pieniä taajuuksia eli hitaita värähtelyitä kutsutaan mataliksi ääniksi (bassoksi) ja suuria taajuuksia eli nopeita värähtelyitä korkeiksi ääniksi (diskantiksi). Taajuuden mittayksikkö on hertsi (Hz). Yksi hertsi tarkoittaa samaa kuin yksi kokonainen värähdysjakso yhdessä sekunnissa. Ihmiskuulo pystyy erottamaan noin 20 Hz:n bassosta enintään noin 20 000 Hz:n diskantteihin. (Laaksonen 2006, 7.)

Vaiheella tarkoitetaan jaksos eri kohtia, jotka ilmaistaan astelukuina. Yhden kokonaisen värähtelyjaksos mitta on 360 astetta. Jakson alussa aaltomuodon energia ja vaihe ovat arvossa nolla. Kun värähtely alkaa, alkavat energia ja vaihetta kuvaava asteluku kasvaa, kunnes saavuttavat positiivisen aallonhuipun 90°. Sen jälkeen värähtely palaa nollassa, jolloin vaihe on 180° ja jatkuu edelleen toiseen suuntaan kunnes saavuttaa negatiivisen ääriasennon eli aal-

lonpohjan 270°. Tämän jälkeen se palaa takaisin nollatasoon ja vaihe on 360°. Tällöin on kulunut yksi kokonainen jakso. (Laaksonen 2006, 8.) Kuvassa 1 on havainnollistettu jakson eri vaiheita.

### 2.3 Osaäänekset

Äänen rakennetta käsitellessä käytetään toisinaan termejä osäänes, ylä-äänes ja harmoninen hieman eri asioita tarkoittaen. Tässä opinnäytetyössä käytän näitä termejä seuraavanlaisesti. Äänet koostuvat useimmiten hyvin monista yhtä aikaa soivista taajuuksista, joita kutsutaan osääneiksi. Kun ääni soitetaan tietyllä korkeudella, sen kaikkein alinta osäänestä kutsutaan perustaajuudeksi. Osaääneksiä, jotka ovat harmonisessa tai lähes harmonisessa suhteessa perustaajuuteen, kutsutaan harmonisiksi kerrannaisiksi tai harmonisiksi. Harmoninen suhde tarkoittaa tässä sitä, että osääneksien taajuudet ovat kokonaisluku-kerrannaisia perustaajuuteen nähden. Kaikkien osäänenesten taajuudet eivät kuitenkaan ole perustaajuuden kerrannaisia. Esimerkiksi pianossa ylemmät osäänekset ovat kaikki hieman korkeampia kuin teoreettisessa osäänessarjassa. Yhteisnimitys kaikille perusäänen lisäksi äänessä soiville osääneksille on ylä-äänekset. (Rossing ym. 2002, 64; Beament 46–47.) Perustaajuus määrittelee äänen aistittavan sointikorkeuden (Laaksonen 2006, 8). Perustaajuus tosin kuullaan muiden osäänenesten johdosta myös silloin, kun se on sävelestä poistettu. Tämän takia aistimme myös pienistä vain korkeita taajuuksia toistavista kaiuttimista soivan bassokitaran äänen sävelkorkeuden. (Beament 2001, 45.) Ylä-äänekset määrittelevät myös osaltaan kyseisen äänen sointiväriä (Laaksonen 2006, 8).

Ylä-äänesten puhtasvireisyys riippuu värähtelijän akustisista ominaisuuksista. Niiden keskinäiset voimakkuudet vaihtelevat soittimen ja soittotavan mukaisesti. Sellaiset äänet, joiden harmoniset ovat voimakkaita, kuulostavat kirkkailta ja reheviltä. Sellaiset äänet, joiden harmoniset soivat heikosti tai joiden jotkin harmoniset kerrannaiset puuttuvat kokonaan, puolestaan kuulostavat tummilta tai ontoilta. Kaikkien luonnollisten äänilähteiden, esimerkiksi soitinten, ylä-äänesten keskinäiset voimakkuussuhteet vaihtuvat jokaisella uudella äänellä aina kulloi-

senkin sävelkorkeuden ja soittotekniikan mukaan. Lisäksi ylä-äänesten voimakkuussuhteet usein muuttuvat jo yhdenkin pitkään soivan äänen aikana. (Laaksonen 2006, 9.)

## 3 SOINTI, ÄÄNENLAATU, ÄÄNENVÄRI, SOINTIVÄRI

### 3.1 Sointiväriin määritelmä

Sointiväristä puhutaan usein myös sanoilla äänenväri ja äänenlaatu. (Unkari-Virtanen 1998, 340; Rossing 2002, 135). Tässä opinnäytteessä käytän sointiväristä myös termiä ”sointi”.

Ääni ja sointiväri nousivat 1800-luvun kuluessa uudella tavalla tärkeiksi. Sävellysten sointien analysointia voisi verrata muinaisien alkemistien pohdiskeluihin: kultaa on, mutta mikä on sen resepti? Musiikki soi, mutta mikä on sointi? Sointia kuvataan yhä visuaalisten sekä auditiivisten havaintojen termeillä. Fysiikkaan perustuva näkökulma taas pyrkii kuvaamaan soinnin olemusta objektiivisesti mittausten, grafiikan ja numeroiden avulla. Tämä näkökulma kehittyi 1800-luvulla itsenäiseksi tieteenhaaraksi nousseen akustiikan osana. Fysiikko Hermann von Helmholtz määritteli 1800-luvun lopulla erilaisten sointien syntyvän eri osäänesten erilaisista yhdistelmistä ja voimakkuuksista. Hänen mukaansa intensiteetti, säveltaso ja sointiväri olivat musiikin äänten kolme perusominaisuutta ja keston ohella näitä pidetään edelleenkin useissa yhteyksissä äänen perusominaisuuksina. (Unkari-Virtanen 1998, 340–341) Helmholtz erotteli (Rossing ym. 2002, 136 mukaan) äänet sointiväriin perusteella seuraavanlaisiin ryhmiin:

1. Yksinkertaiset äänet kuten äänirauta omaavat hyvin pehmeän, miellyttävän soinnin, joka ei ole karkea mutta on samea matalilla taajuuksilla.
2. Musikaaliset äänet, jotka omaavat kohtuullisesti harmonisia kerrannaisia kuudenteen kerrannaiseen asti. Tällaisia ovat muun muassa piano, käyrätorvi ja ihmisääni. Nämä soivat rikkaammin ja musikaalisemmin kuin kohdan 1 yksinkertaiset äänet.
3. Äänet, jotka sisältävät vain parittomia harmonisia kerrannaisia. Tällainen on esimerkiksi klarinetti. Nämä kuulostavat ontolta ja monia harmonisia omaavina nasaalilta. Jos perustaajuus on tällaisissa hallitsevana, äänen laatu on rikas. Jos perustaajuus taas ei ole riittävän voimakas, äänen laatu on heikko.



4. Monimutkaiset äänet, jotka omaavat voimakkaita harmonisia kuudennen ja seitsemännen harmonisen yläpuolella ovat hyvin selkeitä, mutta äänenlaatu on karhea ja pureva.

Helmholtz tosin jätti sointiväriin tutkimuksen ulkopuolelle instrumenttien äänen hälyelementit keskittyessään soittimien tapaan synnyttää periodisia, säveltason elämyksen tuottavia värähtelyjä (Kankaanpää 1995, 220-221). Nykyään musiikkikäsitelmän muutos on osaltaan laajentanut sointiväritutkimuksen kenttää ja hälyäänistä on tullut tärkeitä musiikillisia materiaaleja. Soittimen tunnistamisen ei enää katsota riippuvan ainoastaan instrumentin staattisesta spektristä, vaan olennaisia ovat myös instrumentin alukkeet ja lopukkeet. (Kankaanpää 1995, 220-221.)

Sointiväri on siis yhä heikosti määritelty käsite. Amerikan kansallinen standardisointi-instituutti määrittelee sen seuraavalla tavalla (ANSI 1994): *Sointiväri on ominaisuus jonka perusteella kuuntelija erottaa äänet yhtä korkeat ja voimakkaat äänet.* Määritelmä on ongelmallinen, sillä se kuvailee pikemminkin, mitä sointiväri ei ole kuin mitä se on (Järveläinen 2010, 39). Monien vuosien yrityksistä huolimatta ei vielä ole laajasti hyväksyttyä kunnollista sointiväriin määritelmää. Sen moniulotteinen luonne tekee siitä vaikeasti käsiteltävän äänen ominaisuuden.

Sointiväristä puhuessa ja sitä käsitellessä on tärkeää erottaa toisistaan vakaan äänen sointiväri ja transientteja tai sen muita variaatioita sisältävän äänen sointiväri. Psykoakustiikan tohtori Reinier Plomp ehdotti vuonna 1970, että käsitettä äänenväri (tone color) käytettäisiin viittaamaan nimenomaan aistittaviin eroihin vakaisissa äänissä, joskaan ehdotusta ei ole laajalti hyväksytty. (Rossing ym. 2002, 135.)

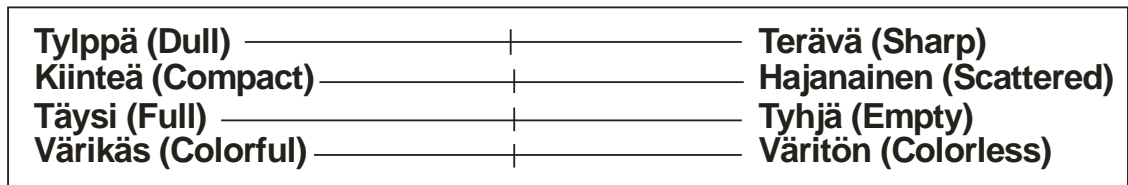
### **3.2 Sointiväri vakaassa äänessä**

Sointiväriä pidetään moniulotteisena äänen ominaisuutena. On mahdotonta rakentaa yksi ainoa sointiväriin mitta, jollainen on esimerkiksi sävelkorkeudella ja

äänenvoimakkuudella. Vakaan äänen sointiväriin katsotaan määräytyvän sen spektrisisällön eli kunkin taajuuden energian määrän kautta. Kuvissa 2 ja 3 esitetään kaksi taannoista yritystä rakentaa subjektiivinen asteikko sointiväriille pyytämällä kuuntelijoita arvioimaan useita tasaista ääntä kuvaavia termejä. Kumpikin tutkimus havaitsi kohdan ”tylppä–terävä (kirkas)” eniten merkitseväksi. (Rossing ym. 2002, 135; Järveläinen 2010, 39.)



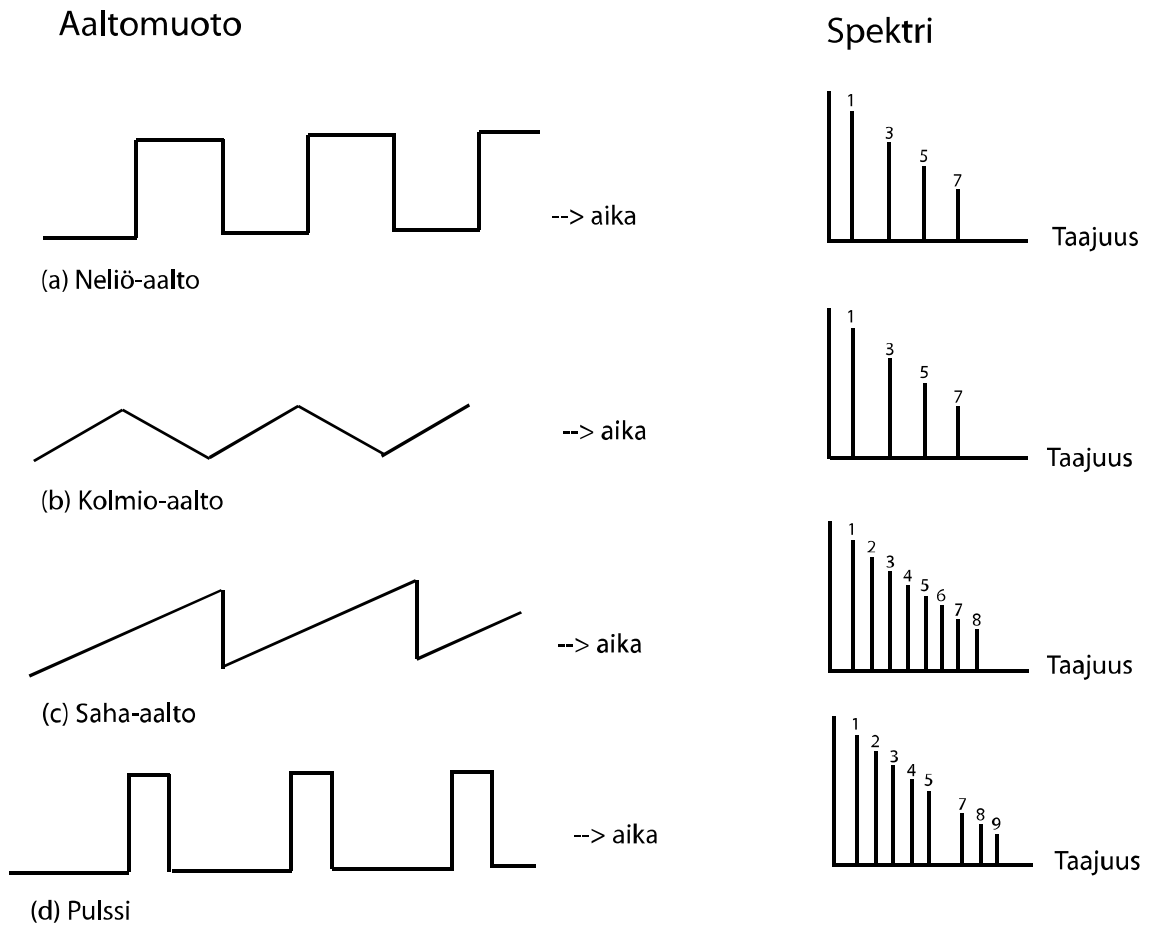
Kuva 2. Subjektiivinen asteikko sointiväriille. (Pratt & Doak 1976, Rossing ym. 2002, 136 mukaan). (Kuva: Janne Ojajärvi.)



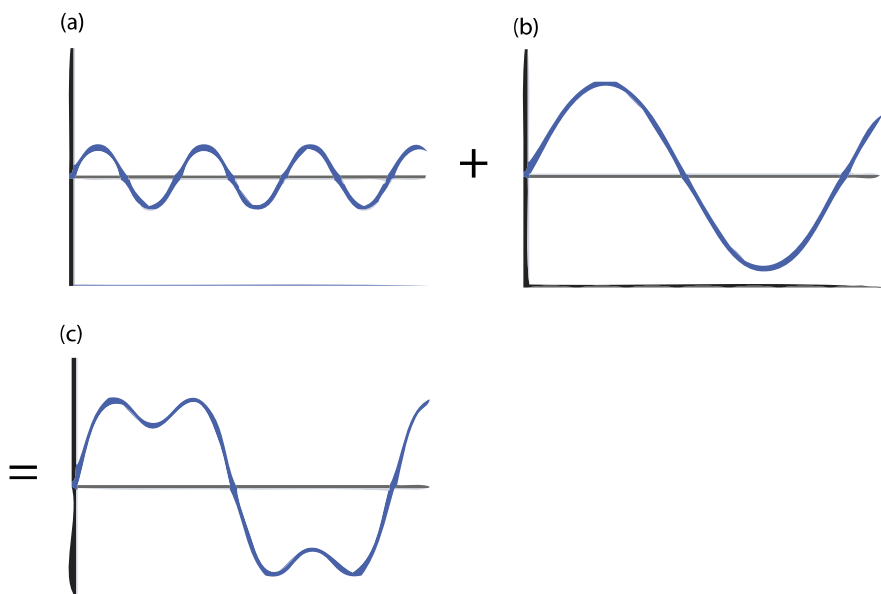
Kuva 3. Subjektiivinen asteikko sointiväriille. (Von Bismarck 1974, Rossing ym. 2002, 136 mukaan). (Kuva: Janne Ojajärvi.)

### 3.3 Fourierin analyysi

Ääniaaltojen voidaan matemaattisesti osoittaa jakautuvan yksittäisiin, yhdellä ainoalla taajuudella esiintyviin osaaänneksiin, joista kukin itsessään on puhtaasti sinimuotoinen. Harmonisten voimakkuuksia kuvataan spektrissä, joka useimmiten ilmenee graafisessa muodossa. Kuva 4 esittää neljän erilaisen aaltomuodon spektrit. Näitä aaltomuotoja käytetään usein luotaessa ääntä syntetisaattoreilla. Kuvassa 5 on esimerkki Fourierin analyysin vastakohtasta Fourierin synteesisistä, jossa useasta sinimuotoisesta äänestä muodostuu uusi monimutkaisempi ääni. Esimerkissä kahdesta sinimuotoisesta osaaänneksestä syntyy niiden summana uudenlainen ääni. (Rossing ym. 2002, 137.)



Kuva 4. Neljän erilaisen äänen aaltomuodon spektrit. Neliöaallossa ja kolmioaallossa puuttuvat parilliset harmoniset. (Kuva: Janne Ojajärvi.)



Kuva 5. Fourierin synteesi. Aaltomuoto (c) on aaltomuotojen (a) ja (b) summa. (Kuva: Janne Ojajärvi.)

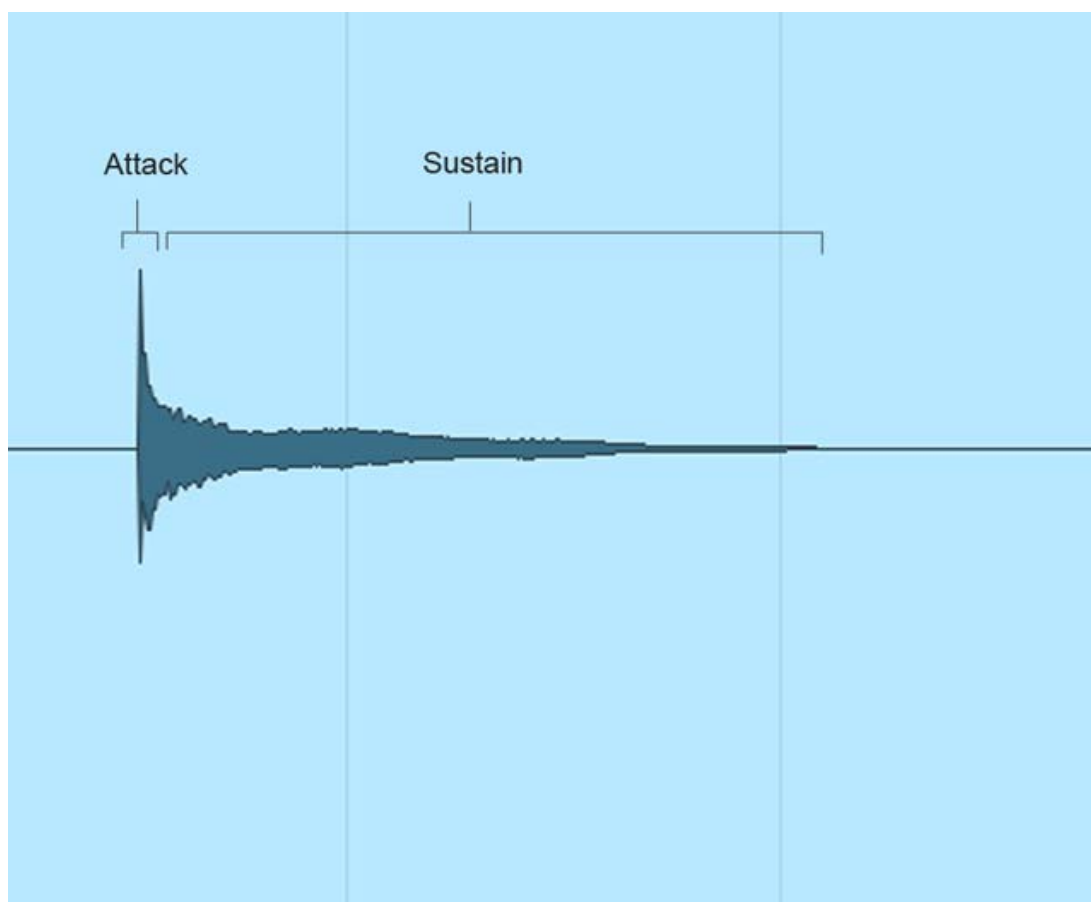
### 3.4 Sointiväri ja dynamiikka verhokäyrässä

Sointiväriin vaikuttavat myös äänessä tapahtuvat ajalliset muutokset. Esimerkiksi eri soitinten äänten tyypilliset alukkeet vaikuttavat ratkaisevasti soittimen äänen tunnistettavuuteen. (Järveläinen 2010, 39.) Tämän voi havainnollistaa äänittämällä pianon sävelen ja toistamalla sen sitten takaperin, jolloin se ei enää kuulosta pianolta. Audiologian tohtori Kenneth Berger suoritti vuonna 1963 testin. Siinä hän kuuntelutti yleisölle nauhoitettuja soittimia, joiden äänestä oli poistettu ensimmäiset ja viimeiset puoli sekuntia eli alukkeet ja lopukkeet. Kuuntelijat yrittivät näistä leikatuista äänitteistä päätellä, mikä soitin oli milloinkin kyseessä. Kuvassa 6 ilmenevät testin arvaukset. Alukkeiden vaikutus soitinten tunnistettavuuteen kärjistyy alttosaksofonin äänessä, jonka tunnisti oikein vain neljä vastaajaa ja yksitoista erehtyi luulemaan sitä käyrätorveksi.

Soitin	Arvaukset										
	Huilu	Oboe	Klarinetti	Tenorisaksofoni	Alttosaksofoni	Trumpetti	Kornetti	Käyrätorvi	Baritoni	Pasuuna	Ei vastausta
Huilu	1	2	1	1	6	5	4			4	7
Oboe		28									2
Klarinetti	1	1	20	4	3						1
Tenorisaksofoni			25	2	1						2
Alttosaksofoni				3	4		1	11	5	5	1
Trumpetti	8				6	2	3	4	1	3	3
Kornetti		1				12	15				2
Käyrätorvi	1			2	3			5	6	6	7
Baritoni			1	1	2	3	2	4	7	3	7
Pasuuna	2	1		5	3			1	5	9	4

Kuva 6. Kuuntelukoe, jossa nauhoitettujen soittimien äänistä on poistettu alukkeet ja lopukkeet. (Berger 1963, Rossing ym. 2002, 140 mukaan). (Kuva: Janne Ojajärvi.)

Äänen ajallisia muuttujia kuvataan verhokäyrässä usein termeillä attack, decay, sustain ja release. Äänen syntetisoinnin viitekehyksessä attack tarkoittaa äänen alukkeen pituutta, decay alukkeen vaimenemista soinnin vakaaseen tilaan, sustain vakaan tilan pituutta ja release aikaa, joka kuluu äänen sammumiseen vakaasta tilasta. (Dodge & Jerse 1997, 84.) Tässä opinnäytetyössä käytän näitä termejä kuvaamaan sointia sähkökitaran soinnin kuvauksen kontekstissa. Kitarran sointia käsitellessäni attackiin liittyvät alukkeen nousujan lisäksi myös alukkeessa ilmenevät ylä-äänekset, sustainilla tarkoitan jälkisointiaikaa eli soinnin pituutta alukkeen jälkeen, releasea käytän ainoastaan kuvaamaan kitaran rungon mahdollista värähtelyä kielen sammumisen jälkeen ja decayta en käytä ollenkaan. Jos esimerkiksi tietyn puulajin kitaran kaulamateriaalina koetaan antavan hyvän attackin, se tarkoittaa, että äänen aluke on selvästi kuultavissa ja erotettavissa sitä seuraavasta soinnista. Kuvassa 7 on aluke akustisen kitaran ylemmän E-kielen soitosta.



Kuva 7. Aluke ja jälkisointiaika kitaran E-kielestä. (Kuva: Janne Ojajärvi.)

Internetissä olevien äänitiedostojen sisällön automaattista tunnistusta varten on jo löydetty muutamille soitinryhmille, kuten jousisoittimille ja puhallinsoittimille, melko yksinkertainen joukko tekijöitä, joiden perusteella äänenväriin erot syntyvät. Näitä ovat esimerkiksi spektrin painopiste, transienttien samanaikaisuus, äänen alukkeen äkillisyys ja eri osääneksien suhteelliset syttymis- ja vaimenemisnopeudet. Näitä tuloksia ei kuitenkaan voida yleistää esimerkiksi lyömäsoittimiin. Automaattista tunnistusta varten valitut muuttujat eivät myöskään välttämättä päde kuulijan kuulokokemusta tarkastellessa. (Järveläinen 2010, 39).

### **3.5 Vakiintuneita tapoja kuvata sointiväriä**

Äänenväriä kuvataan yleisemmässä mielessä muutamalla vakiintuneella tunnusluvulla, joiden avulla voi tosin saada vain karkean kuvan äänenväristä. Tärkeimpiä näistä ovat terävyys, karheus, vaihteluvoimakkuus ja tonaalisuus. Niille on kehitetty laskennalliset mallit subjektiivisten tulosten perusteella. Terävyys määräytyy keskitaajuudesta, spektrin verhokäyrästä ja suurten taajuuksien osuudesta spektrissä. Karheus seuraa nopeasta amplitudi- tai taajuusmodulaatiosta. (Järveläinen 2010, 40.) Amplitudimodulaatio tarkoittaa ääniaallon voimakkuuden vaihtelua tietyjen voimakkuuksien välillä ja taajuusmodulaatio ääniaallon taajuuden vaihtelua tietyllä kapealla taajuusalueella (Rossing ym. 2002, 466-467). Vaihteluvoimakkuus riippuu jonkin verran äänenpaineesta ja joissakin tapauksissa myös äänten keskitaajuuksista. Tonaalisessa äänessä kuulija erottaa äänenkorkeuden tai jonkin vastaavan kokonaisuuden eli spektrissä on mukana osääneksiä mahdollisen kohinan lisäksi. (Järveläinen 2010, 40.)

Konsonanssi ja dissonanssi ovat äänenväristä erillisiä käsitteitä, sillä ne kuvaavat useimmiten kahden tai useamman erikorkuisen äänen yhteissointia. Dissonanssi liittyy karheusaistimukseen, joka syntyy kahden lähekkäisillä taajuuksilla olevan komponentin synnyttäessä huojuntaa. Soitettaessa ääniä yhtä aikaa niiden lähekkäin osuvat harmoniset aiheuttavat karheutta, josta johtuva dissonanssi on sitä voimakkaampaa mitä enemmän karheutta tuottavia osäänespareja on. Soitettaessa jokin konsonoiva intervalli esimerkiksi oktaavi, karheutta

tuottavia osäänespareja on tuskin ollenkaan. Dissonoivilla intervaleilla taas ylemmän ja alemman äänen harmoniset osuvat usein niin lähekkäin, että aistitaan karheutta. Karheusaistimuksen tuottaa taajuusero. (Järveläinen 2010, 41.)

## 4 SÄHKÖKITARAN HISTORIAA

### 4.1 Kitaran varhaishistoria

Kitaran tapaisia soittimia on ollut olemassa jo tuhansia vuosia mitä erilaisimpina ilmentyminä. Esimerkiksi kitaran sukulaissoitin luuttu on kulkeutunut vuosituhansien aikana muinaisesta Mesopotamiasta länteen Eurooppaan ja itään Aasiaan. Matkan aikana siitä on syntynyt monia muunnelmia kuten intialainen sitar, kreikkalainen busuki ja kiinalainen ruan. (Rossing & Galdersmith 2010, 40) Luuttusta on kehittynyt vähitellen myös nykymuotoinen akustinen kitara, jonka varhaisin tunnettu yksilö on rakennettu vuonna 1779 (Rossing & Galdersmith 2010, 19). Akustiset kitarat jaetaan yleisesti neljään pääryhmään muotoilun perusteella: klassinen, flamenco-, ”folk”- eli tasakantinen ja ”arch top”- eli kaarevakantinen kitara. Klassisessa ja flamencokitaraissa on nylonkielet, kun taas folkkitarassa ja ”arch top” -kitarassa teräksiset on kielet. (Rossing & Galdersmith 2010, 20.)

Sähkökitaran historia taas alkaa jo paljon lähempänä nykypäivää, ja sen kehityksen vaiheista on paljon dokumentaatioita. Sähkökitaran tarve liittyi muun muassa akustisen kitaran rajalliseen äänenvoimakkuuteen, joka esti sitä toimimasta solistisissa tehtävissä big band -orkestereissa. (Gough 2010, 393) Tässä luvussa käsitelen sähkökitaran historiaa kitaranvalmistajien Gibsonin ja Fenderin kautta, joiden ympärille sähkökitaroiden kehitykseen johtanut kokeileva työ suuresti keskittyi. (Denyer 2009, 49)

### 4.2 Gibson

Gibsonin tarina alkaa monipuolisena kitaristina sekä mandoliininsoittajana kunnostautuneesta newyorkilaisesta Orville Gibsonista. Hän ryhtyi 1890-luvulla soveltamaan mandoliinien rakennuksen soitinrakennusperinnettä kitaranrakennukseen tehden useita hienoja kuperakantisia kitaroita, joissa hän käytti myös teräskieliä luonnonsuolikielten sijaan. Vuonna 1902 joukko liikemiehiä teki so-



pimuksen Orville Gibsonin kanssa, jolloin Gibsonin teollinen kitaranvalmistus sai alkunsa. Yhtäläisyyksiä mandoliinien kanssa on nähtävissä Gibsonin nykypäivän kitaramalleissakin muun muassa rungon muodossa, lavan tyyliässä sekä kaulan liimakiinnityksessä. (Denyer 2009, 46.)

Vuonna 1920 Lloyd Loar tuli Gibsonin palkkalistoille, ja hänen suunnittelemaansa valmistui ensimmäinen f-aukkoinen kaikukopallinen kitara. (Duchossoir 1981, 2.) Loarin sanotaan myös Gibsonilla työskennellessään tehneen kokeiluja erilaisilla mikrofoneilla kitaroiden kanssa. Hän ei kuitenkaan saanut Gibsonia vakuutettua niiden kaupallisesta potentiaalista. (Trynka 1995b.) Kokeilut jäivät unohduksiin 1930-luvulle asti, kunnes Loar lähti Gibsonilta perustamaan omaa yhtiötä Vivi-Tonea. Näinä vuosina alkoi Rowe-DeArmond -yhtiö valmistaa kitaroita varten magneettisia mikrofoneja, joista inspiroituneena Gibson vuonna 1935 sovelsi magneettisia mikrofoneja omiin malleihinsa. (Denyer 2009, 54.)

### 4.3 Kiinteä runko ja Fender

Sähköiset metalliputkella soitettavat havaijinkitarat olivat ensimmäiset myytävänä olevat instrumentit joiden ääni perustui pelkästään sähköiseen vahvistukseen. Yksi avainhenkilö niiden suunnittelussa oli sveitsiläinen Adolph Rickenbacker. Hänen avullaan syntyi ensimmäinen sähkökitara ”Frying Pan”, joka oli tehty kokonaan alumiinista. Vuonna 1941 Les Paul (oikealta nimeltään Lester Polsfuss) teki ”Log” -nimisen kitara. Log akustinen kitara, jonka Les Paul oli halkaissut keskeltä ja asettanut sen väliin vaahterpalkin. (Denyer 2009, 55.) Les Paulin kehittämä kitara ”Gibson Les Paul” kantaa kehittäjänsä nimeä ja on nykyään eräs tunnetuimmista sähkökitaramalleista maailmassa. Les Paul halusi kitaroiden soivan luonnollisesti 22 sekuntia, joten ne olivat suhteellisen painavia. ”Les Paul” -kitaroiden runko tehtiin mahongista ja niissä oli vaahterakansi. Rungon yläosa tehtiin kaarevaksi, minkä tarkoitus oli tehdä kitara vaikeammin kopioitavaksi. (Denyer 2009, 58.)

1940-luvun lopulla kiinteärunkoisen sähkökitaran kehitystä vei eteenpäin Leo Fender. Hänen kehittämänsä ”Fender Broadcaster” oli ensimmäinen kiinteärun-

koinen sähkökitara, jossa oli useampi kuin yksi mikrofoni, mikrofonivalitsin ja mahdollisuus säätää sointia. Broadcasterin esikuvina toimivat sähköiset havaijinkitarat, ja kaula oli irroitettava kuten sen aikaisissa banjoissa. Fenderin mielestä kaula oli ongelmallisin osa kitaraa, joten hän suunnitteli kaulan sellaiseksi, että sen voisi vaihtaa muutamassa hetkessä. Broadcasterin lapa suunniteltiin niin, että kaikki virittimet olivat virityksen helpottamiseksi samalla puolella. Kaula rakennettiin vaahterasta, koska vaaleat puunväriset soittimet olivat ilmeisesti suosittuja siihen aikaan. Broadcasterin lakatut rungot tehtiin saarnista, maalattavasta lepästä. (Denyer 2009, 56.) Fenderin ryhtyessä kehittämään Broadcasteria, jonka nimi sittemmin muutettiin Telecasteriksi, syntyikin kokonaan uusi malli ”Fender Stratocaster” (Wheeler 2004, 44). Stratocaster sisälsi kolme mikrofonia, viisiasentoisen mikrofonivalitsimen, kaksi soololovea ja vibratallan (Denyer 2009, 57). Stratocasterissa oli syvennys rungon takapuolella mukavoittamassa soittotuntumaa ja vuodesta 1959 lähtien sen vaahterakaulassa oli myös ruusupuuotelauta. Uudelleen hahmoteltu rungon muoto teki siitä mukavamman kuin kömpelömpi Telecaster. (Wheeler 1978, 100.) Stratocasterin muoto sai tietävästi vaikutteita myös aiemmin ilmestyneen ”Fender Precision Bass” -bassokitaran kahdella soololovella varustetusta muodosta (Wheeler 2004, 46). Fender Stratocaster ja Gibson Les Paul ovatkin nykyään rock-musiikin Stradivareja ja Guarnereita, joita 1950- ja 1960-lukujen suosituimmat yhtyeet ja ikoniset artistit käyttivät (Gough 2010, 397). Näiden kitaramallien sanotaan olevan maailman kopioiduimpia (Denyer 2009, 62).

#### **4.4 Idän markkinat**

1960-luvulta lähtien Gibsonin ja Fenderin malleja alettiin kopioida muun muassa Japanissa. Kopiot olivat aluksi halpoja ja kehoja, mutta 1970-luvun lopulla japanilaiset soitinvalmistajat alkoivat tarjota hyvälaatuisia ja ennen kaikkea halpoja kopioita. Varhaiset kopiot jäljittelivät ennemminkin amerikkalaisten kitaroiden ulkonäköä kuin rakennetta. Fenderin massatuotantoon optimoidut mallit olivat kopioinnin suosiossa, kun taas Gibsonin liimatuilla kauloilla varustetut mallit eivät tällaiseen tuotantoon niin hyvin soveltuneet. Japanilaisissa malleissa oli tämän takia pulttikiinnitteiset kaulat. (Day 1995a, 109.)

Fender huomasi pian, ettei se pärjäisi Japanin markkinoilla muulla tavalla kuin valmistamalla itsekin kitaroita Japanissa (Bacon 1995, 58). Vuonna 1982 Fender aloitti kitaroiden valmistuksen Japanissa nimillä Fender Japan ja Squier ja näitä markkinoitiin myös muualle maailmaan (Day 1995a, 109; Bacon 1995, 58). Ensimmäiset Squierin halpahintaiset kitarat olivat yhtä laadukkaita tai jopa laadukkaampia kuin Amerikassa tehdyt jäljitelmät vuosikertakitaroista. Sitten japanilaiset tehtaot ovat leikanneet menojaan ja useimmat halvat kopiot kulkeutuvat Koreasta ja Taiwanista. (Day 1995a, 109.)

Yamaha esitteli vuonna 1976 ensimmäisen omaperäisen mallinsa nimeltään Yamaha SG2000. Siinä oli mahonkirunko, vaahterakansi, lapa 14°:n kulmalla ja laminoitu kaula, jossa oli keskellä vaahteraa ja ympärillä mahonkia. SG2000 oli ensimmäinen kitara, joka poistui kopioinnin käytänteestä ja loi standardin, joka vastasi amerikkalaisia kilpailijoitaan. (Day 1995b, 112-113.)

#### **4.5 Laadun huojunta ja custom-mallit**

1970-luvulla Amerikan kitaramallien laatu oli alempana kuin koskaan sitä aikaisemmin. Gibsonin ja Fenderin asemat olivat näinä vuosina vankalla pohjalla eikä huolestuttavia kilpailijoita löytynyt. Tämän takia voitontavoittelu alkoi mennä laaduntavoittelun edelle. (Day 1995a, 109.) Gibson siirsi kulujen pienentämiseksi tuotantoaan Aasiaan (Hirvonen 2005, 36). Myös Fender rupesi säästämään kuluissaan. Kuitenkin kun japanilaiset kitaranvalmistajat nousivat esille muun muassa Yamaha SG2000-mallillaan, ja osoittautuivat varteenotettaviksi kilpailijoiksi, oli amerikkalaistenkin kitaravalmistajien kohennettava laatuaan (Rautia 2011b).

Vuonna 1985 tarjolla olevien sähkökitaroiden laatuun tyytymätön Paul Reed Smith esitteli oman custom-kitaransa, joka oli muodoltaan Stratocasterin ja Les Paulin välimaastossa (Burruck & Noble 1995, 135). Mallissa oli mahonkirunko vaahterakannella ja liimakiinnitteinen kaula (Burruck & Noble 1995, 136). Samalla vuosikymmenellä Ibanez esitteli oman, suosituksen kitaristin Steve Vain mu-

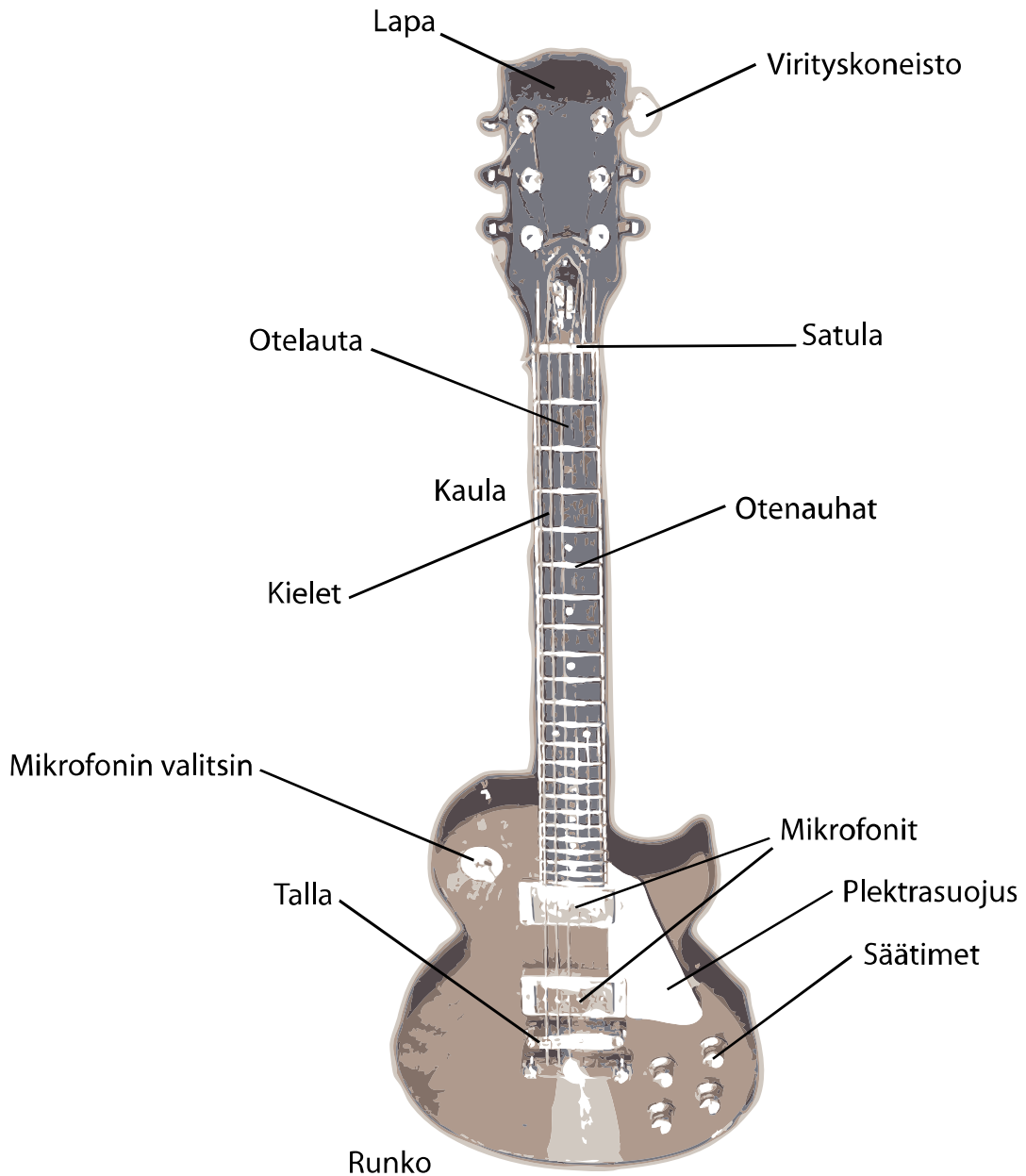
kaan nimetyn mallinsa. Muitakin nimikkomalleja esiteltiin: Muun muassa Jacksonin Randy Rhoads Custom ja Fenderin Yngwie Malmsteenin nimikko-Stratocaster. (Burrluck & Noble 1995, 124.)

1970- ja 1980-lukujen aikana tehtiin tutkimusta uusien materiaalien käytöstä puulajien korvaajina. Ampeg kokeili kitaran materiaaliksi pleksilasia. Tokai taas valmisti 1980-luvun puolivälissä alumiinisen Talbo-mallinsa, joka ei kuitenkaan herättänyt suurta suosiota kuten ei myöskään Gibsonin Sonex-malli, jossa rungossa oli käytetty puun lisäksi hartsia. (Burrluck & Noble 1995, 124-125.)

## 5 SÄHKÖKITARAN RAKENNE JA TOIMINTA

### 5.1 Sähkökitaran rakenne

Kiinteärunkoisen sähkökitaran sydän on magneettinen mikrofoni. Se reagoi suoraan kielten värähtelyihin ja siirtää tämän energian sähköisiksi impulsseiksi, jotka voidaan sitten esimerkiksi vahvistaa ja syöttää kaiuttimiin. Jotta tämä voitaisiin tehdä tehokkaasti, pitää mikrofoniin olla mahdollisimman kiinteästi paikallaan eivätkä rungosta tulevat värähtelyt saa vaikuttaa siihen liikaa. Sähkökitarassa tämä on ratkaistu valmistamalla sähkökitaroihin umpinaiset rungot, jolloin sen kyky siirtää ja vastaanottaa värähtelyjä vähenee. (Denyer 2009, 50.) Kuvassa 8 on havainnollistettu kitaran rakennetta. Kuvan kitara on "Les Paul" -mallinen. Tässä yksilössä on kaksi mikrofonia.



Kuva 8. Sähkökitaran rakenne (Kuva: Janne Ojajärvi.)

## 5.2 Runko

Sähkökitaran rungossa sijaitsevat sen elektroniikka, ohjaimet ja liitännät. Runkoja on olemassa monenlaisia. Niiden muotoilua ei käytännöllisesti katsoen rajoita kuin mikrofonin pysyminen suhteellisen vakaana ja tila välttämättömille sähkökomponenteille. Akustisen kitaran kaikukoppaan verrattuna heikosta värähtelykyvystään huolimatta kiinteärunkoisen kitaran rungon rakennuksessa käytetty materiaali vaikuttaa kitaran ääneen. Mitä tiiviimpi materiaali sen pitempi on soittimen sustain. Ikääntyneet tai kuivatetut puulajit kuten mahonki, päh-

kinäpuu, leppä, saarni ja vaahtera ovat jatkuvasti käytettyjä puulajeja rungon rakennuksessa. Muitakin materiaaleja on käytetty: Esimerkiksi Dan Armstrongin pleksimuovikitarat ja Flaxwoodin luonnonkuitukomposiittikitarat. (Denyer 2009, 50; Hatakka 2010, 43.)

Soitinvalmistaja Gibsonin kitaroiden rungoissa on perinteisesti käytetty tiivistä mahonkia ja vaahteraa. Vaahtera antaa mahonkia paremman sustainin mutta painaa enemmän. Painon pitämiseksi kurissa on vaahteraa käytetty vain rungon etupuolella. Vaikka myös mahonki on suhteellisen painavaa, se kestää melko hyvin erilaisia säiden vaihteluita. (Duchossoir 1981, 56.) Soitinvalmistaja Fenderin kitaroissa runko on ollut perinteisesti saarnia tai leppää (Wheeler 2004, 71-82).

### **5.3 Kaula**

#### **5.3.1 Kaula ja otelauta**

Sähkökitaroiden kaulat ovat hyvin samanlaisia kuin akustisissa kitaroissa. Sähkökitaran kaula kuitenkin liitetään runkoon vapaammin. Sen runkoon on yleensä suunniteltu yksi tai kaksi ”soololovea”, jolloin kaula liittyy runkoon paljon korkeammalta nauhalta. (Denyer 2009, 51.) Kaulalle olennaisin tärkeä ominaisuus on sen jäykkyys. Jos kaula värähtelee, energiaa menee hukkaan, mikä heikentää sustainia. Kaulan jäykkyys lisää myös soinnin attackia. Erityisen taipuisissa kauloissa on myös usein epävakaa vire. (Trynka 1995, 154; Rautia 2011b). Fenderin Stratocaster-mallisissa kitaroissa kaula on perinteisesti ollut vaahteraa ja Gibsonin ”Les Paul” -kitaroissa taas mahonkia ruusupuuisella otelaudalla. Sähkökitaroiden kaulan sisällä on kaulan jäykkyyttä tukeva kaularauta, jota useimmissa kitaroissa voidaan säätää ja näin vaikuttaa kaulan pieniin kallistuksiin. (Trynka 1995, 154.)

Kaulaan kuuluu myös otelauta. Useimmissa kitaroissa se on erillinen viilu puuta, usein ruusupuuta tai eebenpuuta, joka on kiinnitetty kaulan etupuolelle. Otelauta

on jaettu nauhoihin metallisilla paloilla. Joissain kitaroissa otenauhat voivat olla myös samaa puuta kaulan kanssa. Otelauta vaikuttaa kitaran sointiin ja soitettavuuteen. (Denyer 2009, 51.) Esimerkiksi varhaisiin Fenderin valmistamiin kitarihin käytettiin yhdestä puusta valmistettuja kauloja. Näissä puulajina käytetty vaahtera korostaa ylempiä harmonisia kerrannaisia ja sen koetaan tekevän soinnista napsakamman. Myös eebenpuun käyttö otelaudassa vahvistaa ylätaajuuksia. Eebenpuu on tiheää ja voi lisätä kaulan jäykkyyttä. Ruusupuun on vähemmän tiheää kuin eebenpuu tai vaahtera, mutta sen koetaan antavan ”isomman” ja ”pehmeämmän” soinnin. (Trynka 1995, 154.) Tiheä puu otelaudassa lisää myös soinnin sustainia (Wheeler 1978, 50).

Otelaudan vaikutus sointiin riippuu sen paksuudesta. Otelaudan kaarevuus vaikuttaa suoraan soittotuntumaan. Gibsonin kitaroissa on perinteisesti käytetty litteämpää kaarevuutta. Varhaisissa Fenderin kitaroissa kaarevuus oli jyrkempää. Jotkut kitaramallit käyttävät yhdistelmää erilaisista kaarevuuksista eli otelauta on useimmiten litteämpi ylhäällä kaulassa ja sen kaarevuus on jyrkempi lähellä satulaa. (Trynka 1995, 154.)

### 5.3.2 Kaulaliitos

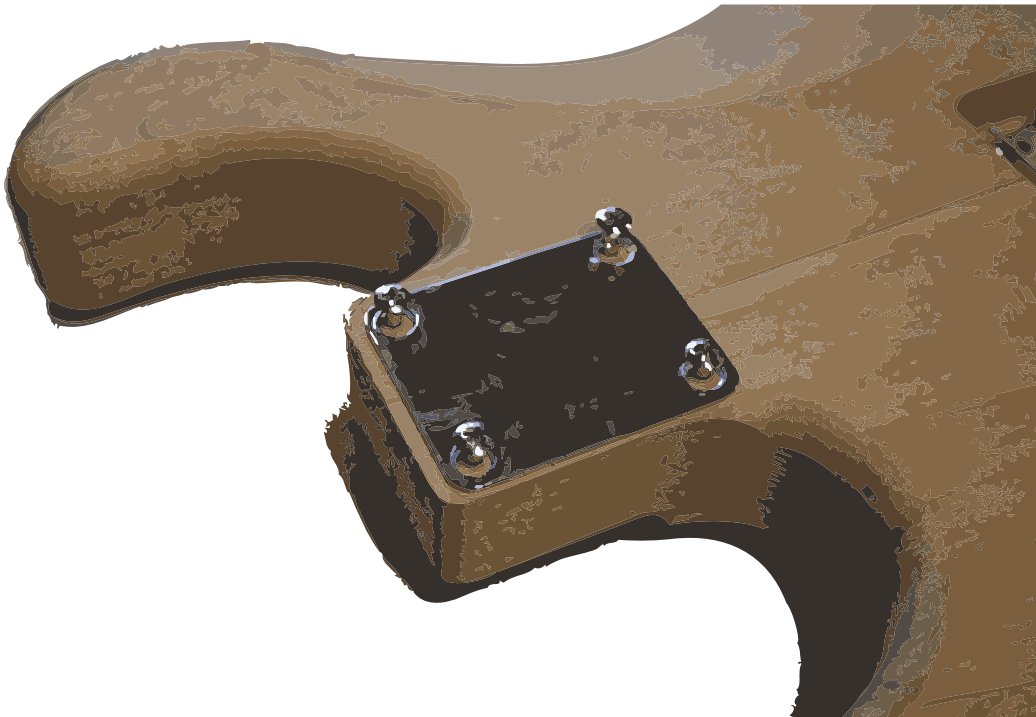
Kaula on kiinni rungossa yleisimmin liimakiinnityksellä (kuva 9), pulttikiinnityksellä (kuva 10) ja käytänteellä, jossa kaula kulkee yhtenäisenä rungon läpi (kuva 11). Nämä kiinnitykset vaikuttavat muun muassa kitaran sustainiin. Tämä tarkoittaa ajan pituutta, jonka ääni soi sen jälkeen, kun kieltä on lyöty. Suoraan rungon läpi menevän kaulan ja liimakiinnityksen koetaan antavan paremman sustainin kuin pulttikiinnityksen. (Denyer 2009, 51.) Kaulaliitoksen sopivuus ja vakaus ovat tärkeitä kitaran soinnin kannalta. Tiukasti pultattu liitos saattaa olla aivan yhtä tehokas kuin liimattu liitos, mutta sen sointi on erilainen. Tämä johtuu sen erilaisesta tavasta, jolla ääni välittyy kaulan ja rungon välillä. Monien kitaravalmistajien mielestä pultattu kaula antaa enemmän attackia, eli nopeamman äänen syttymisen, kun taas liimatun kaulan koetaan antavan tiiviimmän, enemmän sustainia korostavan soinnin. Sointia merkittävämpi tekijä kaulaliitoksien osalta kitaratuotannossa on kuitenkin niiden soveltuvuus massatuotantoon.



Massatuotannossa toimivimmaksi käytänteeksi on koettu pultattu kaula. (Trynka 1995, 155.) Sustain ei myöskään määräydy pelkästään kaulaliitoksesta, vaan siihen vaikuttavat monet muutkin asiat, kuten puun massa ja tiiviys sekä tallan ja satulan materiaali (Denyer 2009, 51).



Kuva 9. Liimakiinnitys (Kuva: Janne Ojajärvi.)



Kuva 10. Pulttikiinnitys (Kuva: Janne Ojajärvi.)



Kuva 11. Rungon läpi menevä kaula (Kuva: Janne Ojajärvi.)

### 5.3.3 Satula ja talla

Satula on pala, jonka yli kielet kulkevat ennen kuin saavuttavat virituskoneiston. Sähkökitaran satula on melko samanlainen kuin akustisen kitaran, mutta joskus se on tehty luun (tai muovin) sijaan metallista sustainin parantamiseksi. (Denyer 2009, 51.)

Talla on osa, johon kielet päättyvät kitaran rungon päässä. Talla on yleensä valmistettu teräksestä tai sinkistä. (Rautia 2011b.) Talloja on kahta päätyyppiä: tremolotalla ja tavallinen talla. Tremolotalla on ripustettu kitaran runkoon jousien varaan, jolloin kielten värähtelyä ei välity runkoon niin paljon kuin tavallisessa tallassa. Tämä lisää soinnin sustainia. Tremolotalla mahdollistaa kielten venyttämisen vibrakammella. (Denyer 2009, 53.)

### 5.3.4 Lapa ja virityskoneisto

Kaula päättyy rungon vastakkaisella puolella lapaan. Lapoja on kaksi päätyyppiä: tasainen kuten Fenderillä ja taaksepäin kallistuva kuten Gibsonilla. Tasaisen lavan etuja on sen parempi vireen pito. Lavan kulma vaikuttaa myös sointiin. Kun Gibson 1970-luvulla pienensi lavan kulmaa, moni koki, että sointi kärsi muutoksessa. (Trynka 1995, 156.)

Lavassa sijaitsee kitaran virityskoneisto. Useimmissa lavoissa on perinteisesti kolme virityskoneistoa molemmin puolin. Fenderin kitaroiden lavassa on kuitenkin kaikki kuusi virityskoneistoa samalla puolella. (Denyer 2009, 51.) Näitä kahhta mallia käytetään useimmiten myös muiden valmistajien kitaroissa.

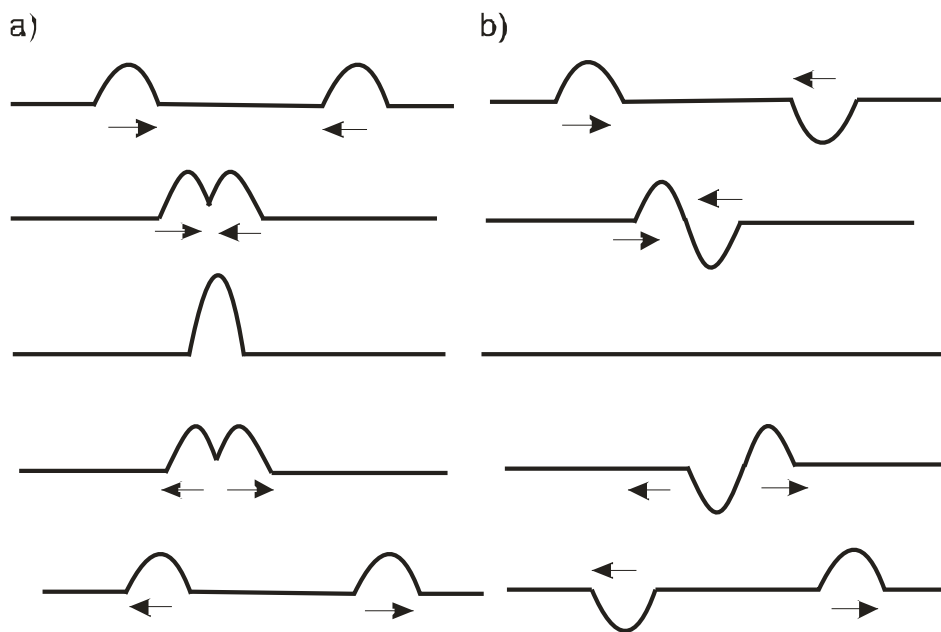
### 5.4 Kielet ja mikrofonit

Sähkökitaran kielet lähtevät rungon puolelta tallasta ja kulkevat sieltä mikrofonien yli otelaudalle, josta ne kaulaa pitkin lopulta saapuvat satulan kautta virityskoneistolle. Sähkökitaroissa käytetään metallisia kieliä, jotta ne toimisivat magneettisten mikrofonien kanssa. Kielet ovat fyysisesti kosketuksissa virityskoneiston lisäksi tallaan ja satulaan, jolloin niiden materiaali vaikuttaa kielten sointiin. (Denyer 2009, 51-52.)

Kielen tarkka värähtelymalli riippuu kitaran konstruktiovasta ja kuinka sitä soitetaan. Jos värähtelymalli on esimerkiksi kahdeksikon muotoinen, se värähtelee avoimella konserttivireeseen viritetyllä A-kielellä 440 kertaa sekunnissa. (Denyer 2009, 52.) Kitaran kielet tuottavat väristessään mikrofonin kelaan heikkoa sähkövirtaa. Vahvistin suurentaa pulssin useita kertoja ennen kuin kaiutin muuttaa sen ääni-aalloiksi. Mikrofonit on asennettu suoraan kitaran runkoon kielten alapuolelle. Sähkökitaroissa on useimmiten yksi, kaksi tai kolme mikrofonia, jolloin soittajalla on mahdollisuus vaikuttaa kitaran tuottaman signaalin sointiin muuttamalla mikrofonien voimakkuuksien suhteita. (Denyer 2009, 51-52.)

## 5.5 Äänen syttyminen

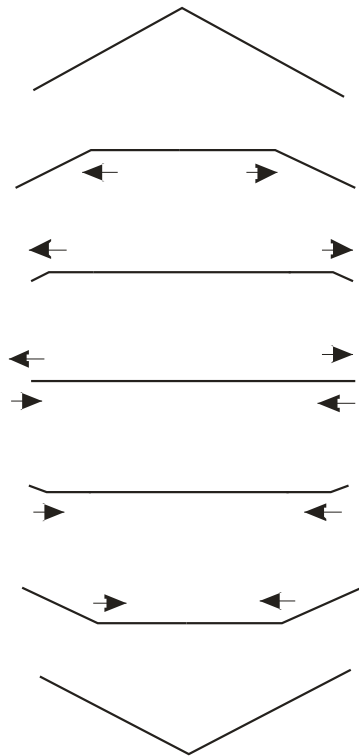
Havainnollistan kielen käyttäytymistä köyden avulla. Jos otetaan köysi ja kiinnitetään sen toinen pää johonkin, otetaan kiinni toisesta päästä ja annetaan sille yksittäinen impulssi liikuttamalla nopeasti köyden päätä ylös ja alas, lähtee impulssi kulkemaan nopeasti sitä pitkin. Impulssin saavuttaessa kielen pään se kimpoaa, tavallaan heijastuu takaisinpäin impulssin lähtöpaikkaa kohti. Kimmonnut impulssi on muilta osin samanlainen kuin originaali, mutta se on käänteinen. Jos kaksi vastakkaisiin suuntiin kulkevaa impulssia törmäävät, ne ohittavat toisensa muuttumattomina. Törmäyskohdissa ne kuvan 12 mukaisesti joko summaavat tai kumoavat toisiaan tietyssä suhteessa riippuen niiden voimakkuudesta, vaiheesta ja taajuudesta. (Rossing 2010b, 12-13.)



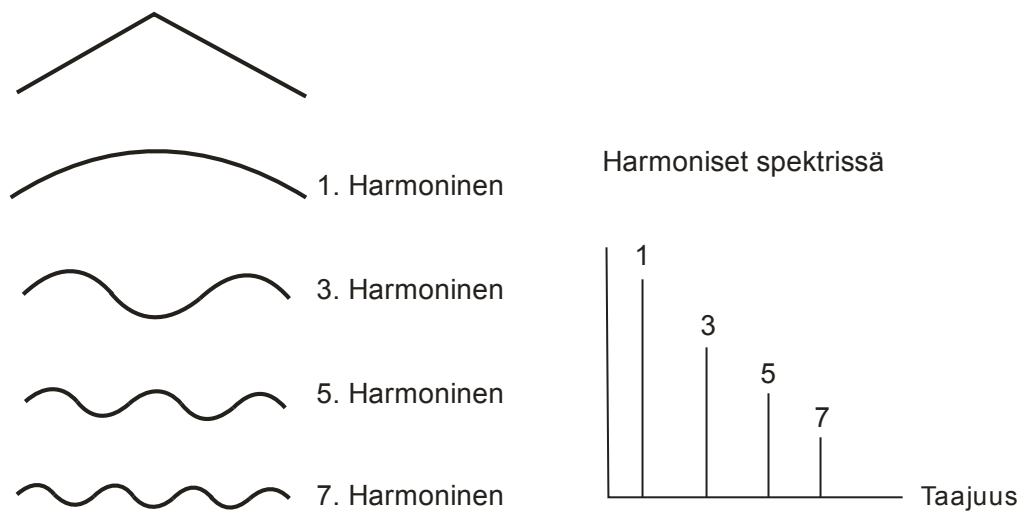
Kuva 12. Impulssien kulku köyttä tai kieltä pitkin. (Kuva: Janne Ojajärvi.)

Kitarassa, jossa kieli on kiinni kummastakin päästä, voi kielen liikkeen ajatella kuvassa 13 havainnollistettuna kahtena impulssina, jotka lähtevät soitettaessa vastakkaisiin suuntiin. Syntynyttä värähtelyä voidaan pitää eri värähtelymoodien yhdistelmänä. Esimerkiksi jos kieltä soitetaan keskeltä, aiheutuva värähtely koostuu perustaajuudesta sekä parittomista harmonisista, kuten kuvassa 14 on havainnollistettu. (Rossing 2010b, 14.) Kielen värähtelyyn vaikuttavat sen kannatuspaikat eli satula ja talli. Löysä kannatus johtaa värähtelyn energian hel-

posti kielestä runkoon, jolloin värähtely vaimenee nopeammin kuin jäykällä kannatuksella. (Rossing & Galdersmith 2010, 39.)



Kuva 13. Kitaran kielen liike soittaessa. (Kuva: Janne Ojajärvi.)



Kuva 14. Kitaran kielen värähtelyn harmoniset kielen keskeltä soittaessa. (Kuva: Janne Ojajärvi.)

## 5.6 Puulajit

### 5.6.1 Puulajit ja kuivaus

Sähkökitaran sointiin vaikuttavat kitarassa käytetyt puulajit. Koska jokainen pala puuta on erilaista, ne myös kuulostavat erilaisilta. Kahden eri puusta valmistetun soittimen akustisen soinnin harmonisten suhteelliset voimakkuudet ovat siis aina erilaiset. (Beament 2001, 44) Tämä tosin korostuu paljon enemmän akustisissa soittimissa kuin sähkökitarassa, jossa sointi muovautuu soittotilanteessa yleensä kitaran mikrofonien takia.

Kitaran puulajien valintaan vaikuttavat muun muassa puiden sointiväriälliset ominaisuudet, vahvuus, kestävyys, paino ja lakattavuus. Myös sen reagointi erilaisiin kosteuden ja lämpötilan vaihteluihin on huomion arvoinen kriteeri. (Denyer 2009, 36.) Pihkaiset puut eivät myöskään ole soitinvalmistajien suosiossa, sillä pihka ei johda hyvin ääntä (Rautia 2011b). Ennen työstöä puu kuivatetaan joko ilmakeivauksella tai uunikeivauksella. Ilmakeivaukseen voi kulua aikaa vuosia, kun taas uunikeivaukseen tarvittava aika on noin 1–4 viikkoa. (Denyer 2009, 36.) Puun keivatus parantaa sen sään- ja kosteudenkestoa. Ilmakeivaus aukaisee myös ajan kuluessa puun solukkoa, jolloin puu alkaa johtaa ääntä hyvin myös muihin suuntiin kuin syiden suuntaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että puu alkaa johtaa paremmin ääntä eli herää herkemmin soimaan. (Rautia 2011b.) Uunikeivaus aukaisee myös puun solukkoa mutta heikentää sen lujuusominaisuuksia. Lujuuden heikkeneminen riippuu keiväyslämpötilasta ja -ajasta (Jämsä & Viitaniemi 1996, 9). Uunikeivauksessa puuhun saattaa myös jäädä jännitteitä, jotka ilmakeivauksessa poistuvat vähitellen. Usein näitä kahta keiväystä käytetäänkin rinnakkain, jolloin puuta ensin uunikeivataan ja sen jälkeen ilmakeivataan. (Rautia 2011b.)

## 5.6.2 Soitinpuiden loppuminen ja puukaupan valvonta

Nykypäivänä tilanne soitinpuiden käytössä on hyvin erilainen kuin 1960-luvulla. Soitinpuiden laatu heikkenee. Parasta soitinpuuta ovat 100–400 vuotta vanhojen tukkien arvokkaimmat palat. Esimerkiksi kaadetusta mahongista vain 10 % soveltuu soitinkäyttöön. Eniten soitinpuiden hidas kasvaminen näkyy eebenpuulajien uhanalaisuutena. Halutuin syvänmusta eebenpuu on käytännössä loppunut. (Hatakka 2010, 47) Esimerkiksi Afrikasta tuleva eebenpuu tulee usein jokien yläjuoksulta, jolloin puiden uittoon tarvitaan painavan eebenpuun lisäksi neljä kevyempää puuta yhteen eebenpuuhun kiinnitettyinä. Eebenpuusta ainoastaan sydänosa eli vain noin viidesosa on käyttökelpoista, ja muu osa on rakennusmateriaaliksi kelpaamatonta. Eebenpuun sydänosasta yksi viidesosa voidaan käyttää soittimiin, ja siitä yksi kymmenesosa on laadukasta. (Koivurova 2011.) Eebenpuun harvinaisuuden ja jatkuvasti kasvavan arvon vuoksi raakamateriaalia kaivetaan jopa eebenpuiden juurista ja kannoista (Kupiainen 2000, 155). Kaikkien kitaramallien puulajit eivät kuitenkaan ole loppumassa. Esimerkiksi Fenderin Stratocaster- ja Telecaster-mallit on tehty pääosin saarnista ja vaahterasta, joita kyllä riittää. (Uhari 2011, 10.)

Kansainvälinen Cites-sopimus pitää huolen, että soitintehtaiden on vaikea käyttää hämärästi hankittua puuta tuotannossaan (Hatakka 2010, 44-47). Sopimus säätelee uhanalaisten lajien kansainvälistä kauppaa. Cites-sopimuksen liitteissä listataan lajeja, joiden kauppa on joko kielletty tai vaatii sopimuksen edellyttämät luvat. Muun muassa Brasilian ruusupuun eli Brasilianpalisanterin kauppa on kokonaan kielletty ja Hondurasin mahongin sekä Amerikan mahongin kauppa on luvanvaraista. (CITES 2011.) Yhdysvalloissa vuonna 2008 laajennetun ”Lacey Act” –lakipaketin ansiosta jokaisen soittimen tai tuotantoerän mukana on täytettävä lukuisia lomakkeita ja jokaisesta pikkuosastakin täytyy olla alkupe-  
räistodistus (Berka 2011, 24).

## 6 TESTAUSALUSTAN SUUNNITTELU

### 6.1 Ennakkotutkimus

TONIC-projektin soitintestausosion keskeisiin tavoitteisiin kuuluu standardoittavan kiinteärunkoisia sähkökitaroita mittaavan testausalustan suunnittelu ja toteutus. Tässä opinnäytetyössä suunnittelen testausalustan ensimmäisen kehitysasteen, joka mittaa vertailevasti sähkökitaroiden kauloja ja kaulaliitoksia. Suunnittelussa oli tarkoitus pohtia mitattavia parametreja, mittaustekniikkaa, mitattavaa soitinta kannattelevan telineen ominaisuuksia ja vaihtoehtoja herätteen eli värähtelyjen aikaansaamiseksi kitaran kielissä ja kaulassa.

Testausalustan suunnittelu alkoi valmiin soitintestaustiedon kartoittamisella. Kävin läpi maailmalta, ennen kaikkea internetistä löytyviä julkaistuja tutkimuksia, joista voisi olla apua kitaran testausalustan suunnitteluun. Pyysin tiedonhakuun neuvoja Aalto-yliopiston teknillisen korkeakoulun akustiikan laitoksen tutkijalta tohtori Henri Penttiseltä ja soitinrakennusmestari, tohtori Jyrki Pölkiltä. He suosittelevat muutamaa hakukonetta, jotka etsivät viitteitä erilaisista akustiikan tutkimuksen julkaisuista, muun muassa "Acta Acustica" -lehdestä. Tutkimuksia löytyi suurimmaksi osaksi viulusta ja akustisesta kitarasta, muun muassa Joseph Curtinin (2002, 1) tutkimus viulujen resonansseista sekä Samo Šalin ja Janez Kopačin (2000, 1) tutkimus akustisten kitaroiden laadun mittaamisesta. Sähkökitaroita käsitteleviä tutkimuksia löytyi muutama. Niissä oli tutkittu erilaisien sähkökitaroiden värähtelymoodeja, vertailtu sähkökitaroita eri vuosikymmeniltä värinämittauksella ja subjektiivisella kuuntelukokeella, sekä tutkittu niin sanottuja "dead spotteja". Dead spot tarkoittaa sävelkorkeutta, jonka soidessa soittimen runko ja kaula resonoivat äänen voimakkuutta vaimentaen. Tällöin ääni sammuu suhteellisen nopeasti. Esimerkiksi Enrico Esposito mittasi kolmea eri Stratocaster-kitaraa, jotka erosivat toisistaan hintaluokan ja valmistusvuoden perusteella, ja vertaili niiden ominaisuuksia muun muassa värinämoodien ja kuuntelutestien perusteella. (Esposito 2003, 126-127.) Soitintestauksesta kertovia kirjoja oli melko niukasti saatavilla, mutta soittimien akustiikasta ja psykoakustiikasta sen sijaan löytyi painettua kirjallisuutta muun muassa Thomas Ros-



singin, Richard Mooren ja Paul Wheelerin ”The Science of Sound” (Rossing 2002), Thomas Rossingin toimittama ”The Science of String Instruments” (Rossing 2010), Jukka Louhivuoren ja Suvi Saarikallion toimittama ”Musiikkipsykologia” (Louhivuori & Saarikallio 2010) ja David Howardin ja Jamie Anguksen ”Acoustics and Psychoacoustics” (Howard & Angus 2009).

## 6.2 Soitintestausryhmän tapaaminen

Kun internetin tietolähteitä oli käyty läpi riittävästi, oli aika kutsua kokoon asiantuntijaryhmä pohtimaan testausalustan suunnitteluun liittyviä kysymyksiä. Asiantuntijaryhmästä käytän tässä opinnäytteessä nimitystä soitintestausryhmä. Se koostui henkilöistä, jotka olivat erilaisten taustojensa kautta läheisesti tekemisissä sähkökitaroiden kanssa ja pystyivät toimimaan luotettavina asiantuntijoina. Lähetin ryhmäläisille löytyneet soitintestaukseen liittyvät tutkimukset sähköpostitse etukäteen ennen tapaamista. Kolmipäiväisen tapaamisen aikana kokosimme listan mitattavista objektiivisista ja subjektiivisista parametreista ja mietimme testausalustan konkreettista rakennetta sekä mittaustekniikkaa.

Tapaamisessa paikalla olevaan soitintestausryhmään kuuluivat lisäksi soitinrakentaja Veijo Rautia Flaxwood Oy:stä, Riffi-lehden soitintestaaja ja -arvostelija Martin Berka, kitara-asiantuntijat Sami ja Juhani Sallinen, Petteri Koljonen Spindeco oy:stä ja muotoilija Heikki Koivurova. Paikalle tähän tapaamiseen eivät päässeet soitintestausryhmäläiset tutkijatohtori Henri Penttinen, soitinrakentajamestarit tohtori Jyrki Pölkki ja tohtori Rauno Nieminen ja ääni-ilmaisun lehtori Juha Linna. Kävin myöhemmin tapaamassa Henri Penttistä Aalto-yliopiston teknillisen korkeakoulun akustiikan laitoksella, jossa kävimme läpi samoja testausalustaan liittyviä asioita.

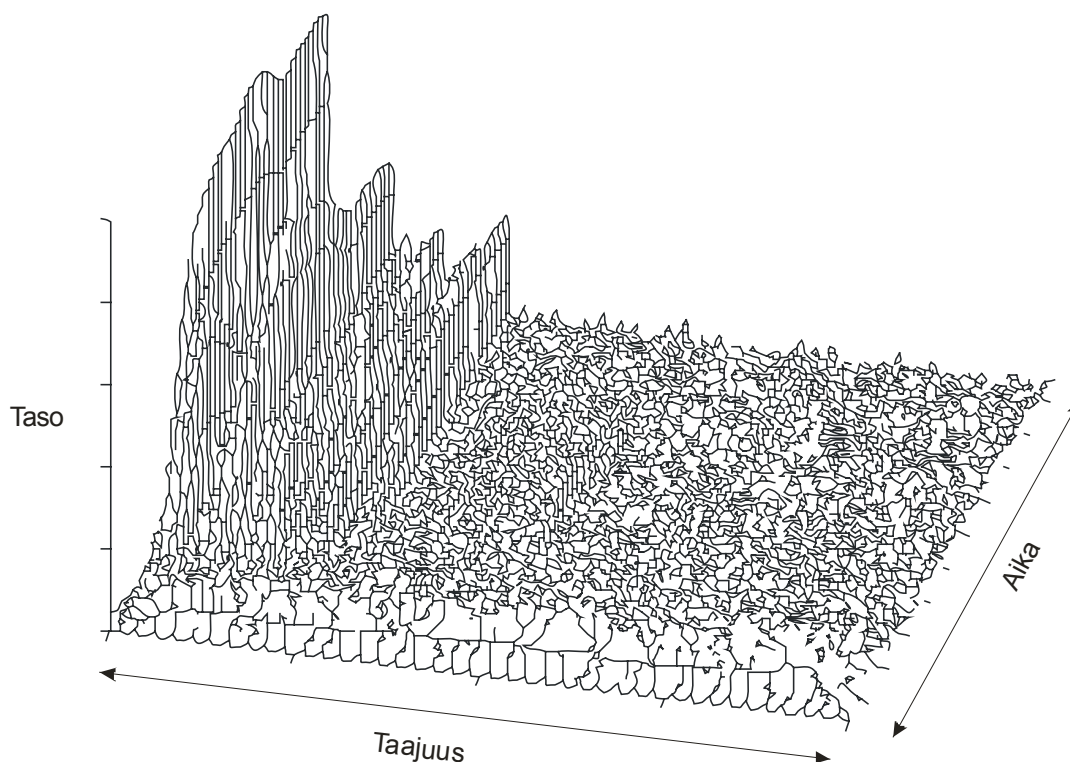
## 6.3 Kiinteärunkoisen sähkökitaran testausalustan suunnittelu

### 6.3.1 Mitattavat ominaisuudet

Soitintestausryhmän tapaamisessa kävimme läpi suunnitelmia ja ehdotuksia myös testausalustan tulevista kehitysasteista, joissa huomioitaisiin myös kitaran soitettavuuteen liittyviä subjektiivisia ominaisuuksia. Myöhemmissä kehitysasteissa myös kitaran kieliä puristava tekniikka ja herätin voisivat olla monipuolisempia. Luvussa 7 käyn läpi valintoja testausalustan ensimmäisen kehitysasteen osalta.

Soitintestausryhmän tapaamisessa keräsimme listaa sähkökitaran sointiin ja fyysisiin ominaisuuksiin liittyvistä mitattavista asioista. Tapaamisessa listattiin seuraavia ominaisuuksia: kitaran ulkomuoto, paino, pituus, leveys, paksuus, jäykkyys, kielen soivan osan pituus, painopiste, tasapaino istuma- ja seisoma-asennossa, vääntölujuus, kaulan relief soittoasennossa, kielten paksuus ja valmistaja, kielten korkeus, kielten ja nauhojen väli, nauhoitus (korkeus, leveys, viimeistely, materiaali), pintamittaus (kiilto, kitka kuivana ja märkänä, lämmönvauraus), viimeistely, lakkaus, vibrakoneisto (tyyppi, materiaali, vibrakammen löyisyys ja asento), dynamiikan skaalan laajuus ja ääriarvot, kielen herätteen suunta ja soiton syvyys. Kaulan relief tarkoittaa kaulan kaarevuutta, jota suoristetaan haluttu määrä kaularaudalla. (Berka ym. 2011.)

Professori Jim Woodhouse (2004, 5) esitti kitaran transientin mittaustapoja tutkiessaan mittauksiaan spektrogrammina. Spektrogrammissa näkyy kuvan 13 mukaisesti sekä verhokäyrä että taajuuskäyrä ajassa. Visuaalisesti spektrogrammi ilmenee kolmiulotteisena käyränä. Myös testausalustaa suunniteltaessa päädyimme spektrogrammin käyttöön. Spektrogrammin verhokäyrästä olisi sitten luettavissa attack, decay, sustain ja release. Release-termiä ehdotettiin käytettäväksi kuvaamaan kitaran rungon värähtelyä kielen sammumisen jälkeen. Spektrogrammista nähdään muun muassa, miten eri osääneket sammuttavat perustaajuuteen verrattuna. (Berka ym. 2011.)



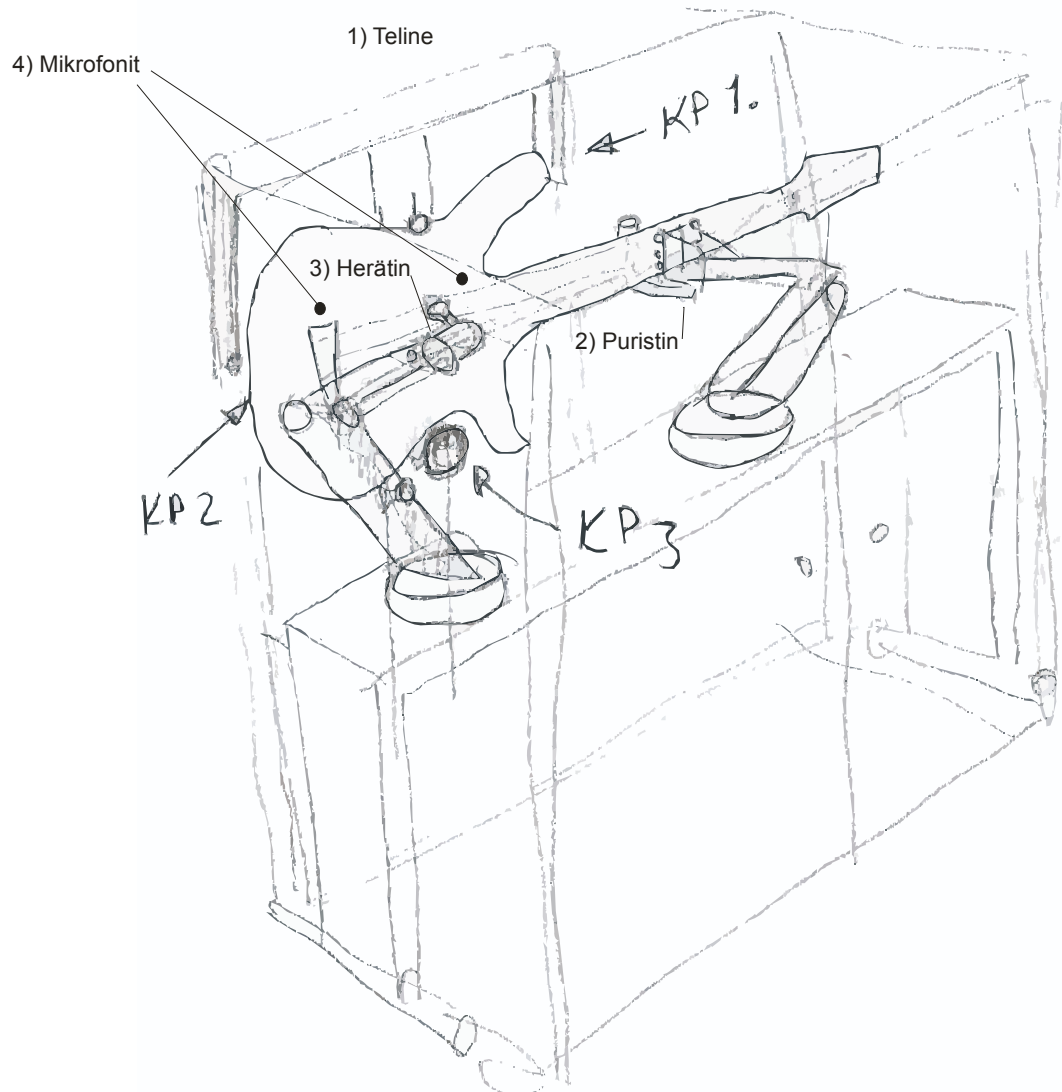
Kuva 13. Spektrogrammi (Kuva: Janne Ojajärvi.)

Kitaran soitettavuus ja sen soitosta saatava aistinvarainen kokemus muokkaavat soittajan mielipidettä soittimesta. Tällaisia subjektiivisia ominaisuuksia listattiin kaulaprofiili, rungon ergonomia, haju ja viimeistely. Soitettavuuden kannalta tärkein mainituista elementeistä on kaulaprofiili, sillä sen kautta soittaja saa tunnuman kitaran. Kaulaprofiiliin vaikuttavat kaulan leveys ja paksuus sekä oteleaudan kaarevuus ja reunojen viimeistely. Viimeistelyyn liittyvät lakkkaus ja lakan lohkeilu ja keinotekoinen vanhennus. Lakkauksesta mainittiin, että joissain kitaroissa hiki kuivuu nopeammin kitaran pinnalla kuin toisissa, mikä ilman muuta vaikuttaa soitettavuuteen esitystilanteissa. (Berka ym. 2011.)

### 6.3.2 Testausalustan teline

João Martins esittää tutkimusraportissaan, että soittimen paikallaan pitämiseen mittausten aikana voisi soveltaa kahta käytäntöä: simuloida soittajan otetta soittimesta soiton aikana tai minimoida ulkoisten vaikuttimien määrän (Martins 2002, 1-6). Löytämässäni tutkimuksissa esiintyi erilaisia testausalustoja, joista joissakin kitaraa piteli ihminen ja toisissa mittauksia varten tehty teline. Esimer-

kiksi Samo Šalin ja Jane Kopačin (1999, 8) tutkimuksessa mitattiin akustisten kitaroiden laatua ja Enrico Espositon mittauksissa (2003, 2) vertailtiin sähkökitaroita eri vuosikymmeniltä. Soitintestausryhmän tapaamisessa pohdittiin, että toistettavuuden takia olisi sopivinta, jos kitaraa pitelisi jonkinlainen teline. Kannatus voisi tapahtua kuvan 14 mukaisesti pääosin kantoremmien ruuveista ja kitaran sivuilta, jolloin mahdollisimman vähän rungon värähtelyjä vaimentuisi sen vaikutuksesta. Henri Penttinen mainitsi, että täytyisi myös huomioida vatsan ja vasemman käden vaikutus oikeassa soittotilanteessa. Kitaran tulisi myös olla mitatessa soittoasennossa eli 90 asteen kulmassa.

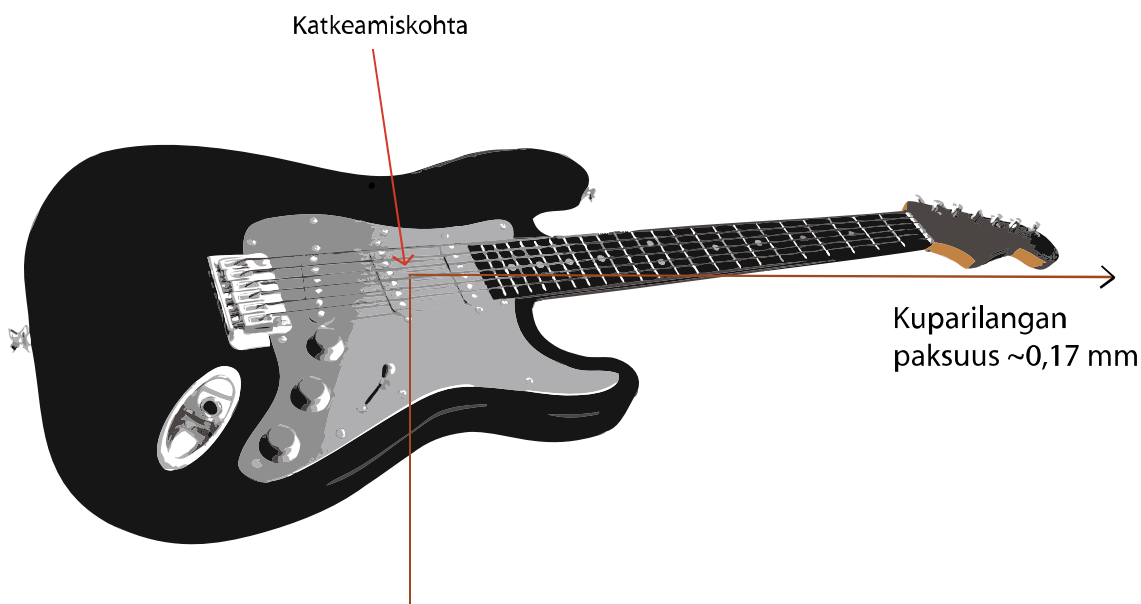


Kuva 14. Testausalustahahmotelma jossa ovat mukana robottikädet (Kuva: Heikki Koivurova & Janne Ojajärvi.)

### 6.3.3 Puristin ja herätin

Testausalustaan kuuluisi myös puristin, joka mahdollistaa useiden sävelten soiton samalta kieleltä. Puristimen puristusvoiman pitäisi olla toistettavissa samanlaisena. Yksinkertaisimmillaan puristin voisi olla capo. Capo on kitaransoitossa käytettävä apuväline, joka painaa kielet alas siltä korkeudelta kaulalta, johon se on asetettu (Denyer 2009, 87). Ehdotettiin myös, että puristimena voisi olla vapaasti ohjelmoitava robottikäsi. Tällainen robotti tallentaisi muistiin puristusvoiman ja koko liikeratansa, jolloin puristustapahtuma olisi toistettavissa tarkalleen samanlaisena. Robotin malliksi ehdotettiin ABB-yhtiön pientä ”IRB 120” -mallia (Kinnunen ym. 2011; ABB 2011). Yksi tapa aikaansaada kieliä painava voima olisi käyttää pieniä painoja, mutta tämä vaatisi että kitara makaisi selällään vaakatasossa (Penttinen 2011).

Testausalustan kolmas osio olisi herätin. Herätin on laite, joka soittaa kitaran kieltä tai kieliä eli synnyttää värähtelyä. Espositon tutkimuksessa herättimenä käytettiin motoroitua puulevyä, johon oli liimattu plektra (Esposito 2003). Šalinin ja Kopačin tutkimuksessa herättimenä toimi mittauksia varten suunniteltu mekaaninen laite (Šali & Kopač 1999, 8). Jim Woodhousen tutkimuksessa värähtely saatiin aikaan kitaran kielessä pujottamalla ohut kuparilanka kielen ympäri. Kuparilangan toisessa päässä oli tietyn painoinen punnus ja toisesta päästä piteli kiinni henkilö. Kuparilangasta vedettäessä se lopulta katkesi ja aiheutunut napsahdus johti kitaran kieleen värähtelyyn, joka toistui samanlaisella kuparilangalla toistettaessa aina samanlaisena. Tällä kuvassa 15 havainnollistetulla metodilla myös herätyksen voimaa ja suuntaa olisi mahdollista muuttaa. Tällöin pystyttäisiin matkimaan tilanteita, joissa soittaja soittaa kieltä eri syvyydeltä tai eri suunnasta (Woodhouse 2004, 2). Henri Penttinen suunnitteli edellä mainitun ohuen kuparilangan paksuudeksi noin 0,17 mm ja painoksi 2 N voimaa, joka vastaa noin 204:ää grammaa (Penttinen 2011). Herättimen rooliin ehdotettiin myös robottia, joka toistaisi herätyksen aina samanlaisena. Robotti myös tallentaisi tiedot muun muassa herätyksen liikeradasta, kulmasta, vauhdista ja voimasta. (Kinnunen ym. 2011.)



Kuva 15. Ohuen kuparilangan katkeamiseen perustuva herätin. (Kuva: Janne Ojajärvi.)

#### 6.3.4 Mittaustekniikka ja -ympäristö

Testausalustassa täytyisi olla myös laitteisto mittauksia varten. Espositon tutkimuksessa mittaus tapahtui laserilla kitaran rungosta (Esposito 2003, 2). Woodhouse ehdotti mittaukseen käytettäväksi kiihtyvyyssanturia tai mikrofonia (Woodhouse 2004, 2). Soitintestausryhmän kokouksessa ehdotettiin mittaukseen kontaktimikrofonia ja referenssiksi kitaran omien magneettimikrofonien poimimaa signaalia (Berka ym. 2011). Henri Penttinen ehdotti alustaviin mittauksiin käytettäväksi pietsomikrofonia ja magneettimikrofonia. Magneettimikrofonia käytettäessä olisi tosin huomioitava käytettävä johto, koska eri johtojen välillä on mitattu huomattaviakin eroja (Penttinen 2011). Mittauksien tallentamiseen ehdotettiin Avid Pro Tools ja Matlab -ohjelmia. Tallennuksen näytteenottotaajuudeksi ehdotettiin suurinta käytettävissä olevaa. Soitintestausryhmän tapaamisessa mainittiin, että maailmalla käytetään tämän tapaisiin mittauksiin Audio Precisionin audioanalysointilaitteita, jotka ovat nykyään eräänlaisia audiomittauskaluston standardeja (Berka ym. 2011).

Mittausympäristölle ehdotettiin vakioituja olosuhteita, jolloin ilman kosteus ja lämpötila olisivat kontrolloituja. Oletusarvoiksi ilman kosteudeksi mainittiin 45 % tai 50 % ja lämpötilaksi 20 astetta. Mainittiin myös, että mittauksien ei välttämät-

tä tarvitse olla kaiuton tai tärinäeristetty tila, sillä kiinteärunkoisen sähkökitaran runko on suhteellisen vähän altis akustisille häiriötekijöille verrattuna vaikka akustiseen kitaraan, joten mittauksia eivät häiritse esimerkiksi seinien läpi kantautuvat matalat ohi ajavien autojen äänet. (Berka ym. 2011.)

### **6.3.5 Esisäädöt ja mittausten dokumentointi**

Tapaamisessa mietittiin, että vertailukelpoisten mittausten aikaansaamiseksi täytyisi soitin ensin säätää samoihin asetuksiin kuin muutkin mitattavat soittimet. Täytyisi tarkistaa, että tulla ja satula ovat oikeilla paikoillaan ja suorittaa humidointi eli tuoda kitaran kosteusprosentti samalle tasolle kuin mittausolosuhteiden. Tämä tapahtuisi antamalla soittimen olla mittausolosuhteiden mukaisissa oloissa niin kauan, kunnes sen kosteusprosentti on sama kuin ympäristön. Jotta tulla ja satula olisivat uskottavasti säädetyt, ehdotettiin että tämä tulisi antaa tehtäväksi henkilölle, joka on tunnetusti taitava alalla. Tässä tapauksessa ehdotettiin käytettäväksi soitinrakentaja Veijo Rautiaa. Mietittiin, että referenssinä mittaukset suoritettaisiin myös kitaran alkuperäisillä kielillä ja säädöillä. Uudet vaihdettavat kielet olisivat joka mittauksessa samaa tyyppiä. (Berka ym. 2011.) Soittimeen vaihdettujen uusien kielten annettaisiin asettua 1–2 päivää, jotta ne venyisivät. Tällöin ne pysyisivät paremmin vireessä mittauksissa. (Penttinen 2011.) Mainittiin myös, että venymistä ei kannattaisi nopeuttaa venyttämällä itse, sillä niihin saattaisi tällöin syntyä ohenemia ennalta arvaamattomiin paikkoihin ja tämä saattaisi näkyä mittauksien tuloksissa (Berka ym. 2011).

Ehdotettiin, että mittaukset dokumentoitaisiin mahdollisimman hyvin, jotta muut projektissa jatkavat pystyisivät toistamaan ne tarkasti. Dokumentoinnista pitäisi saada tekstimateriaalin lisäksi kuva-, ääni- ja videomateriaalia. Mietittiin myös suurnopeuskameran tuoman dokumentaation merkitystä. Tällaisella kameralla pystyttäisiin näkemään kielen värähtely tarkasti ja mahdollisesti vertailemaan soittajan tason vaikutusta värähtelyn käyttäytymiseen. (Berka ym. 2011; Penttinen 2011.)

## 7 TESTAUSALUSTA

### 7.1 Testausalustan ensimmäinen kehitysaste

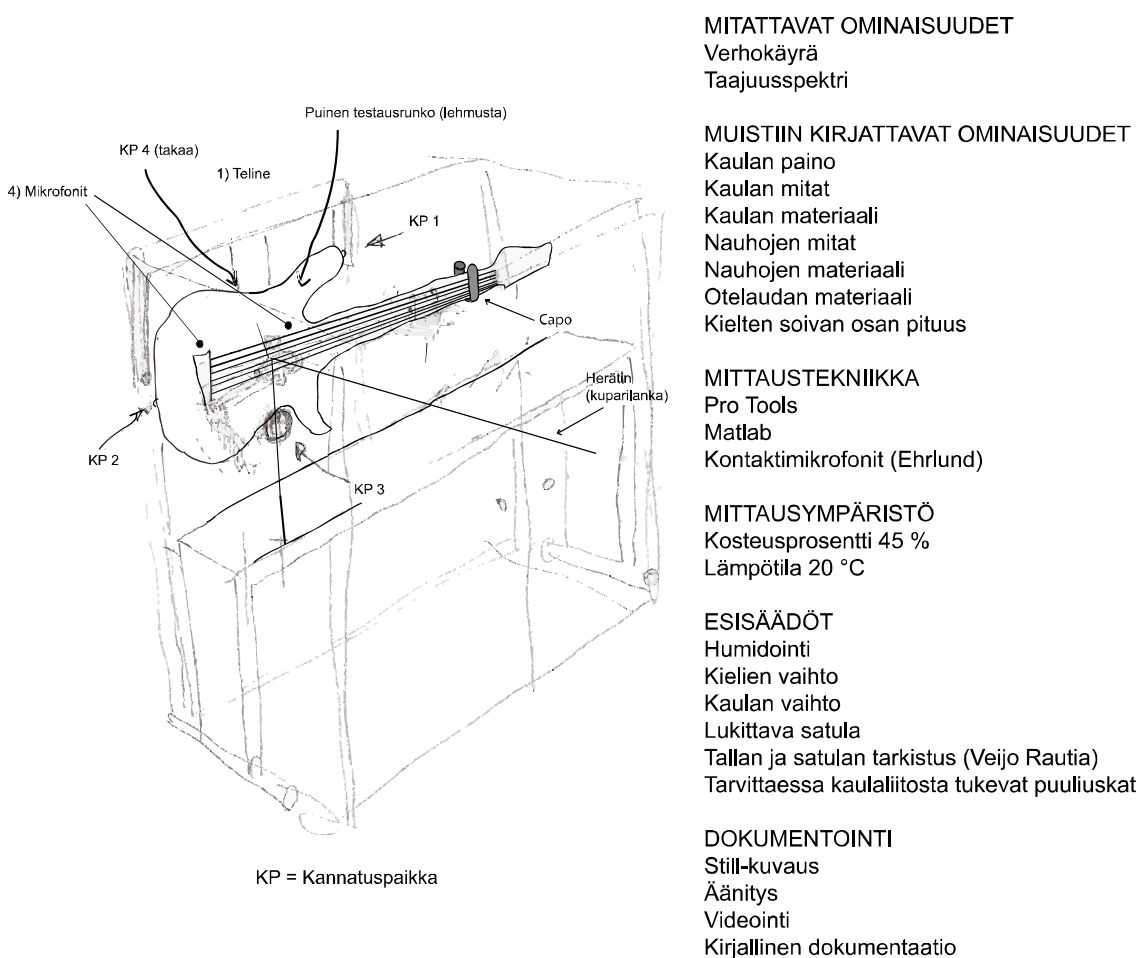
Tässä luvussa kuvaan testausalustan ensimmäisen kehitysasteen tekniikkaa ja metodeita. Kuvan 16 hahmotelmasta selviävät testausalustalla mitattavat konkreettiset ja soinnilliset ominaisuudet, mittaustekniikka, -ympäristö ja dokumentointi, jotka olen alustan ensimmäiseen kehitysasteeseen valinnut. Kitaran ongelmallisin osa, johon on perinteisesti käytetty puumateriaaleja, on kitaran kaula. Vaihtelevissa sääolosuhteissa juuri kaula reagoi puuosista eniten esimerkiksi mahdollisella taipumisella tai huonolla vireen pidolla. Tämän takia muun muassa Flaxwood oy:n toimitusjohtaja Jukka-Pekka Karppinen pohtii, että yhtiö menestyisi paremmin osakokonaisuuksien, kuin kokonaisten sähkökitaroiden valmistuksessa. (Hatakka 2010, 48). Osakokonaisuuksilla hän tarkoittaa erityisesti kitaran kauloja, sillä Flaxwoodin käyttämä luonnonkuitukomposiitti kestää huomattavasti paremmin sääolosuhteita kuin pelkkä puuainees (Rautia 2011b). Uudessa Flaxwoodin Hybrid-mallissa onkin käytetty rungossa puuta ja kaulassa luonnonkuitukomposiittia (Flaxwood 2011). Tämän takia suunniteltavan testausalustan ensimmäinen kehitysaste keskittyisi nimenomaan kitaran kaulojen vaikutukseen sointiin. Lisäksi mittauksissa on tarkoitus vertailla puurunkoisen kitaran puukaulan ja komposiittikaulan kaulaliitoksia.

Kaulojen vertailu suoritetaan vaihtamalla eri kauloja samaan runkoon. Runkona käytetään joka mittauksessa Veijo Rautian valmistamaa Stratocaster-mallista lehmusrunkoa. Kaulat kiinnitetään runkoon pulttikiinnityksellä, koska se on helppoin ja soveliaim kiinnitys kauloja jatkuvasti vaihdellessa. Pulttikiinnitys tapahtuu tässä neljällä ruuvilla. (Rautia 2011b.) Kuvassa 17 on mittauksissa käytettävä lehmusrunko ja kokeilukappale Flaxwoodin luonnonkuitukomposiittikaulasta. Kuvassa näkyvästä kaulasta puuttuvat nauhat, satula ja virittimet, jotka mittaus-tilanteessa ovat mukana kauloissa. Rungon tallella on Stratocaster-tyylinen tremolotalla. Rungossa ei ole mikrofoneja eikä elektroniikkaa. Tällä rungolla tehdyt mittaukset ovat vertailukelpoisia vain samalla rungolla tehtyjen mittausten kanssa.



Soitintestausryhmän kokouksissa ehdotettiin vaihtoehtoa, että kauloja mitattaisiin ilman runkoa. Tätä ei kuitenkaan käytetä tässä tapauksessa, sillä tarkoitus on tutkia kaulan materiaalin vaikutusta rungon värähtelyyn.

Testausalustan ensimmäinen kehitysaste ei huomioi soitettavuuteen liittyviä subjektiivisia ominaisuuksia, sillä niitä ei voida tässä vaiheessa määrittää valmiiksi riittävän tarkasti. Esimerkiksi soittajan sointuotteita ottavan käden vaikutukselle sointiin ei ole olemassa vielä mittaa.



Kuva 16. Hahmotelma testausalustasta. (Kuva: Heikki Koivurova & Janne Ojajärvi.)

## 7.2 Mitattavat ominaisuudet

Testausalustan ensimmäinen kehitysaste mittaa kaulan vaikutusta kitaran sointiin. Kontaktimikrofoneilla saadaan mitattua kitaran sointi verhoikäyrään ja taa-

juusspektriin tai spektrogrammiin, joista näkyvät verhokäyrä sekä taajuudet ajassa. Mittaukset, joissa on heräte mukana, tulee suorittaa virhemarginaalin pienentämiseksi noin kymmenen kertaa.

Subjektiiiviset ominaisuudet kuten kitaran kaulan haju, väri ja tuntuma jäävät pois huomioitavista ominaisuuksista tästä testausalustan ensimmäisestä kehitysstadiosta, sillä ne perustuvat yksilöllisiin mieltymyksiin, joita ei tässä vaiheessa pystytä määrittelemään riittävällä tarkkuudella. Myös hien kuivuminen kaulalla, intonaatio, vireen pito ja tasapaino jäävät pois, sillä ne eivät liity suoraan kitaran sointiin, johon tässä vaiheessa keskitytään.

### **7.3 Teline, puristin ja herätin**

Testausalustan teline on alumiinista valmistettu. Jos kitaraa kannattelisi mittauksissa ihminen, tulisi mukaan monta inhimillistä muuttujaa kuten kannattelijan ruumin muoto, vaatetus ja istuma-asento, jotka mahdollisesti vaikuttaisivat tuloksiin. Alumiininen teline on tarpeeksi helposti työstettävissä ja kuitenkin tarpeeksi jäykkä, ettei se resonoi kitaran taajuuksien mukana. Telineen tulee kantella kitaraa 90 asteen kulmassa pystyssä niin, että kaula osoittaa sivulle päin. Tämä on tärkeää siksi, että eri asennoissa, esimerkiksi selällään maatesassa, kitaran kaulan kontakti runkoon on erilainen. (Penttinen 2011.) Kannatus tapahtuu kitaran hihnan kannattimista ja alemmalta sivulta. Kitara myös nojaa hieman taaksepäin, jolloin rungon takaosan kontakti telineeseen estää runkoa heilumasta herättimen voimasta. Kitaran kaulaa ei kannateta, sillä se heikentäisi kaulan värähtelyjä, joita tässä tapauksessa halutaan tarkastella.

Puristimena toimii capo. Puristettuja kieliä koskevat tulokset ovat vertailukelpoisia keskenään vain, jos niissä on käytetty samanlaista capoa. Capo on huomattavasti edullisempi vaihtoehto testausalustan ensimmäiseen kehitysstadiosta verrattuna robottikäsiin. Ensimmäisen kehitysvaiheen mitattavat ominaisuudet eivät myöskään vaadi tällaista automatisointia. Keskenään samanlaisia capoja on myös riittävän helposti saatavilla.

Herättimenä toimii Jim Woodhousen ehdottama ohuen kuparilangan katkeamiseen perustuva tekniikka, jota olen käsitellyt edellisessä luvussa (Woodhouse 2004, 2). Tässä tapauksessa herättimessä ei käytetä punnusta, vaan toinen pää kuparilangasta kiinnitetään joko testialustaan tai venymäliuskaan, jolla saadaan mitattua langan katkeamiseen käytetty vetovoima. Tämä herätin sopii testialustan ensimmäiseen kehitysasteeseen seuraavista syistä: 1) Se on huomattavasti edullisempi kuin robotteihin perustuva herätin. 2) Sillä saa tutkitusti luotettavia tuloksia. 3) Sen avulla pystytään mittaamaan haluttuja ominaisuuksia. 4) Se mahdollistaa herätteen suunnan määrittämisen ylä- tai alaviistoon. 5) Sen avulla heräte on toistettavissa samanlaisena uudestaan. Kuparilangan katkeamisella pyritään lähestymään mahdollisimman paljon keskimääräistä tapaa, jolla kieli saadaan värähtelemään. Testialustan ensimmäisessä kehitysvaiheessa ei kuitenkaan käytetä plektraa, sillä kuparilangalla saadaan paremmin ja yksinkertaisemmin taattua toistettavuus. Plektraa käyttävä mekaaninen laite vaatisi paljon monimutkaisemman järjestelmän kuin kuparilangan katkeamiseen perustuva heräte.



Kuva 17. Lehmusrunko ja Flaxwood-testikaula. (Kuva: Janne Ojajarvi.)

## 7.4 Mittaustekniikka ja -ympäristö

Mittaus tapahtuu kahdella kontaktimikrofonilla, joista yksi on tallan lähellä ja toinen kauempana tallasta lähellä kaulan ja rungon liitoskohtaa. Tallan lähellä oleva mikrofoni poimii tallan kautta runkoon johtuvaa värähtelyä ja toinen mikrofoni poimii värähtelyä, joka on kulkeutunut jo jonkin matkaa rungossa kaulaliitosta kohti. Mikrofoneja on hyvä olla vähintään kaksi, sillä tarvittaessa niitä voidaan verrata toisiinsa, jos herää epäily toisen mahdollisesta vajaatoiminnasta. Mikrofoneina toimivat Ehlund-merkkiset kontaktimikrofonit. Ehlundin kontaktimikrofonit ovat riittävän neutraaleja mittaamaan rungon värähtelyitä eli ne eivät väritä sointia. (Kinnunen ym. 2011.) Mittausta ei tehdä magneettimikrofonilla, sillä ne eivät poimi rungon värähtelyjä vaan pelkän kielten värähtelyn.

Mittaus nauhoitetaan Digidesignin Pro Tools -ohjelmalla, sillä se on jo valmiiksi projektin käytössä ja riittää mainiosti testausalustan ensimmäiseen kehitysvaiheeseen. Nauhoitukseen käytetään Ehlund-mikrofonien omia etuasteita, Pro Toolsin HD 192 -äänikorttia ja Apogeen 16X-muuntimia, jolloin näytteenottotajuuus voidaan pitää korkealla 192 kilohertsissä (Apogee 2011). Tulosten visualisointiin spektrogrammina käytetään Matlabia.

Testausalusta toimii kontrolloidussa ympäristössä, jossa ilmankosteusprosentti on 45 % ja lämpötila 20° C. Kaiutonta tai äänieristettyä huonetta testausalustalle ei välttämättä tarvita, sillä kiinteärunkoisen sähkökitaran runkoon eivät vaikuta herkästi ulkopuoliset melunlähteet.

## 7.5 Esisäädöt ja mittausten dokumentointi

Ennen mittauksia kitaralle ja kauloille suoritetaan humidointi. Kaulojen vaihdon yhteydessä kitaroihin vaihdetaan uudet kielet, jolloin mahdolliset ennakoimattomat paikoittaiset kielen ohenemat eivät pääse häiritsemään tuloksia. Kielet viritetään ennen mittausta. Koska kielten asettuminen ilman niiden venyttelyä kestäisi kauan, käytetään kauloissa lukittavaa satulaa. Tämä estää uusia kieliä menemästä helposti epävireeseen, sillä vireen epävakaus korostuu satulan yläpuo-

lisella osalla kieliä. Mittauksissa käytetään Elixir-merkkisiä kielisettejä, joiden ylempi E-kieli on 0,10 mm paksu.

Vaihdettujen kaulojen kontaktia runkoon voidaan tarvittaessa vahvistaa puuliuskoilla. Tämä on tarpeen tapauksissa, joissa vaihdettava kaula ei asetu tarpeeksi tukevasti runkoon. Vaikka lisätty puuliuska saattaa vaikuttaa kitaran sointiin, on kuitenkin tärkeämpää, että kaulan kontakti runkoon on hyvä. Lisätty puuliuska on joka tapauksessa verrattain ohut, jolloin mahdollinen soinnin muokkautuminen on pientä ja tuskin näkyä tuloksissa merkitsevästi. (Rautia 2011b.) Kitaran tallan ja satulan paikat ja riittävän asennuslaadun tarkistaa testausalustan ensimmäisessä kehitysasteessa soitinrakentaja Veijo Rautia. Hän hoitaa myös kaulan ja kielten vaihdon.

Jokaisesta mitattavasta kitaran kaulasta merkitään muistiin mitat, paino, kaulan, nauhojen ja otelaudan materiaali, nauhojen mitat, lavan kallistuskulma ja kielen soivan osan pituus eli satulan ja tallan välinen etäisyys. Jotta projektin tulevat mittaajat pystyvät suorittamaan mittaukset tarkalleen samalla tavalla kuin edeltäjänsä, on mittaukset dokumentoitava esimerkiksi video- ja kuvamuodossa. Saatua dokumentaatio on myös välttämätöntä testausalustan seuraavaa kehitysastetta suunniteltaessa.

## 8 POHDINTA

Testausalustan ensimmäinen kehitysaste muotoutui konkreettisesti samantyyliiseksi kuin Šalin ja Kopačin tutkimuksessa mutta sähkökitaralle sovitettuna. Myös mittaus tapahtui eri tekniikalla. Soinnin mittaus verhoikäyrään ja taajuuspektriin lineaarisilla kontaktimikrofoneilla näyttää, mitä eroja soinnissa ilmenee eri kaulojen kohdalla. Ensimmäinen kehitysaste todennäköisesti paljastaa eroja soitinmateriaalien välillä ja tuo ilmi myös Flaxwoodin luonnonkuitukomposiitin ominaisuuksien eroja puumateriaaleihin verrattuna. Nämä erot on sitten mahdollista havainnollistaa numeerisessa tai graafisessa muodossa. Mielenkiintoista on muun muassa se, löytyykö kaulaliitoksista eroja, kun liitetään testausalustan puurunkoon Flaxwoodin luonnonkuitukomposiittikaula tai puukaula. Voisiko liitos olla luonnonkuitukomposiitilla joiltain ominaisuuksiltaan vastaavanlainen tai jopa parempi esimerkiksi sustainin keston tai korkeiden harmonisten voimakkuuden kannalta?

Testausalustan suunnittelussa tehdyt rajaukset ovat vähentäneet tuloksiin vaikuttavia muuttujia, jonka vuoksi mittauksissa pystytään keskittymään haluttuihin ominaisuuksiin eli kitaran kaulojen ja kaulaliitosten eroihin kitaran soinnissa. Mittaustapahtumassa on kuitenkin verrattain paljon vaatimuksia, kuten Veijo Rautian tekemä soittimen esisäätöjen tarkistus. Mittaukset eivät välttämättä ole vertailukelpoisia toisiinsa ilman Rautian esisäätöjä. Tämä tuo myös tietyn määrän inhimillisiä muuttujia mukaan, mutta on parempi vaihtoehto sille, että mittaja itse tekisi esisäädöt. Tällöin harrastelijan tekemien säätöjen vaikutus sointiin saattaisi olla liian suuri ja säätöjen samankaltaisuus eri kauloissa voisi vaihdella.

Kuitenkaan testausalustan ensimmäinen vaihe ei soinnintutkimuksen kannalta vielä kerro kovinkaan paljoa sähkökitaroiden materiaalien vaikutuksesta kitaran soinnin laatuun oikeassa soittotilanteessa. Soinnin laatu on yhä subjektiivinen käsite, josta eri ihmisillä voi olla erilaiset näkemykset. Vastaan tulevat psykoakustiset ominaisuudet eli kuuntelijan ja soittajan kuulemisprosessiin vaikuttavat asiat. Kuuntelu- tai soittokokemukseen vaikuttavat soinnin lisäksi myös kaikki kitaraan ja sointiin liittyvät assosiaatiot. Soittaja voi esimerkiksi ihailia Cream-

yhtyeen kitaroiden sointia ja suosii siksi Gibson Les Paul –kitaroita, jollaista Eric Claptonin käytti soittaessaan Creamissa. Tämän takia hän saattaa pitää Les Paulin sointia parempana ilman sen kummempia perusteluja. Jollekin soittajalle taas kitaran väri voi olla tärkeämpi kuin sointi, jolloin hän soitinkaupassa eri kitaroita kokeiltuaan valitsee kuitenkin sen mahdollisesti huonommin soivan, mutta visuaalisesti miellyttävämmän kitaramallin.

Eroja on myös siinä minkälaisiksi kukin kokee erilaisten musiikkityylien optimaaliset kitaran soinnit. Jokin soinnillinen ominaisuus tai sustain voi olla parempi jossain tietyssä musiikkityylissä kuin jossain toisessa. Sähkökitaran sointiin vaikuttavat sen materiaalien ja signaalitien lisäksi soittajan yksilölliset ominaisuudet. Kitara ei ole työkalu, joka tuottaa ääntä itsenäisesti. Soittajan vaikutuksen sointiin kuulee helposti vertaamalla aloittelevan ja harjaantuneen soittajan kitaralla tuottamia ääniä. Tässä usein korostuu sointuja ottavan käden ote, joka jokaisella soittajalla on erilainen sen vuoksi, että jokaisella soittajalla on erilaiset kädet. Eri soittajat voivat myös olla tottuneet erilaisiin kauloihin, joissa muuttujina ovat muun muassa kaulan paksuus, otelaudan materiaali ja myös kielten korkeus. Tämän lisäksi jokaisella soittajalla on oma tyylinsä soittaa kieliä, mikä saattaa vaihdella soitettavan musiikkityylin mukaan.

Projektin edetessä tarpeeksi pitkälle voi mukaan testausalustan mittaustekniikkaan tulla myös robottien hyödyntäminen herätteessä ja puristimessa. Tämä karsisi inhimillisiä muuttujia pois ja nopeuttaisi mittaustilannetta sekä toisi metodin lähemmäksi standardoitavaa ratkaisua. Robotin ohjelmointi tosin vaatii paljon ennakkotyötä ja ohjelmointitaitoja. Inhimillisiä muuttujia vähentäisi myös mahdollisuus mitata vertailevasti koko sähkökitaraa ilman kaulojen vaihtelua. Tämä todennäköisesti tulee kuulumaan johonkin seuraavista testausalustan kehitysversioista. Lisäksi testausalustan tulevat versiot voisivat mitata myös kitaran materiaalien muuttumista ilman lämpötilan ja kosteuden mukaan. Tulevaisuudessa testausalustan versioissa voitaisiin ottaa huomioon myös subjektiiviset ominaisuudet. Tämä voisi tapahtua selvittämällä erilaisista mielipiteistä keskimääräiset mieltymykset. Tähän tarvittaisiin jonkinlaisia kontrolloituja testitilaisuuksia, joissa valitut kitaristit soittaisivat vuorotellen testikitaraa eri kauloilla esimerkiksi silmät sidottuna, jotta soittaja ei tunnistaisi kaulan materiaalia ja keskittyisi arvi-

oimaan sointia ja soitettavuutta. Testien tuloksia voisi sitten verrata mittaustuloksiin ja mahdollisesti tehdä jotain johtopäätöksiä. Subjektivistista tutkimusta tehdessä muuttujien määrä on kuitenkin valtava, ellei loputon, joten rajauksia joudutaan tekemään soittokokemuksen huomioon ottavaa testausalustaa suunnitellessa runsaasti. Jos tutkimus kuitenkin jatkuu tarpeeksi kauan ja täydentää riittävästi valtavaa tietopankkia soittajien mieltymyksistä sointiin, voi se pitkällä tähtäimellä johtaa myös tiettyjen sointia kuvaavien termien käytön vakiintumiseen, jolloin tietty kuvaava sana voisi tarkoittaa esimerkiksi tietyn määrän tietysässä suhteessa toisiinsa nähden esiintyviä osäänneksiä sisältävää ääntä.

Jos jokin testausalustan tulevista kehitysversioista onnistutaan standardisoimaan, antaa se lisää toivoa uusille soitinpuiden korvikkeiden löytämiselle ja kehittämislle. Standardoidulla testausalustalla pystyttäisiin myös tarkasti selvittämään tietyn soittimen tietyt, esimerkiksi sointiin liittyvät ominaisuudet ja ilmoittamaan ne muun muassa internetissä soittimia myyvän kaupan internetsivuilla. Tällainen mahdollisuus muuttaisi kansainvälistä soitinkauppaa merkittävästi ja auttaisi soittimen ostajaa löytämään itselleen sopivimman instrumentin. Tämä tosin vaatisi, että testausalustalla pystyttäisiin mittaamaan soittimesta tarpeeksi soittajan kannalta olennaisia ominaisuuksia.

Opinnäyte vaati syvällistä ja soveltavaa perehtymistä akustiikkaan, soitinakustiikkaan ja soitinten psykoakustiikkaan. Suoraan sähkökitaran akustiikkaa käsitteleviä julkaisuja oli tarjolla niukasti ja löytyneet sähkökitaraa käsittelevät lähteet keskittyivät suurilta osin sähkökitaran mikrofoneihin. Sähkökitaran materiaalien vaikutusta äänen tutkimuksessa ei ilmeisesti pidetä kovinkaan merkittävänä asiana. Materiaali vaikuttaakin ehkä enemmän, jos mukaan lasketaan myös soittajan soittokokemus ja tuntuma.

Testausalustan konkreettisten mittausten on määrä alkaa samaan aikaan kuin opinnäytetyöni valmistuu, joten mittaustuloksiin tai niiden analysointiin en tässä työssäni keskittynyt. Mittaustapahtumassa tehtyjen johtopäätösten valossa saattaa myös testausalustan ensimmäinen kehitysaste muuttua vielä esimerkiksi jos jokin osio siitä todetaan turhaksi tai toimimattomaksi tai jos löydetään tarpeita osion kehittämislle.



## LÄHTEET

- ABB. 2011. IRB 120.  
<http://www.abb.com/product/seitp327/be2eef38406eaca4c125762000319182.aspx>. 5.5.2011.
- Apogee. 2011. <http://www.apogeedigital.com/products/x-series.php>. 17.5.2011.
- ANSI, 1994. ANSI S1.1-1994, American Standard Acoustical Terminology. New York: American National Standards Institute.
- Bacon, T. 1995. Fender and Mass Production. Teoksessa Trynka, P. (toim.) *The Electric Guitar: An Illustrated History*. San Francisco: Chronicle Books, 54–59.
- Black, C. 2005. *The Sense of Hearing*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Beament, J. 2001. *How We Hear Music*. Woodbridge: The Boydell Press.
- Berka, M. 2011. Soitinpuu loppuu – mitä tehdään? *Riffi* 1/2011, 24-25.
- Buen, A. 2010. What Is Old Italian Timbre? Teoksessa Goebel, W. (toim.) *Proceedings of the Second Vienna Talk on Music Acoustics*. Vienna: Institute of Musical Acoustics, 31–34.
- Burrluck, D. & Noble, D. 1995. The 80's: From Techno-metal to Grunge. Teoksessa Trynka, P. (toim.) *The Electric Guitar: An Illustrated History*. San Francisco: Chronicle Books, 122–141.
- CITES. 2011. Tree species evaluation using the new CITES listing criteria. [http://www.cites.org/eng/prog/criteria/1st\\_meeting/trees.shtml](http://www.cites.org/eng/prog/criteria/1st_meeting/trees.shtml). 4.5.2011.
- Curtin, J. 2002. Good Vibrations. *The Strad* 6/2009, 44-47.
- Day, P. 1995a. The Rise of the Copy. Teoksessa Trynka, P. (toim.) *The Electric Guitar: An Illustrated History*. San Francisco: Chronicle Books, 108–109.
- Day, P. 1995b. Yamaha SG2000. Teoksessa Trynka, P. (toim.) *The Electric Guitar: An Illustrated History*. San Francisco: Chronicle Books, 110–113.
- Denyer, R. 2009. *Suuri kitarakirja*. Helsinki: WSOY.
- Denyer, R. 1995. *The Guitar Handbook*. Lontoo: Pan Books.
- Dodge, G. & Jerse, T. 1997. *Computer Music: Synthesis, Composition, and Performance*. New York: Schirmer Books.
- Duchossoir, A. 1981. *Gibson Electrics*. Milwaukee: Hal Leonard Corporation.
- Esposito, E. 2003. A Comparative Study of the Vibro-acoustical Behaviour of Electric Guitars Produced in Different Decades. *Stockholm Music Acoustics Conference vol. 1*, 6-9.8.2003. Tukholma: KTH Royal Institute of Technology, 125-128.
- Flaxwood. 2011. <http://www.flaxwood.com>. 17.5.2011.
- Gough, C. 2010. Electric Guitar and Violin. Teoksessa Rossing, T. (toim.) *The Science of String Instruments*. New York: Springer, 393-416.
- Hatakka, H. 2010. Sellu soikoon. *Talouselämä* 43/2010, 42–48.
- Hirvonen, S. 2005. Gibson Les Paul: Kitaroiden kuningas. *Rytmi* 2/2005, 34–36.
- Howard, D. & Angus, J. 2009. *Acoustics and Psychoacoustics*. Fourth Edition. Oxford: Focal Press.
- Jämsä, S. & Viitaniemi, P. 1996. *Puun modifiointi lämpökäsittelyllä*. Espoo: VTT.
- Järveläinen, H. 2010. *Psykoakustiikkaa*. Teoksessa Louhivuori, J. & Saarikallio, S. (toim.) *Musiikkipsykologia*. Jyväskylä: WS Bookwell Oy, 33–45.
- Kankaanpää, V. 1995. Sointivärin käsite musiikin kuvaajana. Kaija Saariahon

- sointivärikäsitykset ja niiden ilmeneminen soolohuiluteoksessa *Laconisme de l'aile*. Teoksessa *Musiikki* 3/1995. Helsinki: Suomen musiikkiteollinen Seura, 218–248.
- Kupiainen, J. 2000. Tradition, Trade and Woodcarving in Solomon Islands. Helsinki: Suomen Antropologinen Seura.
- Laaksonen, J. 2006. Äänityön kivijalka. Helsinki: Riffi-julkaisut.
- Langner, G. 2007. Jaksollisten signaalien muokkautuminen ajassa. Teoksessa *Mantere, M. & Uimonen, H. (toim.) Etnomusikologian vuosikirja 19*. Helsinki: Suomen Etnomusikologinen Seura, 213–235.
- Louhivuori, J. & Saarikallio, S. (toim.) 2010. *Musiikkipsykologia*. Jyväskylä: WS Bookwell Oy.
- Mottola, R. 2007. Sustain and Electric Guitar Neck Joint Type. *American Lutherie* 91/2007, 52
- Rossing, T. & Galdersmith, G. 2010. Guitars and Lutes. Teoksessa *Rossing, T. (toim.) The Science of String Instruments*. New York: Springer, 19–46.
- Rossing, T., Moore, F. & Wheeler, P. 2002. *The Science of Sound: Third Edition*. San Francisco: Pearson Education.
- Rossing, T. (toim.) 2010a. *The Science of String Instruments*. New York: Springer.
- Rossing, T. 2010b. Plucked Strings. Teoksessa *Rossing, T. (toim.) The Science of String Instruments*. New York: Springer, 11–18.
- Šali, S. & J. Kopač. 2000. Measuring the Quality of Guitar Tone. *Experimental Mechanics* 40/2000, 242–247.
- Serra, M.-H. 1997. Introducing the Phase Vocoder. Teoksessa *C. Roads, S. T. Pope, A. Piccialli & G. De Poli (toim.) Musical Signal Processing*. Lisse: Swets & Zeitlinger, 31–90.
- Tiede. 2011. Stradivariuksessa soi puun suoja-aine. [http://www.tiede.fi/uutiset/2745/stradivariuksessa\\_soi\\_puunsuoja\\_aine](http://www.tiede.fi/uutiset/2745/stradivariuksessa_soi_puunsuoja_aine). 27.5.2011.
- Trynka, P. 1995a. Design Anatomy. Teoksessa *Trynka, P. (toim.) The Electric Guitar: An Illustrated History*. San Francisco: Chronicle Books, 152–157.
- Trynka, P. 1995b. Gibson ES150. Teoksessa *Trynka, P. (toim.) The Electric Guitar: An Illustrated History*. San Francisco: Chronicle Books, 14–17.
- Uhari, M. 2010. Yhteistyö mahdollista. *Karjalainen* 20.11.2010, 10.
- Unkari-Virtanen, L. 1998. Voiko sointi olla väri? Teoksessa *Vierimaa, I., Kilpeläinen, K. & Sivu-oja-Gunaratnam, A. (toim.) Siltoja ja synteesejä: Esseitä semiotiikasta, kulttuurista ja taiteesta*. Helsinki: Gaudeamus, 340–346.
- Wheeler, T. 1978. *The Guitar Book*. New York: Harper & Row.
- Wheeler, T. 2004. *The Stratocaster Chronicles*. Milwaukee: Hal Leonard Corporation.
- Woodhouse, J. 2004. Plucked Guitar Transients: Comparison of Measurements and Synthesis. *Acta Acustica* 90/2004, 945–965.

**Tutkimusaineisto, tekijän hallussa:**

- Berka, M., Koivurova, H., Ojajärvi, J., Rautia, V., Sallinen, J. & Sallinen, S. 2011. TONIC-projektin soitintestausryhmän kokous. Nauhoitettu kokous. 18.3.2011 & 19.3.2011.
- Kinnunen, H., Koivurova, H. & Ojajärvi, J. 2011. Keskustelumuistiinpanot. 1.4.2011.
- Koivurova, H. 2011. Nauhoitettu haastattelu. 5.5.2011.
- Penttinen, H. 2011. Nauhoitettu haastattelu. 4.4.2011.
- Rautia, V. 2011a. Nauhoitettu haastattelu. 3.3.2011.
- Rautia, V. 2011b. Nauhoitettu haastattelu. 5.5.2011.

## Testausalustan suunnitteluun ehdotetut vaihtoehdot

Testausalustan ensimmäiseen kehitysasteeseen valitut vaihtoehdot on korostettu tekstin lihavoinnilla.

### TELINE

- Soittajan otteen simulointi
- **Ulkoisten vaikuttimien määrän minimointi**
- Ihminen kannattelemassa
- **Teline**
- Kannatus sivuilta
- **Kannatus yhdeltä sivulta**
- **Kannatus takaa**
- **Mittauskulma 90**
- Kitara mitattaessa selällään
- Koko kitaran mittaus
- **Kaulan mittaus**

### KAULOJEN MITTAUS

- **Puinen testausrunko**
- Mittaus ilman runkoa
- **Pulttikiinnitys**

### PURISTIN

- **Capo**
- Robotti
- Painot

### HERÄTIN

- Puulevyyn liimattu plektra
- Mekaaninen painovoimaan perustuva heiluri
- **Kuparilanka**
- Punnus
- Robotti

### MITTAUSTEKNIikka

- Laser
- **Kontaktimikrofonit**
- Magneettimikrofonit
- Pietsomikrofonit
- **Matlab**
- **Protools**
- Audio Precision system

### KAULAN FYYSISET OMINAISUUDET

#### MUISTIIN

- Ulkomuoto
- **Paino**
- **Mitat**
- **Materiaali**
- **Otelaudan materiaali**
- Jäykkyys
- **Kielen soivan osan pituus**
- Painopiste

- Tasapaino seisoma-asennossa
- Vääntölujuus
- Kaulan relief soittoasennossa
- Kielten paksuus ja valmistaja
- Kielten korkeus
- Kielten ja nauhojen väli
- **Nauhoitus (mitat, materiaali)**
- Vibrakoneiston ominaisuudet
- Dynamiikan skaalan laajuus ja ääriarvot
- Kielen herätteen suunta
- Soiton syvyys

### SOINNIN MITTAUS

- **Verhokäyrä**
- **Taajuusspektri**

### SUBJ. OMINAISUUDET

- Kaulaprofiili
- Rungon ergonomia
- Haju
- Viimeistely
- Hien kuivuminen pinnalta

### SUBJ. SOINNIN OMINAISUUDET

- Soittokokeet

### MITTAUSYMPÄRISTÖ

- **Kosteus 45 % – 50 %**
- **Lämpötila 20 °C**
- Kaiuton tila
- Tärinäeristetty tila

### ESISÄÄDÖT

- **Humidointi**
- Mittaus alkuperäisillä säädöillä
- Kielten venyttely
- Kielien asettuminen 1-2 päivässä
- **Lukittava satula**
- **Kielten vaihto**
- **Tallan ja satulan tarkistus (Veijo Rautia)**
- **Kaulojen vaihto**
- **Kaulaliitosta tukevat puuliuskat tarvittaessa**

### DOKUMENTOINTI

- **Still-kuvaus**
- **Äänitys**
- **Videointi**
- **Kirjallinen dokumentointi**