ÄÄNENLAADUN ARVIOIMINEN, ASIANTUNTIJUUS JA ERILAISET SOKKOKUUNTELUMENETELMÄT

Mikael Nederström

Kognitiotieteen pro gradu –tutkielma

Psykologian laitos

Käyttäytymistieteellinen tiedekunta

Helsingin yliopisto

Maaliskuu 2004

Kiitokset

Tämän työn on mahdollistanut HIFI-lehden innostava myötävaikutus sekä lehden laboratorion ja sen laitteiden käyttömahdollisuus. HIFI-lehden Pekka Tuomela on avustanut kuuntelukokeiden suorittamisessa, ideoimisessa ja käytännön järjestelyissä, mistä esitän suuret kiitokset. Lisäksi kiitän kokeessa tarvittavien laitteiden lainasta Heikki Sikasta (Hifi Guru), Jan Kansanahoa (B&W Loudspeakers Finland) sekä Jamo Finlandia. Artikkeleiden etsimisestä ja lainaamisesta olen kiitollinen Gradientin Jorma Salmelle ja Jouko Alangolle. Erityiset kiitokset kuuluu tutkimukseen osallistuneille kärsivällisille koehenkilöille sekä kaikille tutkimusta sitkeästi kommentoineille ja korjanneille, kuten ohjaajalle, professori Christina Krauselle ja amanuenssi Otto Lapille.

1. JOHDANTO....3

1.1 Tutkimuksen rakenne....4
1.2 Äänenlaadun tutkimisen menetelmiä ja perinteitä....4
1.2.1 Mitä hifi on?....7
1.2.2 Äänenlaadun arvioimisen ikuisuusongelma: mittaaminen vai kuuntelu?....8
1.3 Tämän tutkimuksen tavoitteet....10

2. ASIANTUNTIJUUS, MUISTI JA HAVAINTO-OPPIMINEN....12

2.1 Asiantuntijuuden yleiset piirteet....12
2.1.1 Harjoittelu, aistinvarainen asiantuntijuus ja ärsykkeen prosessointi....14
2.1.2 Tiedon vaikutus kuuloärsykkeen prosessointiin....15
2.2 Muistin osuus asiantuntijuudessa....17
2.2.1 Muistin ja asiantuntijuuden yhteys....18
2.2.2 Muistin rakenne ja painotus asiantuntijuustutkimuksessa....18
2.2.3 Muistitutkimuksen tulosten huomioiminen erilaisissa äänenlaatukoeasetelmissa....21
2.3 Havainto-oppiminen....23
2.3.1 Havainto-oppiminen ja äänenlaadun arvioiminen....25
2.3.2 Asiantuntijuuden siirrettävyys ja havainto-oppiminen....26

3. LUOTTETTAVAN KUUNTELUKOKEEN SUUNNITTELU....27

3.1 Erilaiset sokkokuuntelumenetelmät....27
3.1.1 AB-testi....27
3.1.2 ABX-testi....29
3.2 Kuuntelukokeen käytännön kysymykset....30
3.2.1 Äänenlaatuun vaikuttavat ei-auditiiviset tekijät....31
3.2.2 Koehenkilöiden valinta: musiikin vai äänenlaadun asiantuntijuus?....32
3.2.3 Missä ja miten hifilaitteiden kuuntelemisen pitäisi tapahtua?....34
3.3 Tilastollisen tunnistamiskokeen tulkintaongelmat....37
3.3.1 Tilastollisen tuloksen tulkitseminen....37

4. MENETELMÄT....40

4.1 Koehenkilöt....40
4.2 Kokeen kulku....42
4.2.1 AB-kuuntelu ja äänen kuvaileminen tutussa ympäristössä....43
4.2.2 ABX-kuuntelu ja äänen tunnistaminen tuntemattomassa ympäristössä....46
4.3 Vertailussa käytetyt vahvistimet....46
4.4 Ärsykkeet....47
4.5 Tulosten kerääminen ja analyysi....48

5. TULOKSET....48

5.1 Tulokset AB- ja ABX-testissä....48

6. POHDINTAA....51

6.1 Tulosten tarkastelua....51
6.1.1 AB-testin tulosten tarkastelua....52
6.1.2 ABX-testin tulosten tarkastelua ja testitulosten vertailua....53
6.2 Johtopäätökset ja jatkotutkimusmahdollisuuksia....55

7. LÄHTEET....57

LIITE 1: KUUNTELUARVIOLOMAKE....63

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen rakenne

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan hifitason äänentoistolaitteiden kuunteluun liittyvää asiantuntijuutta ja erilaisten sokkokuuntelukokeiden problematiikkaa. Tutkimus jakautuu kahteen erilliseen osaan, teoreettiseen (luvut 2-3) ja empiiriseen (luvut 4-6). Laajennetussa teoreettisessa osassa tarkastellaan sitä psykologista taustaa, jonka ymmärtäminen on välttämätöntä äänenlaadun asiantuntijuuden määrittelemisen ja kuuntelukokeen problematiikan ymmärtämisen kannalta. Empiirinen osa koostuu kaksiosaisesta kuuntelukokeesta, jonka tarkoitus on vastata teoreettisen osan herättämiin kysymyksiin äänenlaadun arvioinnin asiantuntijuuden luonteesta, siirrettävyydestä ja erityispiirteistä.

Kognitiivisen psykologian viitekehyksessä tapahtuvan, äänenlaadun kuvailemiseen ja kuuntelun liittyvän tutkimuksen vähäisyydestä johtuen mukaan on otettu soveltuvin osin hyvin erityyppisiä kirjallisuuslähteitä. Muihin aistimodaliteetteihin liittyvää tutkimusta sovelletaan valikoiden ja käytettyjen analogiapäätelmien hypoteettinen luonne huomioiden. Myös tiettyjä hifilaitteiden fysikaaliseen mittaamiseen liittyviä ongelmia sivutaan lyhyesti. Tutkimuksessa pyritään huomioimaan ensisijaisesti äänen korkeamman tason kognitiivinen käsittely ja erityisesti asiantuntijuuden yhteys siihen. Myös matalan tason kuuloprosesseja sivutaan lyhyesti niiltä osin, kuin se on aiheen ymmärtämisen kannalta välttämätöntä. Äänen luonteeseen ja tulkintaan liittyvät mielenfilosofiset ja olemukselliset ongelmat sivuutetaan kokonaan.

1.2 Äänenlaadun tutkimisen menetelmiä ja perinteitä

Ääntä voidaan yksinkertaisimmillaan kuvailla kahdella erilaisella tasolla: fysikaalisena aaltoliikkeenä ilmassa tai subjektiivisena[1], ihmisen kokemana kuulohavaintona (Goldstein 2002, s.333; Plomp 2002, s.1). Kuvauksen taso riippuu olennaisesti siitä, missä kontekstissa ja miksi ääntä halutaan tutkia. Mikäli tarkoitus on suorittaa esimerkiksi akustisia mittauksia, on äänen fysikaalinen malli usein yksinkertaisempi, koska tällöin ei tarvita tietoa äänen kokemuksellisesta ja subjektiivisesta puolesta. Mikäli taas on tarkoitus keskittyä ihmisen kuulohavainnon tutkimiseen ja psykoakustiikkaan, on välttämätöntä ottaa huomioon myös äänen inhimillinen prosessointi.

Äänen luonteen kaksinaisuus näkyy havainnollisesti esimerkiksi siinä, että sävelkorkeuteen liittyvissä tutkimuksissa käytetään eri mittayksikköä äänen korkeudelle riippuen siitä, onko kysymys fysikaalisesta ja objektiivisesta äänen värähtelytaajuudesta, jolloin yksikkönä on hertsi vai kokemuksellisesta sävelkorkeudesta, jolloin yksikkönä on mel (Zwicker & Fastl 1999, s.112). Äänen voi siis sanoa olevan tilanteesta riippuen joko fysikaalista aaltoliikettä tai psykologinen kokemus. Erilaisten hifilaitteiden äänenlaatua arvioidessa ja määriteltäessä on usein otettava huomioon äänen molemmat puolet, fysikaalinen ja psykologinen.

Historiallisesti kuulotutkimus on keskittynyt voimakkaasti laboratorio-olosuhteisiin ja yksinkertaisilla siniääniärsykkeillä tapahtuvaan kuulemisen tutkimiseen. Usein varsinkin matalan tason kuulotutkimustulokset voivat olla ekologisen validiteetin kannalta hyvin rajallisia. 1960-luvulle saakka tieteen atomistinen ja analyyttinen ideaali vaikutti tutkimukseen siten, että kuulohavainto haluttiin pilkkoa mahdollisimman pieniin osiin, joista käsin kokonaisuus yritettiin

[1] Subjektiivisella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa, audioalan vakiintuneen terminologian mukaisesti, sellaista hifilaitteiden välistä äänenlaadullista eroa, joka voidaan verifioida ainoastaan kuuntelemalla, mutta jota voidaan silti tutkia psykologisin ja objektiivisin keinoin. Subjektiivisen eron vastakohtana voidaan pitää mitattavaa, objektiivista eroa.

ymmärtää. Tässä suhteessa kuulon tutkiminen on ollut analogista uuden ajan fysiikan ihanteelle, missä kokonaisuuden käyttäytymistä haluttiin ennustaa sen osista käsin. Musiikin ja muiden monimutkaisten ääniärsykkeiden tutkimista luonnollisessa ympäristössä on tehty vähemmän kuin yksinkertaista psykofyysistä mittaamista. (Plomp 2002, s.2-9.). Vasta myöhemmin tutkimus on alkanut keskittyä enemmän myös äänen kognitiiviseen käsittelyyn liittyviin prosesseihin (McAdams & Bigand 2001), joten myös äänenlaadun tutkimisen kannalta tärkeistä kognitiivisista prosesseista on toistaiseksi varsin vähän tietoa.

Kuulotutkimus on perinteisesti keskittynyt erottamaan kuulemistapahtumassa kaksi jyrkän erilaista tasoa: kokonaiseen kuuloaistimukseen sisältyvän korkean kognitiivisen tason ja matalan auditorisen tason. Nämä tasot on tutkimuskohteina erotettu usein ajassa etenevän kuulemisprosessin erillisiksi ja peräkkäisiksi osiksi, joita on tutkittu toisistaan riippumatta. Korkeamman tason prosessoinnin voidaan katsoa sisältävän itse kuuloärsykkeen lisäksi kognitiivisten ja abstraktimpien prosessien, kuten odotusten, käsitteiden ja muistin vaikutuksen. Matalan tason havainto on puolestaan pelkkä paljas havainto ilman kognitiivista tulkintaa, eräänlainen havaintokuva, johon ei vielä sisälly minkäänlaista kognitiivista mieltä tai merkitystä. (Plomp 2002.) Sensorisessa muistissa (kuten kaikumuistissa) olevan äänen on toisinaan katsottu olevan auditiivinen esimerkki prosessoimattomasta matalan tason havainnosta (Eysenck & Keane 1992, s.138).

Plompin holistisen käsityksen mukaan olisi kuitenkin mielekkäintä lähestyä kuulohavaintoa saman kompleksisen jatkumon – kokonaisen ja tulkitun kuulemistapahtuman - eri puolina. Aina ei ole järkevää vetää jyrkkiä rajoja kuulemistapahtumaan. (Plomp 2002, s.3-11.) Voidaan lisäksi kysyä, onko todellisen agentin tasolla mahdollista edes puhua kaikesta kognitiivisesta käsittelystä vapaasta, naiivista matalan tason kuuntelijasta, joka vain rekisteröi saapuvan ärsykkeen (McAdams & Bigand

2001, s.2). Äänenlaadun tutkimisessa on usein välttämätöntä huomioida molemmat kuulemiseen liittyvät tasot (Shlien & Soulodre 1996).

1.2.1 Mitä hifi on?

Termi ”hifi” tulee englannin kielen sanaparista ”high fidelity”. Yksinkertaisimmillaan termi tarkoittaa mahdollisimman autenttista ja alkuperäiselle esitykselle uskollista äänenlaadun tavoittelua, joka pyritään toteuttamaan erilaisin teknisin välinein (Gabrielsson & Sjögren 1979). Hifilaitteiksi voidaan lukea periaatteessa kaikki tietyn mielivaltaisen äänenlaaturajan ylittävät äänentoistolaitteet, kuten esimerkiksi vahvistin, CD- tai levysoitin, kaiuttimet ja näiden kytkemiseen käytettävät kaapelit. Yksiselitteistä tai -mielistä määritelmää hifilaadun täyttävälle laitteelle ei ole olemassa, koska laitteiden paranemisen myötä niille asetettavat vaatimukset jatkuvasti kasvavat.

Toinen, teoreettinen ongelma autenttisen äänen määritelmälle on, että tavallisesti hifilaitteen kuuntelijalla ei ole mitään keinoa tietää, minkälainen on alkuperäinen äänite, joka halutaan toistaa mahdollisimman muuttumattomana. Jokaisen arviointiin käytettävän äänitallenteen laatu määritellään hifilaittein, mutta myös hifilaitteiden laatu määritellään äänitallentein, joten subjektiivinen äänenlaadunarviointi muodostaa helposti kehän. Tutkimukseen liittyvässä metodiosuudessa on jäljempänä lyhyesti selvitetty, miten yleispätevän äänitallenteen puuttuminen voi olla myös käytännön ongelma kuuntelukokeen testimusiikkia valittaessa.

Hifin harrastajia on monenlaisia, joten minkäänlaista stereotyyppistä tai yksiselitteistä harrastajan tai asiantuntijan määritelmää ei ole mielekästä yrittää luoda. Useimmat alalla toimivista ammattimaisista asiantuntijoista ovat aloittaneet uransa tavallisina harrastajina. Suomalaisista

hifiharrastajista tehdyn kulttuurihistorian pro gradu –työn mukaan (Henell 2000) yhteinen tekijä kaikille kalliimman hifin harrastajille on pyrkimys mahdollisimman tinkimättömään äänentoistoon parempien laitteiden avulla. Laitteita arvioitaessa käytetään apuna hifialan lehtiä, omia kuuntelukokeita ja toisinaan myös mittaamista. Varsinkin alan lehdistä löytyy runsaasti mittaustuloksia, kuunteluarvioita ja teknistä tietoa. Silti edelleenkään ei ole olemassa sellaista tapaa testata laitteita, mikä tyydyttäisi kaikkia hifialan tutkijoita tai journalisteja, tavallisista harrastajista puhumattakaan. Tässä suhteessa tilanne on säilynyt pitkälti samanlaisena yli 20 vuoden ajan (Toole 1982).

1.2.2 Äänenlaadun arvioimisen ikuisuusongelma: mittaaminen vai kuuntelu?

Sama äänen luonteen dikotomia fysikaaliseen ja fenomenaaliseen ääneen, mikä psykologisessa äänitutkimuksessa on yleisemmin tehty, muistuttaa hifialan ammattilaisten parissa esiintyvää jakolinjaa. Hifijournalistien ja audioinsinöörien keskuudessa on keskusteltu jo useamman vuosikymmenen ajan siitä, kumpi on oikeampi tapa arvioida äänentoistolaitteen suoristuskykyä, subjektiivinen kuunteleminen vai objektiivinen mittaaminen (Furmann, Hojan, Niewiarowicz & Perz 1990; Lipshitz & Vanderkooy 1980; Toole 1982). Osa ammattilaisista on vakuuttunut kuuntelun välttämättömyydestä, osa taas vakuuttaa mittausten selittävän kaikki havaitut käytännön erot hifilaitteiden välillä.

Tähän asti molemmat käsitykset ovat säilyneet vallitsevina ja toisilleen vastakkaisina, eikä yksiselitteistä ratkaisua kiistaan ole mittaustekniikoiden kehittyessäkään löytynyt (Tuomela 2000). Niin kauan kuin hifiä on harrastettu, sekä mittaukset että kuunteluarviot ovat olleet useimmissa alan lehdissä ja tuotekehittelylaitoksissa olennainen osa laitearviointia. Voidaankin siis sanoa, että koko

hifialaa hallitsee eräänlainen implisiittinen kahtiajako subjektivismin ja objektivismin välillä, eikä tämänhetkisen tiedon avulla asiaa ole mahdollista lopullisesti selvittää.

Laitteen äänenlaadun arvioimista mittaamalla perustellaan usein sillä, että se on objektiivisempi ja luotettavampi tapa saada tietoa äänenlaadusta. Tällöin ääni mitataan joko ilmanpaineena kaiuttimesta tai vaihtosähkönä muista äänentoistokomponenteista riippuen siitä, missä kohdassa äänentoistoketjua äänenlaatua arvioidaan. Mittaaminen ei ole kuitenkaan yksinkertaista tai mekaanista, vaan mittaustulosten validiteettiin ja tulkintaan sisältyy monia ongelmia. Ensinnäkin mielekkäiden mittaustapojen valitseminen ja käyttäminen perustuu kuuntelukokeisiin, joten kulloistenkin mittausten relevanssi täytyy joka tapauksessa verifioida subjektiivisin keinoin. Toisekseen ei ole mitään lopullista keinoa tietää, että kaikki kuulohavainnon muodostumisen kannalta olennaiset asiat osataan mitata, joten mittaukset yksinään ovat varsin rajallinen ja virheille altis keino arvioida äänenlaatua (Bodden 1997; Furmann ym. 1990; Hirvonen 2002). Sopivien mittausten kehittäminen vaatiikin aina jonkinlaisen psykoakustisen mallin tuekseen (Treurniet & Soulodre 2000). Myös muiden aistimodaliteettien alueilla, kuten viinitutkimuksessa, on olemassa näyttöä siitä, että subjektiivista laadunarviointia ei voida korvata millään nykyisellä mittarilla (Abdi 2002).

Kärjistäen voisi siis sanoa, että äänenlaadullisten mittausten validiteetti on toisinaan heikko mutta reliabiliteetti kohtuullisen suuri, kun taas vapaissa subjektiivisissa kuunteluarvioissa asia on päinvastoin (Toole 1982). Nykyisin suomalaisen HIFI-lehden lisäksi lähes jokainen alan ulkomainen lehti katsoo mittausten lisäksi myös asiantuntijoiden suorittamat huolelliset kuuntelukokeet välttämättömäksi osaksi laitearviointia. Lehdestä riippuen kuunteluarviointi suoritetaan joko sokkona[2] tai avoimena. Luotettaviin kuunteluarvioihin pyrittäessä olennaista on

[2] Sokkokuuntelulla tarkoitetaan tämän tutkimuksen yhteydessä kaikkia sellaisia tapoja kuunnella laitteita, joilla estetään kuuntelijaa saamasta selville kuuntelemansa laitteen identiteettiä. Sokkokuuntelun vastakohta on avoin kuuntelu.

kuuntelijan asialleen omistautuminen ja asiantuntijuus alallaan sekä kunnolliset kuuntelukoejärjestelyt.

1.3 Tämän tutkimuksen tavoitteet

Teoreettinen osa

Tämän tutkimuksen teoreettisen osan tavoite on eritellä niitä kuuntelun asiantuntijuuteen liittyviä mekanismeja, jotka voisivat olla hifilaitteiden kuuntelun ja kuuntelutestien metodologian kannalta relevantteja tekijöitä, mutta joita on hyvin harvoin lähestytty kognitiivisen psykologian keinoin. Ongelmaksi asiantuntijoiden suorittaman pätevän kuuntelukokeen suunnittelussa on toistuvasti noussut se seikka, että asiantuntijuuden ja äänenlaadun suhdetta ei tiettävästi ole koskaan kattavasti tutkittu tai edes yksiselitteisesti määritelty. Koska audioalan kuuntelukokeissa käytetään usein apuna kokeneita asiantuntijakuuntelijoita, niin erilaisten asiantuntijuuteen ja havaintoprosesseihin vaikuttavien mekanismien tunteminen saattaisi tuoda olennaisia parannuksia hajanaisten ja metodologialtaan hyvin vaihtelevien kuuntelukoejärjestelyjen kehittämiseen. Teoreettisessa osuudessa hifikuuntelua on käsitelty asiantuntijuuden, muistin ja havainto-oppimisen teorioista käsin.

Asiantuntijuuden lisäksi hifilaitteiden välisen vertailutilanteen järjestämiseksi on äänenlaadun arvioinnissa tiedettävä jotain myös muistin toiminnasta, sillä ainoa mielekäs tapa vertailla laitteita on kuunnella niitä peräkkäin. Ärsykkeiden temporaalinen luonne pakottaa koejärjestelyn suunnittelijan ottamaan kantaa ihmisen muistiprosesseihin. Siksi myös erilaisia muistiteorioita on esitelty lyhyesti ja käyty läpi niiltä osin, kuin se aiheen käsittelyn kannalta on tarpeellista. Lopuksi

on esitelty erilaisia kuuntelukokeen käytännön järjestämiseen liittyviä kysymyksiä kognitiivisen psykologian viitekehyksestä käsin

Empiirinen osa

Yleispätevän ja kaikkia osapuolia tyydyttävän kuuntelukoejärjestelyn löytäminen on ollut audioalalla[3] toistaiseksi ratkaisematon ongelma. Tutkimuksen empiirisen osan tavoite on tutkia kahta erilaista sokkokuuntelumenetelmää, AB- ja ABX-testiä, ja vertailla niiden antamia tuloksia keskenään. Asiantuntijasuorituksen onnistumista erilaisissa koejärjestelyissä vertailemalla voitaisiin saada lisää tietoa siitä, millainen on psykologisesti hyvä ja millainen huono kuuntelukoe. Hyvän kuuntelukokeen tärkeimpänä peruskriteerinä voidaan pitää sen luotettavuutta. Käytännössä tämä tarkoittaa, että laitteiden välisten todellisten erojen olisi tultava mahdollisimman selvästi - mieluiten tilastollisesti merkitsevästi - esille. Toisaalta kuuntelukoe ei saa generoida olemattomia eroja eikä olla koehenkilölle liian stressaava tai epämukava. Erilaisia kuuntelukoevaihtoehtoja tutkimalla ja niiden tuloksia analysoimalla on mahdollista säästää valtava määrä turhia työtunteja eliminoimalla epäluotettavat tai todellista informaatiota hukkaavat kuuntelukoemenetelmät pois.

Asian tutkimiseksi kuuden asiantuntijakuuntelijan avulla järjestettiin sokkokuuntelukoe, joka jakautui kahteen erilliseen osaan. Kokeen osat erosivat toisistaan sekä kuunteluympäristöltään että varsinaisen kuuntelutehtävän osalta. Ensimmäisessä AB-testiosassa kuunteluympäristö[4] oli jokaisella koehenkilölle mahdollisimman tuttu ympäristö, kuten oma koti, liiketila tai muu useamman vuoden aikana tutuksi tullut kuunteluympäristö. Tämä osa kokeesta perustui

[3] Tässä yhteydessä audioalalla tarkoitetaan hifialan suomalaisia ja ulkomaisia lehtiä sekä audioinsinöörien näkemyksiä julkaisevia foorumeita, kuten *Journal of the Audio Engineer Society*.

[4] Tutulla ympäristöllä tarkoitetaan tässä yhteydessä sellaisia olosuhteita, joissa koko käytettävä laitteisto ja akustiikka ovat koehenkilölle mahdollisimman tuttuja.

koeasetelmaan, jota ei tiettävästi ole käytetty audioalalla kuin kerran aikaisemmin. Tämän osan tarkoitus oli jäljitellä mahdollisimman tarkkaan rauhallista kotikuuntelua. Toisen kokeen kuunteluympäristö oli jokaiselle kuuntelijalle ennestään tuntematon akustoitu laboratorio, jossa vertailtavia vahvistimia kuunneltiin kaksoissokkona ABX-testin avulla. Tämän kokeen osan tarkoitus oli jäljitellä audioalalla tyypillistä kuunteluympäristöä ja sokkokuuntelutehtävää. Kahden hyvin erilaisen koejärjestelyn avulla haluttiin selvittää:

1) Onko asiantuntijakuuntelijoiden mahdollista erottaa luotettavasti kahta mitattavilta ominaisuuksiltaan samankaltaista vahvistinta. Ensimmäisessä AB-kokeessa asiaa tutkittiin selvittämällä, löytyykö kuuntelijoiden kuunteluarvioista yhteneväisyyksiä. Toisessa kokeessa kykyä erottaa vahvistimet tutkittiin ABX-testin avulla. Hypoteesina oli, että asiantuntijat arvioisivat vahvistimista kalliimman paremmaksi AB-sokkokuuntelussa paremmaksi.

2) Miten hyvin asiantuntijaksi luokitellut koehenkilöt selviävät kognitiivisesti erilaisista sokkokuuntelutehtävistä. Vertailemalla erilaisten koejärjestelyjen antamia tuloksia haluttiin tutkia, siirtyykö asiantuntijakuuntelijoiden kyky kuulla kahden hifivahvistimen välinen subjektiivinen ero tutusta ympäristöstä vieraaseen ympäristöön ja siinä metodologialtaan tyypilliseen kaksoissokkona tapahtuvaan tunnistamistehtävään. Hypoteesina oli, että vahvistimien ero on parhaiten kuultavissa AB-testin avulla tutussa ympäristössä ja tutuilla laitteilla, eikä siirry testiympäristöstä toiseen ja ABX-testiin.

2. ASIANTUNTIJUUS, MUISTI JA HAVAINTO-OPPIMINEN

2.1 Asiantuntijuuden yleiset piirteet

Asiantuntijuustutkimuksessa asiantuntijuus kuvataan ja määritellään laajimmillaan opituksi ja ongelmien ratkaisua tehostavaksi taidoksi, joka voi liittyä moneen erilaiseen alaan, kuten esimerkiksi fysiikkaan, viininmaistamiseen, shakkiin, musiikkiin, urheiluun tai taitavaan kirjoittamiseen (Ericsson & Smith 1991). Asiantuntijuus liittyy siis aina kumuloituviin ja vahvasti alakohtaisiin (*engl. domain spesific*) tietorakenteisiin ja tiedonkäsittelytaitoihin, jotka saavutetaan yleensä usean vuoden harjoittelulla. Asiantuntijuutta esiintyy sekä aistiprosessien että puhtaan päättelyn ja laskemisen alueilla. (Ericsson & Smith 1991; Saariluoma 1995.)

Usein asiantuntijuuteen liittyvien taitojen katsotaan olevan melko vahvasti alasidonnaisia. Yhden alan taitojen siirrettävyys muille aloille voi olla erittäin vähäistä. Toisaalta jonkinasteinen kykyjen siirtyminen uusiin tehtäviin on mahdollista, joskaan se ei ole yleensä kovin laajaa ja vaatii tehtäviltä yhteisiä piirteitä. (Saariluoma 1995.) Yhtenäistä ja kaiken kattavaa teoriaa ei kuitenkaan ole, vaan asiantuntijakirjallisuus on – ehkä jo ilmiön itsensä monitahoisuudesta johtuen – melko hajanaista ja hyvin erilaisiin aloihin keskittynyttä. Koska kuuntelun asiantuntijuudelle ei ole olemassa yleisesti hyväksyttyä määritelmää, niin jatkossa lyhyen harjoittelun tuloksena syntyneitä muutoksia ei systemaattisesti eroteta muusta aistinvaraisesta asiantuntijuudesta.

Asiantuntijuuden ja sen aistimodaliteetteihin[5] keskittyvän osan määrittelemiseen liittyy monenlaisia ongelmia, jotka on otettava huomioon tutkimuksessa. Onko esimerkiksi mielekästä tehdä eroa

[5] Jatkossa ensisijaisesti eri aistimodaliteeteissa ilmenevää asiantuntijuutta kutsutaan *aistinvaraiseksi asiantuntijuudeksi* (engl. *perceptual expertise*).

matemaatikon intellektuaalisen ja viininmaistajan aistinvaraisen asiantuntijuuden välille (Abdi 2002, s.449)? Keskeinen kysymys on myös se, kuinka paljon aistinvaraisessa arvioinnin harjoittelussa voidaan puhua matalan tason havainnoinnin muuttumisesta ja kuinka paljon kognitiivisten tekijöiden, kuten erilaisten vihjeiden poimimisen, terminologian tai tarkkaavaisuuden uudelleen suuntaamisesta (Goldstone 1998, s.586)? Kuinka paljon aistinvaraisessa asiantuntijuudessa on mukana opittuja ja kuinka paljon synnynnäisiä, fysiologiseen aistiherkkyyteen liittyviä kykyjä (Preisler 1993)? Kaikkiin näihin kysymyksiin ei ole olemassa yksiselitteistä vastausta, mutta osalla vastauksista voi olla merkitystä hifilaitteiden kuuntelukokeiden suunnittelun kannalta.

2.1.1 Harjoittelu, aistinvarainen asiantuntijuus ja ärsykkeen prosessointi

On olemassa näyttöä siitä, että eri aistimodaliteettien informaation prosessointiin liittyy harjoittelun myötä kehittyviä asiantuntijuutta tukevia automatisoituneita tietorakenteita, jotka auttavat tehtävään liittyvien havaintovihjeiden poiminnassa. Näitä kykyjä ei voida yleensä selittää pelkästään matalan tason aistikykyjen herkistymisenä. (Abdi 2002; Chi, Glaser & Farr 1988; Parr, Heatherbell & White 2002). Asiantuntija selviää monissa oman alansa havaintotehtävissä maallikkoa paremmin, minkä on katsottu johtuvan mm. kognitiivisten rakenteiden paremmasta organisoitumisesta. (Chi ym. 1988, s. xvii.)

Useissa audioalalla tehdyissä kokeissa on saatu viitteitä siitä, että kokeneiden kuuntelijoiden äänenlaatuarvioihin sisältyy vähemmän hajontaa kuin vähemmän kokeneiden (Bech 1992). Vastaava ilmiö on löydetty myös viinitutkimuksessa verrattaessa maallikoiden ja asiantuntijoiden arvioita keskenään (Parr ym. 2002). On mahdollista, että tietoisen harjoittelun lisäksi pelkkä usein tapahtuva musiikin kuunteleminen ja sille altistuminen lisää kyvykkyyttä musiikillisten ärsykkeiden

kategorisointiin (Zatorre & Halpern 1979). Kokemuksen ja tiedon tuoma hyöty erilaisiin havaintotehtäviin näyttäisi siis olevan melko kiistaton.

2.1.2 Tiedon vaikutus kuuloärsykkeen prosessointiin

Tietorakenteiden vaikutus kuuloärsykkeen prosessointiin näkyy havainnollisesti Dowlingin esittämässä klassisessa kokeessa, jossa koehenkilöt oppivat vihjeiden avulla tunnistamaan ristikkäin soivia melodioita. Tunnistaminen tapahtuu vasta sen jälkeen, kun koehenkilöille on kerrottu, mihin melodiavihjeisiin heidän kuuntelemassaan näennäisen kaoottisessa melodiassa kannattaa kiinnittää huomiota (Dowling 1973). Lisäksi musiikillisen soittokokemuksen ja musiikkitiedon on huomattu vaikuttavan voimakkaasti siihen, kuinka tietyt melodiset ääniärsykkeet ja niiden rajat prosessoidaan (Zatorre & Halpern 1979).

Se arkinen uskomus, että ainoastaan fysiologisessa mielessä poikkeuksellisen herkkäkuuloinen kuulee hifilaitteiden välillä eroja, ei siis välttämättä pidä paikkaansa. Tärkeämpää näyttää olevan riittävä harjoittelu ja kokemus (Bech 1992). Ne kuulokyvyn mittausmenetelmät, joissa mitataan esimerkiksi kuulon herkkyyttä suoraan matalan tason havaintokynnyksen tiettynä kvantitatiivisena arvona, eivät siten välttämättä ole validi tutkimuskeino sellaisessa tilanteessa, joissa koehenkilö oppii kokemuksensa myötä erottamaan hifilaitteita tai musiikillisia ärsykkeitä toisistaan. Korvan herkkyyden mittaaminen äänenpaineen ja taajuuden funktiona ei riitä sen selvittämiseen, onko koehenkilö pätevä suorittamaan erilaisia äänenlaatuarvioita. Tämä näkyy havainnollisesti esimerkiksi siinä, että kuulokynnyksen perusteella ei voida ennustaa kovinkaan tarkasti, kuinka tarkkaan kuuntelija todellisuudessa erottaa esimerkiksi erilaisia häviöllisiä pakkausartefakteja tai säröä äänessä. Äänenlaadun asiantuntijuus ei siis näytä olevan ylivoimaisen tarkkaa kuulemista

kuulokynnyksen mielessä, vaan enemmänkin harjoittelun myötä syntynyttä tarkan kuuntelemisen taitoa. (Shlien & Soulodre 1996.)

Myös muiden aistimodaliteettien alueella tapahtuvassa asiantuntijuustutkimuksessa, kuten maku- ja hajuaistiin keskittyneessä viinitutkimuksessa, asiantuntijoiden paremmuus on yleensä selitetty ensisijaisesti kognitiivisen tason muutoksilla, jotka liittyvät tehostuneeseen alan terminologian ja sen avulla tapahtuvaan muistivihjeiden hyödyntämiseen. Asiantuntijuuden palauttamista ainoastaan parantuneella aistiherkkyydellä selittämiseen on kritisoitu myös siksi, että aistijärjestelmämme on evoluution myötä mukautunut niin optimaaliseksi, että sitä on oletettavasti huomattavasti vaikeampaa parantaa harjoittelemalla kuin kognitiivisia kykyjämme. (Abdi 2002, s.450.)

Harjoittelun tuomat matalan tason muutokset

Vaikka asiantuntijuustutkimuksessa usein huomioidaan enimmäkseen korkeamman tason kognitiivisia ärsykkeen prosessointiin liittyviä mekanismeja, niin on silti mahdollista, että harjoittelun avulla saadaan aikaan muutoksia myös matalalla havaintotasolla, hyvin aikaisessa vaiheessa ärsykkeen prosessointia. Esimerkiksi korvassa sijaitsevan kuuloelimen, simpukan, toimintaan saattaa kuuntelemalla tapahtuvan tarkkaavaisuusharjoittelun avulla ilmaantua muutoksia (Goldstone 1998, s.587). Kokeneiden muusikoiden on havaittu prosessoivan musiikkiärsykkeitä eri tavalla kuin noviisien jo hyvin matalalta havaintotasolta, kuten kaikumuistista, alkaen (Koelsch, Schröger & Tervaniemi 1999). Auditiivisen ympäristön analysoinnissa voidaan toisinaan hyödyntää kokemuksen myötä kehittyneitä matalan tason kuuloprosesseja (Bergman 2001). Myös muiden aistimodaliteettien, kuten näköaistin, havaintoinformaatiota käsittelevissä matalatasoisissa prosesseissa on havaittu harjoittelun seurauksena kehittyviä muutoksia (Goldstone 1998). Ei ole

kuitenkaan täyttä varmuutta siitä, miten matalan tason muutokset liittyvät varsinaisen asiantuntijuuden syntymiseen ja ovatko ne nimenomaan äänenlaadun ja hifilaitteiden arvioimisen kannalta relevantteja.

Yhteenvetona voisi todeta, että luultavasti matalan tason prosessoinnin muutoksilla, mutta varsinkin kokemuksen myötä kehittyvillä ja muistiin kertyvillä kognitiivisilla tietorakenteilla sekä näiden organisoitumisella näyttää olevan olennainen rooli asiantuntijuuden saavuttamisessa. Ilman kognitiivisten muutosten tuntemista ei ole mahdollista ymmärtää asiantuntijuutta ja ärsykkeille herkistymistä aistinvaraisellakaan tasolla.

2.2 Muistin osuus asiantuntijuudessa

Muistin avulla tallennetaan kaikki ne esimerkkitapaukset ja tietorakenteet, jotka harjoittelun avulla havaitaan ja saavutetaan. Tehtävän aikana esitettyjä ärsykkeitä verrataan muistissa oleviin malleihin ja muistijälkiin, joiden avulla aistielimiin saapuva aisti-informaatio luokitellaan. Tämän muistinvaraisen vertailun kautta tapahtuu kaikki informaation tunnistaminen, esimerkiksi tuttujen ympäristön äänien tunnistaminen. (McAdams 2001). Muistilla on varsinkin erilaisissa kuuntelukokeissa olennaisen tärkeä rooli, sillä kuuloaistin avulla havaittuja ärsykkeitä, toisin kuin esimerkiksi visuaalisia, voidaan yleensä vertailla luontevasti ainoastaan ajallisesti peräkkäin[6]. Tästä johtuen muistin toiminnan tunteminen on välttämätöntä suunniteltaessa esimerkiksi äänenlaatua tutkivaan kokeeseen sopivan musiikki- tai muiden ääniärsykkeiden pituutta sekä niiden välissä olevien taukojen kestoa. Lisäksi muistin ja havaintoprosessien (ks. Crowder 2001) sekä asiantuntijuuden tutkimuksella on lukuisia yhtymäkohtia (Ericsson & Smith 1991), joten

[6] Poikkeuksena nk. dikoottisen kuuntelun kokeet, joissa eri korviin syötetään samanaikaisesti erilainen ääniärsyke.

oletettavasti kaikkien näiden alojen tuloksista voisi olla hyötyä aistinvaraisen asiantuntijuuden kehittymisen ja optimaalisten koejärjestelyjen tutkimisessa.

2.2.1 Muistin ja asiantuntijuuden yhteys

Aivan selvää ei ole, minkälainen osuus muistijärjestelmillä on asiantuntijuudessa, mutta useissa empiirisissä kokeissa asiantuntijan on yleensä havaittu muistavan selvästi aloittelijoita paremmin omaan alaansa läheisesti liittyviä ärsykkeitä ja tietoa (Chi ym. 1988). Tosinaan tämä on selitetty sillä, että asiantuntija, esimerkiksi viininmaistajaksi kehittyessään, oppii organisoimaan tietorakenteensa todellisiin ärsykkeisiin mukautuvaksi, jolloin erilaisiin tunnistamistehtäviin liittyvien vihjeiden mieleenpalautusprosessi helpottuu (Abdi 2002, s.450).

Toisaalta esimerkiksi päässälaskumestareiden numeromuisti on kohtuullisen helppo ylittää riittävällä harjoittelulla, vaikka muuten samaa päässälaskun taitotasoa ei saavutettaisikaan. Myös erilaisten shakkiasetelmien muistamista voi harjoitella shakkimestaritasolle saakka, vaikka ei olisikaan kokenut pelaaja. (Ericsson & Smith 1991.) Ylivertainen muisti ei siis luultavasti ole asiantuntijuuden saavuttamisen ainoa tai yksinään riittävä edellytys, vaikka se onkin eräs asiantuntijuuteen liittyvistä keskeisistä harjoittelun seurauksista.

2.2.2 Muistin rakenne ja painotus asiantuntijuustutkimuksessa

Yksinkertaisimmillaan muisti on kognitiivisessa psykologiassa jaettu kolmeen osaan: sensoriseen muistiin, työmuistiin ja pitkäkestoiseen muistiin. Sensorisen muistin auditiivista osaa kutsutaan kaikumuistiksi, johon ääni-informaatio tallennetaan ennen sen kognitiivista käsittelyä. Tämän

jälkeen osa aisti-informaatiosta tallennetaan tarkkaavaisuuden avulla kapasiteetiltaan hyvin rajalliseen työmuistiin, jossa suoritetaan muistitiedon aktiivinen prosessointi ja kertaaminen. Harjoittelun ja kertaamisen avulla tieto saadaan tämän jälkeen tarvittaessa talletettua pitkäkestoiseen muistiin, johon se voi periaatteessa tallentua mielivaltaisen pitkäksi ajaksi. (Eysenck & Keane 1992.)

On syytä korostaa, että edellä kuvattu kolmijakoinen säiliömuistimalli - sensorinen muisti, työmuisti ja pitkäkestoinen muisti - on vahvasti yksinkertaistettu, eikä osien näin jäykkä jako vastaa aina todellisuutta. Työmuisti voidaan jakaa useampaan eri osaan, esimerkiksi neljään funktionaalisesti erilaiseen komponenttiin: visuo-spatiaaliseen lehtiöön, keskusyksikköön, fonologiseen silmukkaan ja episodiseen puskuriin (Baddeley 2000). Myös pitkäkestoinen muisti voidaan jakaa kahteen osaan: episodiseen muistiin, johon tallentuvat tiettynä aikana ja tietyssä paikassa sattuneet tapahtumat sekä semanttiseen muistiin, joka on erikoistunut kielellisiin kykyihin ja sanavarastoon (Eysenck & Keane 1992). Näiden jakojen lisäksi asiantuntijuustutkimuksessa on toisinaan käytetty pitkäkestoisen työmuistin käsitettä (Saariluoma & Kalakoski 1997). Yhteinen tekijä useimmille edellä kuvatuista muistikäsityksistä on, että eri muistin osat nähdään metaforisessa mielessä eräänlaisina säiliöinä tai varastoina, joihin tieto, riippuen sen käsittelystä ja modaliteetista, tallennetaan (Crowder 2001).

Asiantuntijuustutkimuksessa ja erilaisissa havaintotehtävissä eri muistitasoille annettavat painotukset ovat vaihdelleet voimakkaasti. Vanhimmissa muistin ja asiantuntijuuden suhdetta tutkineissa kokeissa on keskitytty usein asiantuntijuuden selittämiseen työmuistilla, jonka rajoitukset on mahdollista kiertää eräänlaisten mieltämisyksikköjen (engl. *chunk*) ja pitkäkestoisen muistin avulla (Saariluoma 1995). Nykyisin oletetaan, että pitkäkestoisella muistilla on merkittävä ja itsenäinen osuus asiantuntijataitojen kehittymisessä (Ericsson & Smith 1991; Chi ym. 1988).

Pitkäkestoisen muistin sisällöt voivat vaikuttaa esimerkiksi siihen, kuinka tarkkoja tilannekohtaisia odotuksia asiantuntija muodostaa (Williams 2002). On olemassa näyttöä myös siitä, että muistin eri osien, kuten sensorisen ja pitkäkestoisen muistin välillä, saattaa olla vuorovaikutusta. Tämä voi vaikuttaa esimerkiksi siten, että pitkäkestoisen muistin sisältö vaikuttaa siihen, kuinka hyvin tietyt ärsykkeet erotellaan sensorisessa muistissa (Cowan 1995). Toisaalta jopa kaikumuistin toimintaan näyttää olevan mahdollista saada muutoksia monivuotisen musiikkiharjoittelun avulla (Koelsch ym. 1999). Ei siis välttämättä ole kovinkaan mielekästä tarkastella asiantuntijan muistiprosesseja vain yhteen muistin osa-alueeseen rajoittuen.

Auditiivinen skeema

Auditiivisessa muistitutkimuksessa käytetään usein skeeman käsitettä. Skeeman käsitteen yleiseen tietoisuuteen tuoman Neisserin mukaan skeema on ”sisäinen havaintoinformaation poimintaa ohjaava rakenne, jota kokemukset saattavat muuttaa” (Saariluoma 1995, s.89). Toisen määritelmän mukaan skeema on käsitteiden järjestäytynyt ja monimutkainen kokonaisuus, joka sisältää hyvin monenlaista yleisen tason tietoa tapahtumista, objekteista ja tilanteista. Skeema on siis se muistissa sijaitseva kognitiivinen mekanismi, joka luo kokemuksen kautta ihmiselle erilaisia tilanneodotuksia sekä määrää kuinka havaintoärsyke havaitaan, tallennetaan ja jäsennetään muistiin. (Eysenck & Keane 1992.) Skeeman voidaan katsoa muodostavan eräänlaisen sillan havainnon ja siihen liitettävien käsitteiden välillä (Saariluoma 1995, s.32).

Varsinkin kognitiivisessa kuulotutkimuksessa on usein hyödynnetty skeeman käsitettä (McAdams & Bigand 2001). Auditiivinen esimerkki skeeman vaikutuksesta löytyy esimerkiksi sellaisesta arkipäivän tilanteesta, jossa kuulemme oman nimemme yllättäen metelin joukosta. Tällöin

käytämme juuri tähän ärsykkeeseen sopivaa ja vahvasti automatisoitunutta skeemaa (Bergman 2001). Tässä suhteessa meistä jokainen on kehittynyt muistimme avulla, erään määritelmän mukaan, tiettyjen toistuvasti kuultavien ääniärsykkeiden asiantuntijoiksi (Sloboda 1991). Toisaalta voimme tietoisesti ponnistella kuullaksemme tietyn äänen metelin seasta, jolloin kysymys on tietoisesta ja ei-automatisoituneesta skeeman käyttämisestä (Bergman 2001). Lisäksi auditiivisella skeemalla on selitetty tilanne, jossa koehenkilö tunnistaa kaksi ristikkäin soivaa melodiaa vasta sen jälkeen, kun näihin melodioihin liittyvä skeema aktivoituu (Goldstein 2002, s.400–401).

2.2.3 Muistitutkimuksen tulosten huomioiminen erilaisissa äänenlaatukoeasetelmissa

Usein auditiiviset koeasetelmat on muotoiltu hyvin vahvasti yksinkertaistaen, tiettyyn muistimalliin tai -säiliöön tukeutuen. Esimerkiksi lyhytkestoisia muistisäiliöitä, kuten työ- ja kaikumuistia sekä niiden ajallisia rajoituksia, on korostettu. Äänenlaatua mittaavien koeasetelmien puolella aikaisemmin vakiintuneet kuuntelunormit, mm. ITU-R[7], perustuvat oletukseen, että äänenlaadullisia eroja voi työmuistin rajoitusten vuoksi kuulla ainoastaan riittävän nopeita näytteitä ja vaihtoja käyttäen. Ajallisten muistirajoitusten korostaminen näkyy käytännössä esimerkiksi Precodan ja Mengin kokeessa, jossa asiantuntijakuuntelijat vertailivat nopeilla vaihdoilla ja näytteillä erilaisten äänenpakkausmenetelmien eroja, ja joka oli suunniteltu ainoastaan kaikumuistin toiminta huomioiden (Precoda & Meng 1997). On kuitenkin syytä olettaa, että äänen muistamisprosessi on huomattavasti monimutkaisempi kuin tämäntyyppisissä koeasetelmissa on yleensä ajateltu (Crowder 2001).

[7] ITU-R (International Telecommunications Union, Radiocommunication Sector) suosittelee yhden musiikkinäytteen maksimikestoksi korkeintaan 20 s ja näytteiden väliseksi tauoksi korkeintaan 0,5-1 s (Oohashi 2000, s.3556).

On mahdollista, että liikaa yksinkertaistetut muistimallit ovat johtaneet tutkijoita harhaan suurissakin päätöksissä, kuten äänistandardeihin liittyvien mittausten ja kuunteluko ejärjestelyiden käyttämisessä. Tällöin on testattu eri asiaa kuin on ollut tarkoitus, eli kuuntelutestauksen validiteetti on kärsinyt, vaikka tulokset ovatkin näennäisesti olleet johdonmukaisia ja luotettavia. Näin näyttää käyneen esimerkiksi nykyisen CD-levyformaatin riittävästä kaistanleveydestä sovittaessa, jolloin liian lyhyen ääninäytteen käyttämisen takia ei onnistuttu tuomaan kaikkia musiikkinäytteiden äänellisesti relevantteja piirteitä esiin. Epävalidin testauksen seurauksena kuulon kannalta täydelliseen äänentoistoon vaadittava kaistanleveys (20Hz - 20 kHz) on suunniteltu liian kapeaksi. (Oohashi ym. 2000)

Ei siis ole perusteltua olettaa, että äänenlaatuun liittyvissä kokeissa pitäisi rajoittua tiukasti yhden – esimerkiksi lyhytkestoisen tai sensorisen muistivaraston rajoituksiin. Auditiiviset kokeet ovat antaneet myös suoria viitteitä siitä, että pitkäkestoisen muistin ääneen keskittyneellä osalla - auditorisella muistilla, jota voi pitää episodisen muistin ääneen erikoistuneena vastineena - on suuri merkitys äänenlaadun muistamistehtävissä (Crowder 2001). Japanilaisessa ultraäänitutkimuksessa koehenkilöt kuulivat ultraäänien aiheuttamia eroja äänessä vasta riittävän pitkien näytteiden ($t \geq 200$ s) jälkeen (Oohashi ym. 2000). ITU-R-suositusta pitemmän näytteen tarpeellisuus on saatu esiin myös puheäänen tutkimisessa; puheäänen kohdalla on huomattu, että puhujan äänenväri tunnistetaan ärsykkeen jälkeen parhaiten silloin, jos ärsykkeen kesto on ollut yli 60 s. Lisäksi äänenvärin avulla annetut priming-vihjeet toimivat vielä kolme minuuttia niiden saamisen jälkeen. (Crowder 2001.)

Luultavaa edellä kuvatun perusteella on, että jokaista neljää muistin osaa (minimissään sensorinen muisti, työmuisti, pitkäkestoinen työmuisti ja pitkäkestoinen muisti) voidaan hyödyntää eri modaliteettien alueella tapahtuvien havaintotehtävien ja asiantuntijuuden selittämiseen. Voidaankin

perustellusti väittää, että erilaisia äänenlaatukoeasetelmia ei ole mielekästä kehittää vain yhteen kapearajaiseen muistimalliin tukeutuen, kuten on usein tehty, ainakaan niin kauan kuin muistin toiminnasta ja sen suhteesta asiantuntijuuteen tai havaintoprosessiin ei ole kattavaa ja yksiselitteistä teoriaa.

Toisinaan auditiivisissa kokeissa on käytetty holistisempaa viitekehystä muistin toimintaan. Eräs vaihtoehtoinen teoreettinen viitekehys on käyttää ns. proseduraalisen muistin mallia, jonka avulla ärsykkeen mieleenpalauttamisprosessi ja alkuperäinen havaintoprosessi liitetään läheisesti yhteen. Tällainen muistikäsitys yleensä hylkää kokonaan ajatuksen erillisistä, oletetuista muistisäiliöistä, joihin tieto koodataan talteen sen tyypin mukaan. Holistinen näkemys palauttaa muistitapahtuman läheisemmin itse havaintotapahtumaan. (Crowder 2001.) Erään hifikuunteluun soveltuvan näkökulman havaintoprosesseihin ja niiden avulla tapahtuvaan asiantuntijuuden kasvuun tarjoaa Goldstonen havainto-oppimisen viitekehys.

2.3 Havainto-oppiminen

Erilaisten mekanismien ohjaamaa organismin ympäristöön suuntautumista kutsutaan havainto-oppimiseksi (engl. *perceptual learning*). Havainto-oppiminen parantaa organismin kykyä vastata ympäristön asettamiin, aistien kautta tuleviin haasteisiin. Robert Goldstonen (Goldstone 1998) havainto-oppimisen viitekehyksellä on luontevaa kuvata teoreettisella tasolla myös kokemuksen ja harjoittelun myötä kasvavaa asiantuntijuutta äänenlaadun arvioimisessa. Suurin osa Goldstonen esittelemistä esimerkeistä ja tutkimustuloksista liittyy enimmäkseen visuaaliseen oppimiseen, joten ne eivät välttämättä sovellu suoraan äänen asiantuntijuuden tutkimiseen. Tutkimustulosten ollessa

hyvin vähäisiä kuulomodaliteetin ja lähes olemattomia puhtaan äänenlaadun osalta, johtopäätökset hifikuuntelun osalta ovat oletuksenvaraisia ja alustavia.

Goldstone luokittelee neljä erilaista mekanismia, joilla havainto-oppiminen tapahtuu yhdessä ympäristöstä saatavan aisti-informaation kanssa (Goldstone 1998):

1. Tarkkaavaisuuden painottaminen (engl. *attentional weighting*), jonka avulla sisään tulevasta aistiärsykkeestä poimitaan erilaisille dimensioille sijoittuvia piirteitä[8], joita verrataan muistissa olevaan informaatioon. Tarkkaavaisuuden avulla poimimme erilaisia piirteitä ärsykkeestä, mikä aiheuttaa oppimisen myötä tarkkavaisuuden painottamista tehtävän kannalta hyödyllisiä dimensioita kohti ja vähemmän hyödyllisistä pois päin.

2. Ärsykkeeseen mukautuminen (engl. *stimulus imprinting*), jonka avulla sisäinen vastaanottojärjestelmämme muotoutuu jatkuvaa toistoa hyödyntäen. Mitä enemmän erilaisia esimerkkitapauksia ärsykkeestä saamme, sitä nopeammin kykenemme palauttamaan tehtävän kannalta relevantin informaation käyttöömme. Empiirisenä osoituksena tälle on pidetty ärsykkeen toistamisen aikaansaamaa parantunutta luokittelua, mikä tulee esiin esimerkiksi siinä, että usein näytettyjen sarjakuvahahmojen kategorisointi nopeutuu visuaaliseen ärsykkeeseen mukautumisen myötä. Näyttääkin siltä, että toisinaan pelkkä ärsykkeelle altistuminen lisää siihen liittyvän prosessoinnin tarkkuutta.

3. Eriytyminen (engl. *differentation*) aiheuttaa sen, että aikaisemmin yhtenä ärsykkeenä esiintynyt havainto opitaan analysoimaan pienempiin havaintoyksiöihin. Goldstone luettelee useita empiirisiä

[8] Tässä yhteydessä piirteellä tarkoitetaan ärsykkeestä löydettävää yksittäistä elementtiä, esimerkiksi ominaisuudet ”punainen” ja ”kitkerä” ovat piirteitä. Dimensioilla tarkoitetaan ärsykkeeseen sisältyviä yleisempiä suureita, esimerkiksi väri ja maku ovat ärsykkeen dimensioita. (ks. Goldstone 1998.)

esimerkkejä parantuneesta ärsykkeen eriytymisestä. Näin tapahtuu esimerkiksi silloin, kun viininmaistajat oppivat erottamaan maun perusteella toisistaan Madeira-pullon sisällön ylemmän ja alemman osan, identtisten kaksosten vanhemmat erottavat lapsensa toisistaan tai kanankasvattajat kanojensa sukupuolen. Apinoilla tapahtuneissa kokeissa on havaittu kahden äänen erotteluharjoituksen johtavan näiden äänitaajuuksien suurempaan edustukseen aivokuorella. Usein pelkkä ärsykkeelle altistuminen lisää kykyä sen osiin jakamiseen.

4. Yhdistyminen (engl. *unitization*) vaikuttaa havainto-oppimisessa siten, että aikaisemmin jakautuneet ärsykkeen osat käsitellään uusina, yhteen konstruoituina yksikköinä. Yhdistymisen avulla sellainen tehtävä, joka aikaisemmin vaati ärsykkeen osien käsittelyä yksi kerrallaan, tulee käsittelyyn yhtenä kokonaisuutena. On oletettu, että ärsykkeessä usein yhdessä esiintyvät osat tulevat tottumuksen myötä yhä enemmän käsitellyiksi yhtenä yksikkönä. Tässä suhteessa yhdistyminen muistuttaa paljon tutkittua asiantuntijamuusikoiden harjoittamaa kategorisointia, joka perustuu tiettyihin, länsimaisiin melodiasääntöihin perustuvien yksiköiden luomiseen (Zatorre & Halpern 1979).

2.3.1 Havainto-oppiminen ja äänenlaadun arvioiminen

Jotkin Goldstonen luettelemista mekanismeista soveltuvat hyvin luontevasti myös äänenlaadun arviointiprosessin kehityksen kuvaamiseen ja tulkitsemiseen, mikäli otetaan huomioon niiden vahvasti hypoteettinen luonne hifikuunteluun sovellettuna. Seuraavien esimerkinomaisten analogioiden tarkoitus ei ole tyhjentävästi selittää hifikuuntelussa esiin tulleita ilmiöitä, vaan enemmänkin esittää muutama ehdotus siitä, miten hifikuuntelun käytäntöjä voisi lähteä empiirisesti tutkimaan ja testaamaan havainto-oppimisen teorian pohjalta.

Erilaisten hifilaitteiden kuuntelussa on huomattu tiettyjen äänellisten dimensioiden melko suuri vakioisuus kulttuurista ja kielestä riippumatta (Gabrielsson & Sjögren 1979), mikä saattaa olla seurausta tarkkaavaisuuden tietynlaisesta painottamisesta. Tarkkavaisuuden painottaminen äänenlaadullisissa arvioissa nimenomaan tiettyjen, valikoitujen dimensioiden avulla saattaisi selittää sen, miksi juuri nämä dimensiot on kokemuksen myötä havaittu kaikkein hyödyllisimmiksi ja selitysvoimaisimmiksi tarkkaavaisuuden painotuskohteiksi hifikuuntelussa (Ks. myös Nederström 2003).

Ärsykkeeseen mukautuminen voisi äänenlaatuun sovellettuna näkyä esimerkiksi siinä, että hifialan asiantuntijoiden jatkuva mukautuminen erityyppisiin äänenlaatuärsykkeisiin todennäköisesti lisää valmiutta niiden kategorisointiin ja systemaattisen käsittelyyn. Tämä saattaisi olla yksi selitys sille, miksi kokeneen harrastajan on aloittelijaa helpompi kuvailla ja jäsentää äänikokemustaan pitkälle erikoistuneiden kategorioiden avulla (Nederström 2003).

Arkipäivän esimerkit hifiasiantuntijuuden kehittymisestä usein osoittavat, että kokemuksen myötä opitaan kuulemaan yhä pienempiä eroja aluksi löydettyjen dimensioiden avulla ja kuvaamaan niitä yhä analyyttisempien käsitteiden avulla (Nederström 2003). Käytännössä tämä näkyy esimerkiksi siinä, että hifiasiantuntijat soveltavat usein kuulemaansa samaa käsitteistöä äänenlaatuerojen absoluuttisesta suuruudesta riippumatta[9], mikä saattaa selittyä lisääntyneellä eriytymisprosessilla. Altistuminen alussa ärsykkeen ilmeisille eroille saattaa saada aikaan sen, että myöhemmin on helppo orientoitua myös vaikeammin löydettävien erojen havaitsemiseen (Tuomela 2000).

[9] Usein esimerkiksi kaiuttimien, vahvistimien ja kaapeleiden välisiä äänenlaatueroja on tapana kuvata samoja dimensioita ja terminologiaa käyttäen, vaikka kaiuttimien erot ovat objektiivisesti mitattuna selvästi suurempia kuin vahvistimien tai kaapeleiden (ks. esim. Tuomela 1999).

2.3.2 Asiantuntijuuden siirrettävyys ja havainto-oppiminen

Goldstone käsittelee myös havainto-oppimisen tuoman asiantuntijuuden siirtovaikutuksen (engl. *transfer*) rajoituksia. Goldstonen mukaan tällaisten taitojen siirrettävyys erilaisten havaintotehtävien välillä on usein huono, mikä näkyy esimerkiksi siinä, että visuaalisesti opitun erottelukyvyn siirtäminen silmältä toiselle, erilaisiin avaruudellisiin sijainteihin ja erilaisiin tehtäviin samasta ärsykkeestä huolimatta on hyvin hankalaa. Mitä matalamman tason muutos on kyseessä, sitä vähäisempi opitun siirtovaikutus muihin tehtäviin näyttää olevan. (Goldstone 1998, s.605.)

On mahdollista, että auditiivisiin tehtäviin liittyy samankaltaisia siirrettävyysrajoituksia (Johnson, Watson & Jensen 1987). Aistinvaraisen asiantuntijuuden siirrettävyystekijöitä koskevan tutkimuksen vähäisyydestä – varsinkin kuulomodaliteetin alueella - johtuen ei kirjallisuudessa kuitenkaan ole kattavasti kuvattu mahdollisia siirrettävyysongelmia, joten tässä yhteydessä ei myöskään ole mahdollista ottaa kantaa aikaisempaan tutkimukseen.

3. LUOTTETTAVAN KUUNTELUKOKEEN SUUNNITTELU

3.1 Erilaiset sokkokuuntelumenetelmät

3.1.1 AB-testi

Yleensä erilaisten äänentoistolaitteiden sokkokuuntelu suoritetaan yksinkertaisena AB-testinä, mikä tarkoittaa sitä, että koehenkilö kuuntelee testattavaa laitetta vertaillen sitä vertailulaitteeseen, tietämättä sen hintaa tai mitään muutakaan siitä. Kuuntelu muistuttaa tällöin mahdollisimman paljon avointa normaalikuuntelua, jotta tilanne on mahdollisimman vähän stressaava ja mahdolliset erot säilyttävä. Ainoa varsinainen edellytys tällaiselle sokkokuuntelulle on, että testattavan laitteen identiteetti pysyy tuntemattomana. Usein mukana on - kuten esimerkiksi HIFI-lehden käyttämissä sokkotesteissä - pitkään samana pysynyt vertailulaite, jolloin kuuntelijan on helpompi saada jatkuvuutta ja yleispätevyyttä kuunteluarvioihinsa. Esimerkiksi HIFI-lehdessä yksi kokenut asiantuntijakuuntelija suorittaa yleensä kaikki sokkokuuntelut. Kaksoissokkouttamista ei yleensä ole tarpeen käyttää, koska tarkoitus ei ole jatkuvasti todistaa äänellisten erojen olemassaoloa. Tarkempi kuvaus erilaisista sokkokuuntelumenetelmistä, kuten AB- ja ABX-testeistä, löytyy HIFI-lehdestä, jossa on kerrottu myös lehden käyttämistä kuuntelumenetelmistä. (Tuomela 1999.)

Yksinkertaisen sokkokuuntelun tarkoitus ei ole varsinaisesti todistaa, että laitteiden välillä on tilastollisesti merkitseviä eroja. Tähän se ei pienten otosmäärien ja kuunteluarvioiden kvalitatiivisen luonteen takia pysty. Lähinnä yksinkertaisen sokkotestin tarkoitus on kuvailla laitteiden välisiä äänenlaatueroja mahdollisimman puolueettomasti, antamatta laitteen hinnan tai muun tiedon vaikuttaa arvioihin. Tämäntyyppisessä sokkokuuntelussa on kuitenkin se ongelma, että kuuntelija voi periaatteessa keksiä laitteiden välille eroja kuinka paljon tahansa, vaikka niitä ei todellisuudessa

olisikaan. Yleensä AB-kuuntelun tulosten katsotaan saavan kvalitatiivisen todistusvoimansa useamman kuuntelijan toisistaan riippumattomista mutta enemmän kuin satunnaisesti yhteneväisistä kuunteluarvioista (Tuomela 2000). Tällaisten tulosten todellista yhteneväisyyttä on kuitenkin arvioiden vapaamuotoisesta luonteesta johtuen hankala osoittaa merkitseviksi kvantitatiivisin keinoin.

3.1.2 ABX-testi

Mikäli kuuntelun tavoite on todentaa laitteiden välisiä äänenlaatueroja ja hallita niitä tilastollisesti, käytetään yleensä ABX-sokkokuuntelua. ABX-testejä on käytetty audioteollisuuden tarpeisiin vuodesta 1977, jolloin Southeastern Michigan Woofer and Tweeter Marching Society käytti metodia ratkaistakseen pitkään jatkuneen kiistan hifivahvistimien välisistä äänenlaatueroista. Tämän jälkeen ABX-testistä on tullut eräänlainen kyseenalaistamaton sokkotestin paradigma audioalalla. Myös AES on käyttänyt runsaasti ABX-testejä erilaisten äänenlaatuerojen tutkimiseen. Keskeinen kognitiivinen ero AB-testiin verrattuna on se, että ABX-testissä on tarkoitus tunnistaa laite mutta ei välttämättä kuvailla sen ääntä (Tuomela 1999).

ABX-kuuntelussa vertaillaan kahta laitetta, joiden molempien identiteetti voi olla kuuntelijan tiedossa. Kuuntelija pitää kädessään ns. komparaattoriin yhdistettyä kaukosäädintä, jossa on kolme näppäintä: A, B ja X. Näppäin A kytkee soimaan vertailulaitteen, näppäin B testilaitteen ja näppäin X jommankumman laitteen riippuen siitä, kumman kuuntelulaitteistoon yhdistetty tietokone arpoo. Arvonnan tapahduttua kuuntelija ilmoittaa vastausnäppäimellä, kuulostaako X testilaitteelta vai vertailulaitteelta. Tämän jälkeen alkaa uusi kuuntelujakso, jossa tietokone arpoo X:n identiteetin uudelleen. Koska tietokone arpoo X:n identiteetin, menetelmä täyttää myös kaksoissokkokokeen kriteerit. Uudelleenarpomisprosessia toistetaan niin kauan, että tuloksiin saadaan tilastollista

luotettavuutta. Usein näytteiden määränä käytetään 10–20 toistoa. Lopuksi oikeiden vastausten määrä tarkistetaan tietokoneen muistista. ABX-kuuntelun ongelmana on pidetty kuitenkin toisinaan sitä, että se ei välttämättä tuo esiin sellaisia eroja, joita muilla monimutkaisemmilla sokkokuuntelumenetelmillä näyttää löytyvän. (Tuomela 1995; Tuomela 1999).

Yhteinen vaikeus erilaisille sokkokuuntelukokeille on se, että osa koehenkilöistä voi kokea jokaisen niistä liian kontrolloiduksi ja stressaavaksi. Mikäli kuuntelua ei saa suorittaa omaan tahtiin, avoimena ja tutuissa olosuhteissa, voi se tuoda ylimääräisen ja tuloksia vääristävän tekijän mukaan kuunteluun. Yksi syy esimerkiksi ABX-testin stressaavuuteen saattaa olla se, että toisinaan koeasetelmat on muotoiltu huolimattomasti ja tarkoitushakuisesti; todistamaan, että eroja ei voi olla (Harley 1992).

3.2 Kuuntelukokeen käytännön kysymykset

Kuuntelukokeen suunnittelun sisältyy monia sellaisia tekijöitä, joista ei ole edes audioalan ammattilaisten keskuudessa täyttä yksimielisyyttä. Yhtäältä vaaditaan usein, että kokeen tulisi olla koehenkilölle mahdollisimman stressitön ja luonteva. Toisaalta korostetaan sitä, kuinka luotettavien tulosten saamiseksi koejärjestelyn tulee olla kaksoissokkona toteutettu ja muutenkin tiukasti kontrolloitu. Avoimia käytännön kysymyksiä jää siis varsin paljon. Toistaiseksi epäselvää on esimerkiksi, tuleeko kuuntelun tapahtua sokkona vai avoimena? Vaikuttavatko avoimena annettuun arvioon muutkin asiat kuin laitteen äänenlaatu? Minkälainen koehenkilö on ihanteellinen erottamaan erilaisia laitteita äänenlaadun perusteella toisistaan: muusikko, maallikko, hifiharrastaja vai joku muu? Minkälainen ympäristö on ihanteellinen kuuntelukokeiden suorittamisen kannalta?

Onko luotettavan testin oltava luonteeltaan kaksoissokkotesti vai riittääkö yksinkertainen sokkotesti?

Kuuntelemalla saatuihin ja asiantuntijan tekemiin äänenlaatuarvioihin vaikuttavia kognitiivisia tekijöitä on tutkittu kognitiivisessa psykologiassa hyvin vähän. Suuri osa äänenlaadun ja asiantuntijuuden yhdistävästä tieteellisestä tutkimuksesta on hyvin teknispainotteista ja soveltavaa. Tässä suhteessa subjektiivisen äänenlaadun tutkiminen muistuttaa esimerkiksi maku- ja hajututkimusta, jossa alan oma, vahvasti soveltava ja luonnollisessa ympäristössä tehtävä tutkimus on edennyt omaa rataansa, kognitiivisesta psykologiasta irrallaan (Abdi 2002). Kattavia, psykologiseen teoriaan perustuvia ohjeita tai normeja hyvälle kuuntelukokeelle ei ole toistaiseksi olemassa, vaikka audioalalla on olemassa erilaisia muodollisia ohjeita (ks. esim. Lipshitz & Vanderkooy 1980; AES 1996) siitä, miten kunnollinen kuuntelukoe tulisi järjestää. Nämä perustuvat kuitenkin yleensä enemmän arkipäiväisiin kokemuksiin, sovellettuun tilastotieteeseen ja insinööritieteisiin kuin psykologian tuloksiin, joihin on kiinnitetty hyvin vähän huomiota.

Jonkinlaisena yksimielisenä ja välttämättömänä minivaatimuksena voidaan kuuntelukokeessa pitää, että kuuntelija arvioi vain ja ainoastaan ääntä eikä anna muiden tekijöiden vaikuttaa edes tiedostamatta arvioonsa (Toole 1982). On olemassa näyttöä siitä, että tietyt ulkoiset tekijät saattavat vaikuttaa kuunteluarvioon (Bodden 1997), joten kuuntelun tulisi tapahtua siten, että ei-äänenlaadulliset tekijät, kuten laitteen hinta tai ulkonäkö saataisiin varmasti poistettua tuloksista (Toole 1982; Toole & Olive 1994). Tämän tavoitteen saavuttamiseksi käytännössä ei kuitenkaan ole olemassa sellaista tapaa, joka tyydyttäisi kaikkia audioalan ammattilaisia.

3.2.1 Äänenlaatuun vaikuttavat ei-auditiiviset tekijät

Muutamat ei-auditiiviset tekijät, joita on luokiteltu ja joiden on katsottu vaikuttavan äänenlaatuarvioon, ovat äänilähteeseen itseensä liittyvät tekijät, kuten äänilähteen ulkonäkö (Toole & Olive 1994), kuuntelutilanteessa syntyvät tekijät, kuten vuorovaikutus äänilähteen kanssa, ja kuuntelijaan itseensä liittyvät tekijät, kuten odotukset äänilähteen äänenlaadusta. Näiden tekijöiden lisäksi äänenlaatuarvio on poikkeuksetta monidimensionaalinen ja kompleksinen kokonaisuus, jonka yksittäisten osa-alueiden painokerroin on erilaisille kognitiivisille ja yksilöllisille painotuksille altis. (Bodden 1997.)

Yksilöllisiä ja itse äänen arviointiin liittyviä preferenssejä ei luonnollisestikaan ole mahdollista - eikä edes tarpeellista - poistaa kokonaan. Sen sijaan ei-auditiiviseen ryhmään kuuluvien kognitiivisten häiriötekijöiden vaikutusta on perinteisesti pyritty ehkäisemään erilaisilla sokkotesteillä, jolloin tuotteen hinta, käyttöominaisuudet tai äänenlaatuodotukset eivät vaikuta siitä saatavaan äänenlaatuarvioon (Toole & Olive 1994). Ongelmaksi muodostuu tällöin se, minkälaista sokkotestiä ja asiantuntijakuuntelijaa tulisi käyttää, jotta todelliset ja pienet äänenlaatuerot saataisiin säilymään mutta samalla kognitiiviset häiriötekijät minimoitua. On siis määriteltävä, millainen on luotettava koehenkilö ja millainen validi testi.

3.2.2 Koehenkilöiden valinta: musiikin vai äänenlaadun asiantuntijuus?

Arkinen käsitys muusikkouden hyödystä äänenlaadun arvioimisessa usein on, että muusikko on paras mahdollinen koehenkilö äänenlaatua arvioimaan: koska musiikin ammattilainen tuntee instrumenttinsa soinnin läpikotaisin ja hänellä on myös musiikin rakenteisiin liittyvää osaamista,

niin hän oletettavasti osaa myös arvioida hifilaitteiden eri soittimien ääntä vääristävän vaikutuksen parhaiten. Asia ei kuitenkaan ole näin yksinkertainen, vaikka joissakin koeasetelmissa niin onkin oletettu (Precoda & Meng 1997).

Musiikin asiantuntijuuteen saattaa liittyä selvästi äänenlaadun asiantuntijuudesta poikkeavia tekijöitä. On olemassa viitteitä siitä, että melodian kuulemiseen erikoistuneen muusikon suorituskyky äänenlaadun arvioinnissa ei ole mitenkään poikkeuksellisen hyvä, mikäli tämä ei ole kiinnostunut äänentoistolaitteista (Hirvonen 2002, s. 9). Eräs syy saattaa tähän löytyä muusikon asiantuntijuuteen liittyvistä erityspiirteistä. Tästä huolimatta äänenlaatututkimuksissa on usein samaistettu muusikot ja äänenlaadun ammattilaiset koehenkilöinä (ks. esim. Precoda & Meng 1997). Yksi syy saattaa olla se, että muusikkokoehenkilöitä on huomattavasti helpompi löytää tutkimuksiin kuin äänenlaadun asiantuntijoita.

Musiikin ja äänenlaadun asiantuntijuuden erityispiirteet

Musiikin ja asiantuntijuuden yhteyttä on tutkittu melko paljon, mutta äänenlaadun ja musiikin asiantuntijuuden yhteys ei ole erityisen selvä. Musiikin asiantuntijuudessa näyttäisi emootioilla ja itseilmaisulla olevan erityinen ja kaikesta muusta asiantuntijuudesta poikkeava rooli (Sloboda 1991, s. 153). Ei ole varmaa, liittyykö tämäntyyppinen asiantuntijuus millään tavoin toisinaan hyvin rutiininomaiseen, analyyttiseen ja ammattimaiseen äänenlaadun ominaisuuksien tunnistamiseen tai teknisten laitteiden äänentoistovirheiden vertailuun. Voi siis olla, että muusikon osaaminen liittyy enemmän musiikin rakenteellisiin kuin äänenlaadullisiin rutiineihin (Plomp 2002 s.20). Lisäksi on muitakin syitä olettaa, että musiikin ja äänenlaadun asiantuntijuuden yhteys voi olla monimutkaisempi kuin voisi suoralta kädeltä ajatella.

Musiikkitutkimuksesta suurin osa on keskittynyt melodisten ja rytmisten seikkojen muistamisen tutkimiseen (Crowder 2001). Melodia, äänenvoimakkuus ja rytmi ovat äänessä usein muusikolle äänenväriä (engl. *timbre*) tärkeämpiä elementtejä (Crowder 2001; Plomp 2002, s.20), eikä muusikon kyky hyödyntää äänenvärivihjeitä mieleenpalautuskokeissa ole osoittautunut olennaisesti maallikkoa paremmaksi (Crowder 2001). Tämä ei ole välttämättä ristiriidassa monien asiantuntijatutkimusten kanssa, sillä kompleksisuudessaan ja mielikuvamaisuudessaan äänenväri muistuttaa spektraalisesti enemmän äänenlaatua kuin yksinkertaista siniäänimelodiaa. Mikäli musiikin asiantuntijuus ei ulotu äänenväriin, ei sen ole myöskään erityistä syytä olettaa ulottuvan äänenlaatuun.

Spektraalisen eron lisäksi melodian ja äänenvärin mieleenpalauttamisprosessissa on eräs olennainen ero: melodiaa ja rytmiä voi motorisesti kerrata mielessään, mutta äänenvärin - eikä siis välttämättä myöskään äänenlaadun - kertaaminen ei onnistu samalla tavalla. On myös viitteitä siitä, että erilaisille ärsykkeille, kuten puhe, melodia ja äänenväri, on olemassa omat ja juuri kyseiselle ärsykkeelle erikoistuneet muistivarastonsa. (Crowder 2001).

Tällaiset tulokset viittaisivat siihen suuntaan, että muusikko ei koehenkilönä välttämättä eroa ratkaisevasti maallikosta äänenlaatuun liittyvissä koeasetelmissa. Ei ole aivan selvää, minkälaisesta musiikkitutkimuksesta olisi mielekästä vetää johtopäätöksiä äänenlaadullisten koeasetelmien tai asiantuntijakoehenkilöiden määrittelemiseen.. Musiikin ja äänenlaadun asiantuntijuuden erojen systemaattista kuvaamista vaikeuttaa se kuitenkin se puute, että äänenlaadun asiantuntijuudesta ja varsinkaan sen suhteesta musiikillisiin taitoihin ei ole olemassa paljoakaan tieteellistä tutkimusta.

3.2.3 Missä ja miten hifilaitteiden kuuntelemisen pitäisi tapahtua?

Varsinainen hifilaitteiden äänenlaadun arviointi ja sokkotestaus on ollut suurimman huomion ja kiinnostuksen kohteena enimmäkseen eri maiden hifialan lehdissä ja kansainvälisessä audioinsinöörien liitossa (*Audio Engineering Society*, jatkossa AES), joissa äänenlaatuarvioita on tutkittu erilaisin kuuntelukokein ja -järjestelyin. Vaikka kaikki varsinkaan hifialan lehdistä eivät täytä tieteellisen ja tilastollisen tutkimuksen kriteereitä, antavat ne silti viitteellistä tietoa siitä, millä menetelmillä äänenlaatueroja parhaiten kuullaan ja minkälaisilla järjestelyillä erot yleensä katoavat.

Melko varmasti voidaan sanoa, että kokonaisuutena kuunteluympäristön tulisi, sokkoudesta huolimatta, olla mahdollisimman vapaamuotoinen ja tuttu (esimerkiksi huoneakustiikan, laitteiston ja käytettyjen ääninäytteiden suhteen), ja siten muistuttaa normaaleja kuunteluolosuhteita (Leventhal 1986, s.448). Eräissä tutkimuksissa on saatu näyttöä myös siitä, että erojen kuulemiseksi kokeeseen sopivan äänenvoimakkuuden säätäminen kannattaa jättää kuuntelijan itsensä päätettäväksi (Shlien & Soulodre 1996).

Lukuiset käytännön kokemukset kuuntelukokeiden järjestämisestä viittaavat siihen, että mahdollisimman vapaat kuuntelujärjestelyt mahdollisimman tutulla laitteistolla ja tutuilla äänitteillä tuovat äänenlaadulliset erot parhaiten esiin (Tuomela 2000; Toole 1982). Erilaisten kuuntelukokeiden järjestämisen perusongelma onkin ollut yleensä siinä, miten tulisi yhdistää ristiriitaiset vaatimukset sokkona tehtävästä kokeesta ja kontrolloiduista, mutta silti mahdollisimman vapaista kuunteluolosuhteista.

Taitojen siirtyminen tutusta tuntemattomaan ympäristöön

Perustellusti voidaan kysyä, siirtyykö asiantuntijan kyky tunnistaa laitteita välttämättä vieraaseen laitteistoon ja kuunteluympäristöön? Ongelma on auditiivisten koejärjestelyjen kannalta hyvinkin olennainen, koska useimmat hifiharrastajat ja asiantuntijat kuuntelevat yleensä ääntä avoimesti kotonaan, mutta osallistuvat sokkona kontrolloituihin tunnistamiskokeisiin yleensä vieraassa ympäristössä ja vierailla laitteilla. Toisinaan juuri kuuntelukokeiden luotettavuuden lisäämiseksi on suositeltu kokeiden järjestämistä koehenkilölle mahdollisimman tutuissa olosuhteissa (Leventhal 1986). Mikään ei takaa, että asiantuntijan taidot siirtyisivät automaattisesti vieraaseen ympäristöön ja kognitiivisesti tietyin osin erilaiseen tehtävään (Chi ym. 1988, s. xvii).

On mahdollista, että opittujen kuuntelutehtävien siirtäminen äänen kuvailemisesta sen tunnistamiseen aiheuttaa samankaltaisia siirrettävyysongelmia kuin havainto-oppimisen puitteissa tutkituissa visuaalisissa tehtävissä (ks. luku 2.3.2). Erilaisissa koejärjestelyissä onkin syytä huomioida käsitteellinen ja kognitiivinen ero äänen tunnistamisen (engl. *forced choice*) ja kuvailemisen (engl. *judgement*) välillä (Shlien & Soulodre 1996). Läheskään aina eroa ei tehdä erilaisissa kuuntelukokeissa riittävän selväksi. Tunnistamisen tarkoitus on erottaa kaksi tai useampia laitteita luotettavasti toisistaan, kun taas äänen vapaalla kuvailulla pyritään ainoastaan kvalitatiivisesti tai kvantitatiivisesti kuvailemaan kulloinkin kuunneltavan laitteen ääntä.

Suurin osa tyypillisestä hifiharrastuksesta ja alan lehtiartikkeleista on keskittynyt äänen ominaisuuksien vapaaseen kuvailemiseen, kun taas kontrolloidut laitteiden luotettavaan tunnistamiseen keskittyvät sokkotestit ovat huomattavasti harvinaisempia. Audioalan lehdissä toisinaan esitetyn käsityksen mukaan absoluuttisen ja täydellisen vertailusignaalin puuttuessa pelkkä sokkona tapahtuva tunnistamiskoe olisi kognitiivisesti mahdollisimman puhdas,

yksinkertainen ja ideaalinen tapa vertailla eri laitteiden ääntä (ks. esim. Lipshitz & Vanderkooy 1980; Johnson ym. 1986, s.433). Varsinaista psykologista perustelua tälle väitteelle ei kuitenkaan ole olemassa.

Mikäli taitojen siirrettävyys tehtävästä ja ympäristöstä toiseen on huono, niin tähän asti vedetyt johtopäätökset useimmista kontrolloiduista kuuntelukokeista voivatkin aiheutua psykologisista siirrettävyystekijöistä, joita ei ole otettu huomioon, eivät siitä, että laitteiden välillä alun perin kuullut erot olisivat olleet kuviteltuja. Siitä huolimatta usein on päätelty, että todellisia eroja ei voi olla, koska harrastajat ja asiantuntijat ovat epäonnistuneet kontrolloiduissa tunnistamiskokeissa ja erityisesti ABX-testeissä (Lammenranta & Nevalainen 2000). Psykologisen virhepäätelmän lisäksi tällaiseen johtopäätökseen saattaa sisältyä myös tilastollinen virhe (Leventhal 1986).

3.3 Tilastollisen tunnistamiskokeen tulkintaongelmat

Moniin tilastollisiin sokkokuuntelukokeisiin liittyvä yhteinen piirre on se, että koejärjestelyissä käytettävä otos kostuu yhden kuuntelijan suorittamien useiden toistokertojen tai useiden koehenkilöiden toisistaan riippumattomista tuloksista. Tämäntyyppistä koetta on tyypillisesti sovellettu mitattuna samankaltaisten laitteiden subjektiivisen äänellisen eroavaisuuden todistamiseen. Koetta siis hyödynnetään silloin, kun ei toistaiseksi ole olemassa objektiivisia keinoja todentaa esimerkiksi mittaamalla kahden laitteen välistä äänenlaatueroa.

Otoskoko on yleensä kohtuullisen pieni, koska asiantuntevia harrastajia ja halukkaita koehenkilöitä on harvoin riittävän suurta määrää. Lisäksi kuunteluväsymys voi vaikeuttaa pitkien kokeiden ja useiden toistojen suorittamista. Useimmiten tapana on verrata koehenkilön kykyä erottaa kaksi

hifilaitetta toisistaan, joten oikein arvaamisen mahdollisuus jokaisella toisistaan riippumattomalla toistokerralla on täsmälleen 50 %. Todennäköisyys onnistua tunnistamaan laite oikein yhden kerran arvaamalla on siis sama kuin heittämällä kolikkoa. Lisäämällä toistokertoja saadaan kasvatettua testin tilastollista reliabiliteettia.

3.3.1 Tilastollisen tuloksen tulkitseminen

Useimmat tähän asti tehdyt sokkokuuntelukokeet tiettyjen laitetyyppien erojen tunnistamiseksi – esimerkiksi vahvistimien, kaapeleiden ja CD-soittimien välillä - ovat epäonnistuneet, vaikka kuulijat ovat olleet etukäteen tehtyjen, avointen kuuntelukokeiden perusteella täysin varmoja siitä, että kuunneltavien laitteiden välillä on eroja (ks. esim. Huss, Holt, Archibald 1985; Tuomela 1995). Tällaiset sokkokuuntelutulokset onkin toisinaan tulkittu siten, että perustason mittauskriteerit - kuten taajuusvasteen, särön, kanavatasapainon ja riittävän tehon suhteen - täyttävien laitteiden välillä ei ole todistettavasti kuultavia eroja. On kuitenkin olemassa viitteitä siitä, että tällainen tuloksen tulkinta saattaa olla monissa kuuntelukokeissa tapahtunut liian kevyin perustein. Leventhal on kuvannut kattavasti yleisimpiä kuuntelukokeiden tilastoanalyysiin liittyviä tulkintaongelmia ja erilaisia tapoja suorittaa kuuntelukokeen tilastollinen käsittely. On kuitenkin syytä korostaa, että Leventhalin kritiikki koskee ainoastaan AB- ja ABX-tyyppisiä tunnistamiskokeita. (Leventhal 1986.)

Eräs lähtökohta on nollahypoteesin määritteleminen. Yleensä nollahypoteesina käytetään väitettä, että kuultavia eroja ei ole ja nollahypoteesin kumoavana hypoteesina väitettä, että kuultavia eroja on. Tällaisessa tapauksessa testiin jää kaksi erilaista virhemahdollisuutta: tilanne, jossa erehdytään pitämään todellisuudessa kuulumattomia eroja kuultavina (ns. ykköstyypin virhe), tai tilanne, jossa

erehdytään pitämään todellisuudessa kuultavia eroja kuulumattomina (ns. kakkostyypin virhe)[10]. Toisin sanoen testi voi antaa epäluotettavia tuloksia joko siksi, että todellisia eroja ei kuulla tai siksi, että kuvitellaan olemattomia eroja.

Testin virherajaksi valitaan yleensä jokin sellainen merkitsevyystaso, jonka alapuolelle ykköstyypin virheen mahdollisuus yritetään saada. Kulloisenkin tuloksen todennäköisyys arvioidaan binomitodennäköisyydellä laskemalla. Esimerkiksi testattaessa nollahypoteesia merkitsevyystasolla 0,05 ajatellaan, että ykköstyypin virheen todennäköisyyden alittaessa 5 %, nollahypoteesi voidaan kumota ja eroja on todella kuultu. Mikäli ykköstyypin virhemahdollisuus on tätä suurempi, niin nollahypoteesi ei kumoudu ja eroja ei ole kuultu.

Binomitodennäköisyydellä laskemalla viiden prosentin virhemahdollisuuden alittava tulos saadaan esimerkiksi siten, että tunnistetaan vahvistin sokkokuuntelussa oikein vähintään yhdeksän kertaa kymmenestä, kun N=10. Kahdeksan kertaa kymmenestä ei siihen vielä riitä. Pienen otoksen ongelma on kuitenkin siinä, että käytettäessä tyypillistä merkitsevyystasoa 0.05 ja binomitodennäköisyyttä silloin kun N=10, todennäköisyys kakkostyypin virheeseen on käytännössä huomattavasti suurempi kuin ykköstyypin virheeseen. Todelliset ja kuultavat erot siis hylätään nollahypoteesia todennäköisemmin. Yksi syy tähän on se, että em. otoskoolla kahdeksan oikeaa vastausta kymmenestä ei riitä kumoamaan nollahypoteesia, koska arvaamalla sen saamisen todennäköisyys on 0.0547. Toisaalta taas yhdeksän vastausta oikein kymmenestä kumoaa nollahypoteesin jo selvästi suuremmalla voimalla kuin olisi merkitsevyystasolla .05 tarpeellista.

[10] Tämän lisäksi kaksi muuta mahdollisuutta luonnollisesti on joko pitää eroja kuultavina, silloin kun ne ovat kuultavia, ja pitää niitä kuulumattomina, silloin kun ne ovat kuulumattomia. Tällöin riittävän suurella otoksella ja onnistumisprosentilla mitään tulkinnanvaraa ei ole.

Todennäköisyys tunnistaa laite oikein yhdeksän kertaa kymmenestä arvaamalla on ainoastaan . 0108, joka alittaa jo selvästi merkitsevyystason p<.05. Otoskokoa huomattavasti kasvattamalla näin suuri merkitsevyystasojen diskreettisyys saataisiin eliminoitua, mutta käytännön ongelmaksi on usein jäänyt suuren otoksen aiheuttama kuunteluväsymys ja ammattikuuntelijoiden vähäinen määrä. (Leventhal 1986).

Pienen otoksen aiheuttaman ongelman lisäksi Leventhal esittää joukon muita tilastolliseen analyysiin liittyviä, tuloksia vääristäviä tekijöitä, jotka saattavat kasvattaa kakkostyypin virheen tyypillisessä sokkokuuntelukokeessa suhteettoman korkeaksi (ks. laskukaavat Leventhal 1986), ja jotka ovat liittyneet moniin kuuntelukokeisiin. Useimmiten tulkintavirhe on tapahtunut erot kiistävien testaajien hyväksi, koska sokkokuuntelutulosten tilastollisessa tulkinnassa ei ole otettu riittävästi huomioon kakkostyypin virheen erittäin suurta esiintymistodennäköisyyttä normaalilla otoskoolla (N<30). Käytännössä siis mahdolliset todelliset ja kuultavat erot on virheellisesti tulkittu olemattomiksi. Kakkostyypin virheen huomioon ottaminen tekisi Leventhalin mukaan monista sellaisista tutkimustuloksista, jotka on tulkittu kuultavat erot kiistävän osapuolen hyväksi tosiasiassa verifiointikyvyltään kelvottomia. Kakkostyypin virheen tasapainottaminen on kuitenkin mahdollista laskennallisella reiluuskertoimella, jonka käyttöä Leventhal suositteleekin tunnistamispohjaisissa AB- ja ABX-kuuntelukokeissa käytettäväksi. (Leventhal 1986.)

4. MENETELMÄT

4.1 Koehenkilöt

Kokeeseen osallistui koehenkilöinä seitsemän asiantuntijaksi luokiteltavaa miespuolista hifiharrastajaa. Yksi koehenkilö poistettiin otoksesta, koska hän ei ollut kuunnellut vahvistimia tutuilla laitteilla, oli epävarma arvioistaan ja halusi jälkeenpäin muuttaa niitä. Tällaisen henkilön mukana olo saattaa vääristää tarpeettomasti tuloksia (Leventhal 1994). Lopullisten tulosten analyysissä oli siten mukana kuuden asiantuntijakuuntelijan joukko.

Asiantuntijan kriteeriksi määriteltiin, viinitutkimuksen asiantuntijuuskriteerejä mukaillen (Parr ym. 2002), kaupallisesti tai journalistisesti alalla toimiminen tai vähintään kymmenen vuoden yhtäjaksoinen hifikuunteluharrastus. Pisimpään alalla toiminut asiantuntija oli työskennellyt äänentoiston parissa täyspäiväisesti yli 25 vuotta. Koehenkilöt olivat tottuneet kuuntelemaan laitteita sokkona sekä avoimesti ja toisinaan myös kuvailemaan niiden ääntä asiakkailleen tai lukijoilleen. Vuosia kestänyttä soittoharrastusta tai ammattimuusikkotaustaa ei ollut yhdelläkään koehenkilöllä. Iältään koehenkilöt sijoittuivat 30 ja 53 vuoden välille. Koulutustaso vaihteli koehenkilöillä satunnaisesti peruskoulusta korkeakoulututkintoon.

Koska varsinainen koe kohdistui äänenlaadun arvioimiseen, niin varsinaista kuulokynnysmittausta ei katsottu tarpeelliseksi suorittaa (Shlien & Soulodre 1996; Bech 1992). Ei ole myöskään olemassa sellaista yleisesti hyväksyttyä kuulomittausta, jolla koehenkilöt voitaisiin luotettavasti karsia etukäteen hyviin ja huonoihin kuuntelijoihin (Johnson ym. 1987). Yksikään koehenkilö ei kuitenkaan ole raportoinut havaittavista puutteista.

Koehenkilöotoksen koko

Bechin (1992) mukaan kokenut ja asiantunteva kuuntelija vastaa tilastolliselta luotettavuudeltaan keskimäärin seitsemää maallikkokuuntelijaa. Tämän mukaan kuuden kokeneen kuuntelijan otos vastaa siis laskennallisesti 42 maallikkokuuntelijan antamia kuunteluarvioita. Otosta ei katsottu tarpeelliseksi kasvattaa enempää, koska kokeen tarkoitus ei ollut tulosten tiettyyn perusjoukkoon yleistäminen, vaan huomion kiinnittäminen tapaustutkimuksen tyyppisesti tällä asiantuntijajoukolla tehtäviin erilaisiin sokkokuuntelumenetelmiin. Koehenkilöjoukon kasvattamisessa tulee nopeasti vastaan se ongelma, että kuuntelun asiantuntijaksi ja ammattilaiseksi laskettavia henkilöitä ei yksinkertaisesti ole Suomessa kovinkaan montaa. Lisäksi osa näistäkin on haluttomia tutkimaan kuuntelutaitojaan tieteelliset kriteerit täyttävässä sokkokoeympäristössä.

4.2 Kokeen kulku

Koeasetelma rakennettiin kaksivaiheiseksi sokkokuunteluksi, jossa tutkittiin ja vertailtiin kuuden kuuntelun asiantuntijan suoritusta erilaisissa kuuntelutilanteissa. Ensimmäisen vapaamuotoisen, koehenkilöille tutussa kuunteluympäristössä tehtävän AB-sokkokokeen tarkoitus oli tutustuttaa koehenkilöt mahdollisimman perusteellisesti testattavien vahvistimien äänenlaatuun ja katsoa, löytyykö eri kuuntelijoiden kuunteluarvioista yhteisiä piirteitä.

Aikaisempaa kokemusta järjestelyn yksityiskohdista ei juuri ollut, koska tämäntyyppistä koeasetelmaa on audioalalla käytetty äänenlaadullisten erojen kuulemiseen tiettävästi ainoastaan kerran aikaisemmin (Tuomela 1999). Tämän koevaiheessa tavoitteena oli yhdistää sellaisella tavalla sokkokuuntelu ja tuttujen kuunteluolosuhteiden hyödyntäminen, että se olisi sokkoutensa takia

luotettava mutta samalla tutun koeympäristön vuoksi koehenkilölle mahdollisimman miellyttävä. Kaikki tulokset kerättiin kyselylomakkeella, jonka sisältämä kvantitatiivinen data analysoitiin tilastollisin keinoin.

Toisessa koevaiheessa pyrittiin arvioimaan koehenkilöiden kykyä erottaa vertailtavat vahvistimet toisistaan tuntemattomassa ympäristössä ABX-tyypisellä kaksoissokkotestillä. Jokainen kuuntelija suoritti 20 toistoa ABX-komparaattoria apuna käyttäen. Onnistuminen vahvistimien äänen tunnistamisessa määriteltiin binomitodennäköisyydellä laskettua merkitsevyystasoa käyttäen.

Molemmissa koevaiheissa pyrittiin ottamaan huomioon erilaiset äänenlaatukokeisiin mahdollisesti vaikuttavat virheet Leventhalin suosittelemalla tavalla (Leventhal 1994). Jokainen koehenkilö suoritti jokaisen koevaiheen yksin eikä saanut tietää mitään muiden kuuntelijoiden arvioista. Tällä haluttiin varmistaa kuuntelutulosten täydellinen riippumattomuus toisistaan

4.2.1 AB-kuuntelu ja äänen kuvaileminen tutussa ympäristössä

Erojen kuuleminen ja kuvailu on näyttänyt yleensä osoittautuneen helpoimmaksi tutussa ympäristössä ja tutuilla laitteilla (Tuomela 2000). Tämän vuoksi koehenkilöt kuuntelivat vahvistimia aluksi AB-tyyppisenä sokkokuunteluna joko kotonaan tai muuten mahdollisimman tutussa laitteistossa omaan tahtiinsa. Jotta kognitiiviset, ergonomiset ja visuaaliset häiriötekijät olisi saatu minimoitua, koe suoritettiin vapaana sokkotestinä, siten että vahvistimet pakattiin identtisiin X- ja Y-kirjaimella merkittyihin puulaatikoihin. Laatikot oli sinetöity, jotta niitä ei voisi avata eikä vahvistimien merkkiä, hintaa tai ulkonäköä voisi päätellä mitenkään. Molemmille vahvistimille annettiin yhteinen ohjelmoitava kaukosäädin, jolla molempien äänenvoimakkuutta säädettiin ja joka poisti vahvistimien käyttöön liittyvien mahdollisten ergonomisten tekijöiden vaikutuksen. Kaikki

laitteiden kytkemiseen tarvittavat liitännät olivat identtisiä ja kiinni laatikon rungoissa. Massan tasapainottamista ei katsottu tarpeelliseksi, koska jo laatikoiden suurehko massa teki vahvistimien oikean painon päättelemisen hyvin hankalaksi.

Jokainen koehenkilö kuunteli laitteita rauhassa toisiinsa vertaillen kotonaan haluamansa ajan. Jokainen sai käyttää niin pitkiä musiikkinäytteitä, tuttua vertailuvahvistinta apunaan ja suorittaa niin nopeita vaihtoja laitteiden välillä kuin itse halusi ja kykeni. Tämän koeosuuden ensisijainen tarkoitus oli jäljitellä mahdollisimman pitkälle sellaista kuuntelutapaa, johon koehenkilöt olivat työssään tai harrastuksessaan tottuneet, joten se haluttiin pitää mahdollisimman miellyttävänä ja tuttuna. Kukaan koehenkilöistä ei saanut tietää mitään muista koehenkilöistä tai näiden arvioista, jotta kuunteluarviot saataisiin varmasti toisistaan riippumattomiksi. Vapaista kotikuunteluolosuhteista huolimatta koehenkilöillä ei siten ollut mitään keinoa selvittää, mikä laite oli missäkin laatikossa. Tällä menetelmällä varmistettiin, että koe keskittyi ainoastaan laitteiden äänenlaadun arvioimiseen. Tämän kokeen jälkeen jokainen kuuntelija palautti vahvistimet ja kokonaan täytetyn kuunteluarviolomakkeen.

Äänenlaadun määritteleminen kyselylomakkeella

Ensimmäisessä koevaiheessa äänenlaadun operationaalinen määritteleminen tapahtui kaikille koehenkilöille jaetulla kyselylomakkeella (ks. liite 1). Lomakkeessa pyydettiin arvioimaan äänenlaatua kuutta etukäteen valittua äänenlaadullista parametria eli äänenlaadun osa-aluetta käyttäen. Viisi parametria oli eri osa-alueiden hyvyyttä kuvailevia ja kuudes äänellistä preferenssiä kokonaisuutena ilmaiseva. Jokaista koehenkilöä pyydettiin pisteyttämään erikseen kaikki seuraavista äänen kuudesta osa-alueesta arvosana-asteikolla 1-5.

1. Äänen tarkkuus pienten yksityiskohtien toistamisessa
2. Äänen yleinen tasapaino, värittymättömyys ja neutraalius
3. Äänen dynamiikka, nopeus ja iskuäänitoisto
4. Äänen tarkkuus äänikuvan, soittimien paikan ja tilan välittymisen suhteen
5. Äänen yleinen eloisuus ja läsnäolon tuntu
6. Äänen paremmuus kokonaisuutena

Äänelliset osa-alueet valittiin hifialalla käytössä olevan kohtalaisen vakiintuneen terminologian (Gabrielsson & Sjögren 1979; Nederström 1999) ja aikaisemmin vastaavalla tavalla järjestetyn sokkokuuntelutestin mukaisesti (Tuomela 2000), jotta termien tulkinnalliset seikat eivät olisi heikentäneet tulosten reliabiliteettia. Kyselylomakkeen sanasto pyrittiin pitämään kaikkein yleisimmin käytettyjen termien mukaisena. Varsinaisia kontrollikysymyksiä tai synonyymisiä kysymyksiä ei käytetty, vaan lomake pyrittiin pitämään mahdollisimman yksiselitteisenä ja selkeänä, kuten hyvin subtiilien ja subjektiivisten äänenlaatuerojen arvioinnissa on ollut tapana (Furmann 1990; Oohashi ym. 2000). Selvästi erillisillä osa-alueilla haluttiin myös taata parametrien semanttinen riippumattomuus toisistaan ja pyrkiä siten eliminoimaan se, että kaikki termit eivät välttämättä merkitse kaikille kuuntelijoille täsmälleen samaa asiaa.

Parametrien järjestys oli satunnaistettu erikseen jokaisen koehenkilön vastauslomakkeeseen, jotta arviointijärjestys ei olisi vaikuttanut lopputulokseen. Lomake annettiin kaikille koehenkilöille ennen ensimmäistä kuuntelua, jotta kaikki sen sisältämät parametrit tulisivat varmasti huomioiduksi kuuntelutilanteessa. Lisäksi lomakkeeseen kuului kvalitatiivinen osuus, jossa koehenkilö sai kertoa verbaalisesti niistä äänenlaatuerosta, joita etukäteen valitut parametrit eivät riittäneet kuvaamaan.

On syytä korostaa, että eri osa-alueiden tai varsinkaan yleisen preferenssin arvioimisessa ei ole olemassa yhtä oikeaa vastausta. Äänenlaatua ei voi määritellä objektiivisesti tai yksiselitteisesti a priori, osittain syistä, jotka jo edellä mainittiin (luku 1.2.1). Viime kädessä kysymys on subjektiivisesta hyvyydestä, jonka jokainen kuuntelija määrittelee oman kokemuksensa perusteella. Kokeen kannalta asialla ei ollut merkitystä, koska tavoitteena oli löytää tilastollisesti merkitseviä eroja vahvistimien välille, ei päättää, kumpi on absoluuttisella asteikolla ääneltään parempi. Seuraavassa ABX-tyyppisessä kokeessa paremmuuteen ei tarvinnut ottaa lainkaan kantaa, ainoastaan erottaa laitteet toisistaan.

4.2.2 ABX-kuuntelu ja äänen tunnistaminen tuntemattomassa ympäristössä

Äänenlaatuun kotona tutustumisen jälkeen kokeessa seurasi toinen vaihe, jossa arvioitiin koehenkilöiden kykyä tunnistaa vahvistimet sokkona suoritettavassa ja tuntemattomalla laitteistolla tehtävässä, kaksoissokkokokeen kriteerit täyttävässä ABX-vertailussa. Koehenkilöiden suorittamassa sokkokuuntelutehtävässä siis tapahtui siirtymä ensimmäisessä vaiheessa tapahtuvasta äänen vapaasta kuvailemisesta ja arvottamisesta kontrolloituun tunnistamistehtävään. Tämä kokeen osuus suoritettiin HIFI-lehden laboratoriossa sellaisella laitteistolla, jota kenelläkään kuulijoista ei ollut tilaisuutta kuunnella etukäteen. Laitteiston tuntemattomuus varmistettiin käyttämällä vertailussa sellaista kaiutinta, jota ei ole kaupallisesti saatavilla. Tällä haluttiin varmistaa se, että käytettävä laitteisto on kokonaisuutena kaikille koehenkilöille varmasti tuntematon.

Kokeen aluksi jokainen koehenkilö sai tutustua noin puolen tunnin ajan ABX-laitteiston toimintaan AB-tyyppisillä vaihdoilla. Tässä vaiheessa oli mahdollisuus kokeilla rauhassa omaan tahtiin, kuinka vahvistimien erot tällä laitteistolla kuuluvat ja säilyivätkö ne luonteeltaan samantyyppisinä kuin aikaisemmassa kuuntelussa omalla laitteistolla. Lisäksi kuuntelija sai valita itselleen kokeen ajaksi

sopivan äänenvoimakkuuden. Laitteistoon tutustumisen jälkeen aloitettiin varsinainen ABX-testi. Testissä suoritettiin 20 toistokertaa kuulijan itse valitsemaan tahtiin niin, että tiukkaa aikarajaa ei annettu. Varsinaiseen ABX-testiin käytettiin aikaa keskimäärin noin tunnin verran.

4.3 Vertailussa käytetyt vahvistimet

Kuuntelukokeissa käytettiin kahta kaksikanavaista integroitua vahvistinta, joista toisen hinta oli testihetkellä noin 3000 euroa (Audionet SAM) ja toisen noin 350 euroa (Onkyo A-9211). Vahvistimien äänenvoimakkuuden säätämisessä käytetty ohjelmoitava kaukosäädin oli Rotel RR-1050.

Molemmat vahvistimet on aikaisemmin testattu HIFI-lehdessä, jossa niille on suoritettu avoin- ja sokkokuuntelukoe sekä tehty tavanomaiset mittaukset (Hermunen 2001; Nederström 2002). Suuren hintaeron lisäksi vahvistimet poikkesivat HIFI-lehden tekemien kuuntelutestien perustella ääneltään selvästi toisistaan, joskin mitattavilta ominaisuuksiltaan (taajuusvaste, antoteho, kanavatasapainon vaihtelu ja harmoninen särö) molempia voi pitää hyvänä ja toisistaan hyvin vähän poikkeavana. Kaikissa tämän tutkimuksen kuuntelukokeissa käytetyt tehot olivat varsin maltillisia, joten vahvistimien tehoerot eivät päässeet vaikuttamaan äänenlaadun arviointiin.

4.4 Ärsykkeet

Koehenkilöt käyttivät kaikissa kokeissa itse vapaasti valitsemaansa musiikkia, koska yksiselitteisen erot paljastavaa ja yleispätevää testimateriaalia ei ole – itse tehtyjä akustisia tallenteita lukuun

ottamatta - olemassa (Lipshitz 1980; Toole 1982). Musiikin tuttuus näyttää olevan olennainen tekijä kyvyssä hyödyntää sitä mahdollisimman tarkasti ja monipuolisesti (Toole 1982). Lisäksi ärsyke haluttiin havainto-oppimisen oletettavasti pienen siirtovaikutuksen vuoksi pitää mahdollisimman samanlaisena kuin se, millä suurin osa erojen kuulemiseen ja niihin tottumiseen liittyvästä oppimisesta on useimmilla koehenkilöillä tähän asti tapahtunut.

Jokainen koehenkilö valitsi vapaasti omasta kokoelmastaan ne tutut äänitteet, jotka tuntuivat tuovan vahvistimien erot parhaiten esiin. Koehenkilöiden tuli kuitenkin käyttää samoja äänitteitä kokeen molemmissa vaiheissa, sekä tutussa että tuntemattomassa ympäristössä tapahtuvassa kuuntelussa. Samojen äänitteiden käyttäminen varmistettiin keräämällä tiedot levyistä heti ensimmäisen koevaiheen päätyttyä.

4.5 Tulosten kerääminen ja analyysi

Kaikki ensimmäisen koevaiheen kyselylomakkeen sisältämät kvantitatiiviset tulokset analysoitiin SPSS 11.0 for Windows -tilasto-ohjelmaa käyttäen. Kyselylomakkeen tulokset analysoitiin Wilcoxonin non-parametrista testiä käyttäen. Merkitsevyystaso laskettiin yksisuuntaisen hypoteesin mukaan. Lisäksi jokaiselle äänen osa-alueelle laskettiin keskiarvopisteet ja vahvistinkohtainen keskihajonta.

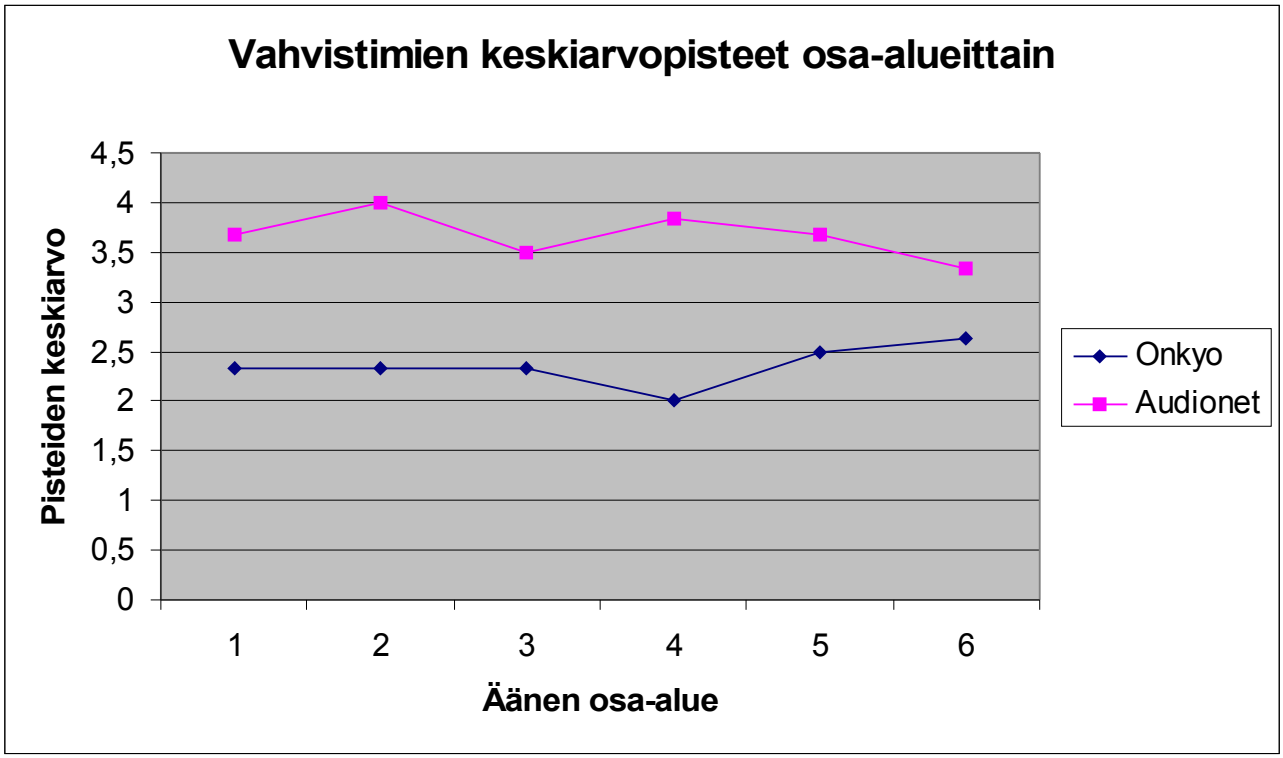
Kaikki jälkimmäisen koevaiheen ABX-testin tulokset analysoitiin Leventhalin suosittelemalla tavalla binomitodennäköisyyttä käyttäen. Toistojen määräksi valittiin kuuntelukokeissa tyypillinen 20, jolloin Leventhalin taulukosta saatiin suoraan, ilman ylimääräisiä laskutoimituksia, esiin kulloisenkin tuloksen merkitsevyystaso. (Leventhal 1986).

5. TULOKSET

5.1 Tulokset AB- ja ABX-testissä

Vahvistimien AB-testissä saamissa keskiarvopisteissä havaittiin eroja äänen kaikilla osa-alueilla. Pistediagrammi (kuva 1) kuvaa vahvistimien saamia keskiarvopisteitä ja niiden eroja osa-alueittain (1-6). Kalliimpaa vahvistinta pidettiin äänen jokaisella osa-alueella parempana. Suurimmat keskiarvopiste-erot liittyvät osa-alueisiin 1 (”äänen tarkkuus pienten yksityiskohtien toistamisessa”) 2, (”äänen yleinen tasapaino, värittymättömyys ja neutraalius”) ja 4 (”äänen tarkkuus äänikuvan, soittimien paikan ja tilan välittymisen suhteen”). Keskiarvopisteiden ero oli pienin osa-alueella 6, joka kuvaa äänenlaadun yleistä paremmuutta. Vastaajien pisteytyksen erimielisyyttä kuvaava keskihajonta oli suurimmillaan Onkyon osa-alueella 6 ja pienimmillään Audionetin osa-alueella 4 (taulukko 1).

Erot vahvistimien välillä olivat tilastollisesti merkitseviä ($p<.05$) äänen osa-alueilla 2 (”äänen yleinen tasapaino, värittymättömyys ja neutraalius”, $z = 2.232$, N-sidokset = 6, $p = 0.013$, yksisuuntainen), 3 (”äänen dynamiikka, nopeus ja iskuäänitoisto”, $z = 1.725$, N-sidokset = 6, $p = 0.042$, yksisuuntainen) ja 4 (”äänen tarkkuus äänikuvan, soittimien paikan ja tilan välittymisen suhteen”, $z = 2.232$, N-sidokset = 6, $p = 0.013$, yksisuuntainen). Erojen merkitsevyystaso äänen osa-alueittain näkyy taulukossa 1.



Kuva 1. Vahvistimien AB-testissä saamien keskiarvopisteet äänen osa-alueittain jaoteltuna, kuvan pystyakselilla pistekeskiarvo ja vaaka-akselilla äänen osa-alueet. Audionet arvioitiin äänen kaikilla osa-alueilla paremmaksi kuin Onkyo. (Osa-alueet: 1=äänen tarkkuus pienten yksityiskohtien toistamisessa, 2=äänen yleinen tasapaino, värittymättömyys ja neutraalius, 3=äänen dynamiikka, nopeus ja iskuäänitoisto, 4=äänen tarkkuus äänikuvan, soittimien paikan ja tilan välittymisen suhteen, 5=äänen yleinen eloisuus ja läsnäolon tuntu, 6=äänen paremmuus kokonaisuutena).

Taulukko 1. Vahvistimille annetut keskiarvopisteet (suluissa keskihajonta) ja erojen merkitsevyystaso (p-arvo) äänen osa-alueittain jaettuna. Keskihajonta oli suurinta Onkyon osa-alueella 6 (”äänen paremmuus kokonaisuutena”). Erot olivat merkitseviä osa-alueilla 2 (”äänen yleinen tasapaino, värittymättömyys ja neutraalius”), 3 (”äänen dynamiikka, nopeus ja iskuäänitoisto”) ja 4 (”äänen tarkkuus äänikuvan, soittimien paikan ja tilan välittymisen suhteen”).

Äänen osa-alue	1	2	3	4	5	6
Audionet	3.7 (0.9)	4 (0.6)	3.5 (0.5)	3.8 (0.4)	3.7(0.9)	3.3 (0.8)
Onkyo	2.3 (0.9)	2.3 (0.5)	2.3 (0.9)	2.0 (0.6)	2.5 (1.0)	2.6 (1.1)
Erojen merkitsevyys	.084	.013	.042	.013	.101	.172

Jälkimmäisessä, ABX-tyyppisessä testissä yksikään koehenkilöistä ei pystynyt luotettavasti erottamaan vahvistimia toisistaan. Oheisessa taulukossa (taulukko 2) näkyy erikseen jokaisen koehenkilön oikeiden vastausten määrä 20 näytteestä. Jokaiselle ABX-tulokselle on laskettu sitä vastaavan binomitodennäköisyyden merkitsevyystaso (ks. laskutaulukko, esim. Leventhal 1994; Leventhal 1986), joka on ilmoitettu omassa sarakkeessaan. Erot eivät olleet yhdenkään kuuntelijan kohdalla merkitseviä. Tulokset olivat lisäksi keskimäärin niin lähellä satunnaista riviä, että minkäänlaista tilastollista reiluusfaktoria ei katsottu tarpeelliseksi käyttää apuna tulosten analysoinnissa. (Leventhal 1986).

Taulukko 2. ABX-kokeen tulos oikeiden vastausten määränä, kun näytteiden määrä on 20. Tulosta vastaava erojen merkitsevyystaso (p-arvo) on viimeisessä sarakkeessa erikseen jokaiselle koehenkilöille esitettynä. Erot eivät olleet yhdenkään kuuntelijan kohdalla merkitseviä.

Koehenkilö	**Oikeita vastauksia/näytteitä**	**Erojen merkitsevyys**
1	10/20	.59
2	13/20	.13
3	9/20	.75
4	12/20	.25
5	9/20	.75
6	12/20	.25

6. POHDINTAA

6.1 Tulosten tarkastelua

6.1.1 AB-testin tulosten tarkastelua

Tutulla laitteistolla suoritetun AB-kuuntelun tulokset tukivat kuuntelukokeen ensimmäiseen osaan liittyviä hypoteeseja siitä, että asiantuntijakuuntelijat kykenevät erottamaan sokkokokeessa kahden erihintaisen vahvistimen äänentoisto-ominaisuudet toisistaan. Kalliimpaa vahvistinta pidettiin keskiarvopisteiden perusteella parempana kaikilla äänen osa-alueilla, erityisesti osa-alueella 1 (”äänen tarkkuus pienten yksityiskohtien toistamisessa”), 2 (”äänen yleinen tasapaino, värittymättömyys ja neutraalius”) ja 4 (”äänen tarkkuus äänikuvan, soittimien paikan ja tilan välittymisen suhteen”). Erot olivat merkitseviä äänen osa-alueilla 2 (”äänen yleinen tasapaino, värittymättömyys ja neutraalius”), 3 (”äänen dynamiikka, nopeus ja iskuäänitoisto”) ja 4 (”äänen tarkkuus äänikuvan, soittimien paikan ja tilan välittymisen suhteen”).

Myös kuulijoiden pisteytyseroja kuvaava hajonta oli osa-alueella 4 keskimäärin kaikkien pienintä, mikä saattaa kuvata erityistä yksimielisyyttä tiettyjen äänen osa-alueiden arvioinnissa. AB-testin tulos antaakin aihetta olettaa, että kaikkia vahvistimien välillä havaittuja eroja ei voida selittää tyhjentävästi tavanomaisin mittaustuloksin. Tällainen tulos on sopusoinnussa joidenkin audioalan aikaisempien koetulosten kanssa, esimerkiksi HIFI-lehden tekemien kuuntelukokeiden kanssa (ks. esim. Tuomela 1995; Tuomela 2000), joskaan tämäntyyppisiä tuloksia ei aikaisemmin ole raportoitu tieteellisessä kontekstissa.

Lisäksi mielenkiintoinen ja hypoteesien perusteella odottamaton oli havainto, että sillä äänen osa-alueella (6), joka liittyy vahvistimien äänenlaadun preferenssiin kokonaisuutena, vahvistimien väliset keskiarvopisteiden erot olivat kaikkein pienimmät. Lisäksi samalla osa-alueella hajonta pisteytyksessä oli kaikkein suurinta Onkyon vahvistimen suhteen. Nämä tulokset tuntuisivat yhdessä viittaavan siihen, että vaikka koehenkilöt erottivat vahvistimet äänen yksittäisten ominaisuuksien perusteella toisistaan, niin henkilökohtaiset äänimieltymykset voivat vaihdella selvästi kokeneidenkin kuulijoiden välillä. Toinen mahdollinen selitys tulokselle on se, että preferenssin arvioiminen kokonaisuutena on kokeneellekin kuuntelijalle yksittäisten osa-alueiden arvioimista vaikeampaa. Tämä saattaisi johtua esimerkiksi eri äänen osa-alueiden voimakkaan modulaarisesta prosessoinnista, mistä johtuen kokonaiskuvaa voi olla hankala muodostaa. Modulaarisuutta on havaittu esimerkiksi musiikin prosessoinnin alueella (Zatorre & Krumhansl 2002), esimerkiksi rytmin eri osa-alueilla (Tramo 2001), joten myös äänenlaadun käsittelemisessä tällainen lähtökohta voisi olla luonteva. Tarkempien tutkimustulosten puuttuessa ei asiaa voida kuitenkaan tässä yhteydessä lopullisesti ratkaista.

6.1.2 ABX-testin tulosten tarkastelua ja testitulosten vertailua

Tuntemattomalla laitteistolla suoritettavan ABX-kokeen tulokset osoittivat, että kuuntelijat eivät osanneet enää tässä koevaiheessa luotettavasti erottaa vahvistimien ääntä toisistaan. Tämän perusteella ABX-tyypinen koe, yhdessä tuntemattoman testiympäristön kanssa, näytti hävittävän sellaisia äänellisiä eroja, joita saatiin esiin AB-tyyppisellä sokkokoemenetelmällä. Miten tällainen tulos pitäisi tulkita?

Äänellisten erojen ollessa hyvin pieniä (esimerkiksi vahvistimien erotuskyvyn todellinen p=.06) kakkostyypin virhemahdollisuus, eli todellisten erojen pitäminen kuulemattomina, on parhaimmalla

ABX-testissä saadulla tuloksella 0.82 (13 oikeaa vastausta, kun N=20). Jos vastauksia tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena, kakkostyypin virhemahdollisuus pienenee tasolle 0.08 (65 oikeaa vastausta, kun N=120), mutta luku on edelleen liian korkea varmojen johtopäätösten tekemiseen. ABX-testin tuloksista ei voida siten varmasti myöskään päätellä, että kukaan koehenkilö ei kuullut mitään eroja. (Leventhal 1986.). Asiantuntijoiden epäonnistuminen (s.o. kyvyttömyys erottaa laitteita toisistaan luotettavasti toisistaan) ABX-testeissä on ollut aikaisemmissakin kokeissa hyvin tyypillistä (Huss ym. 1985).

Tässä tutkimuksessa AB- ja ABX-kokeiden ristiriitainen tulos voidaan tulkita johtuvaksi aistinvaraisten asiantuntijakykyjen vaikeasta siirrettävyydestä tehtävästä toiseen (Goldstone 1998). Tämä tulkinta ei kuitenkaan vielä kerro sitä, miksi vahvistimet erotettiin nimenomaan AB-kokeessa mutta ei enää ABX-kokeessa, ja mistä siirtovaikutuksen puuttuminen johtui. Eräs selitys siirtovaikutuksen puuttumiselle voi olla fysikaalisesti ja akustisesti hyvin erilainen kuunteluympäristö kuin mihin suurin osa kuuntelijoista on normaalikuuntelussaan tottunut. Toisaalta kysymys voi olla tavanomaisesta kuuntelusta selvästi poikkeavan testausmenetelmän aiheuttamista kognitiivisista tekijöistä. Kognitiivista selitystä tukee se, että koehenkilöt raportoivat äänellisten erojen kuuluvan myös tuntemattomassa ympäristössä vielä testin siinä vaiheessa, kun ABX-laitteistoon tutustuttiin AB-tyyppisesti, mutta katoavan varsinaisen ABX-testin alkaessa. Moni koehenkilö totesikin joutuneensa ABX-vaiheessa arvaamaan vahvistimien identiteettiä.

Edellisen perusteella voisi olettaa, että testin kognitiivisella luonteella on suurempi merkitys äänen tunnistamisen kannalta kuin kuunteluun käytetyllä laitteistolla. Tässä yhteydessä ei kuitenkaan erikseen testattu tilastollisesti, olivatko koehenkilöiden kuulemat erot todellisia myös ABX-laitteistolla tehdyssä AB-kuuntelussa, joten pelkästään tämän kokeen tuloksesta ei voida varmasti päätellä, mistä tunnistamisen vaikeus johtui. Kognitiivista selitystä ristiriidalle näyttäisi tukevan

ainakin yksi audioalan kuuntelukoe, jossa samassa testissä ja samoilla laitteilla saatiin tilastollisesti merkitseviä eroja AB-tyyppisen testin sovellutuksella mutta ei enää ABX-tyyppisellä testillä (Tuomela 1995). Koetta ei kuitenkaan ole tämän jälkeen kertaakaan toistettu.

Asiantuntijakuuntelijoiden onnistunut suoriutuminen AB-testissä mutta heikko suoriutuminen ABX-testissä saattaisi tuoda osaselityksen sille, miksi audioalalla on tähän saakka saatu hyvin ristiriitaisia tuloksia esimerkiksi vahvistimien äänellisiä eroja tutkittaessa ja miksi pitkään jatkuneita kiistoja ei ole saatu vielä ratkaistua (Lammenranta & Nevalainen 2000; Toole 1982; Toole & Olive 1994; Tuomela 1999).

6.2 Johtopäätökset ja jatkotutkimusmahdollisuuksia

Tämän tutkimuksen tulokset tukevat oletusta siitä, että vahvistimien äänellisiä eroja arvioitaessa kuuntelukokeista ei ole toistaiseksi syytä luopua. Monipuolisten mittauksien lisäksi laitteiden testaamisessa on perusteltua käyttää myös jatkossa huolellisia sokkokuuntelukokeita. Sokkokuuntelujärjestely on tärkeää toteuttaa sellaisella tavalla, että se ei pääse hävittämään todellisia eroja laitteiden välillä. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaankin olettaa, että ABX-testin ja tuntemattoman kuunteluympäristön sijaan kuuntelukoe kannattaa varmuuden vuoksi suorittaa jollain muulla sokkomenetelmällä, jos laitteiden erot ovat hyvin pieniä. Tällaista johtopäätöstä puoltaa myös se tilastollinen tosiasia, että kakkostyypin virheen eliminoimiseksi ABX-testeissä pitäisi käyttää kohtuuttomaan suuria toistomääriä tai erittäin suurta asiantuntijoiden joukkoa (Leventhal 1986).

Lisäksi sokkokuuntelukoetta suunnitellessa on syytä huomioida myös se, että kokeneidenkin asiantuntijakuuntelijoiden henkilökohtaisilla preferensseillä saattaa olla merkittävä vaikutus kuuntelukokeen lopputuloksen kannalta. Siksi - äänellisen paremmuuden ilmaisemisen lisäksi - kunnollinen kuunteluterminologian hallinta ja erojen analyyttinen kuvaileminen voi olla erilaisissa kuuntelukokeissa aiheellista. Tämä luonnollisesti vaatii asiantuntijakuuntelijoiden käyttämistä kokeessa.

AB- ja ABX-testien ristiriitaisten tulosten perusteella eräs mielenkiintoinen jatkotutkimusmahdollisuus liittyy esimerkiksi sen selvittämiseen, mistä tekijästä taitojen siirtovaikutuksen vähäisyys AB-testistä ABX-testiin johtui. Onko kyseessä kognitiivinen ongelma (testin muuttuminen), laitteistoon ja akustiikkaan liittyvä ongelma (koeympäristön fysikaalinen muuttuminen), molempien tekijöiden summavaikutus vai mahdollisesti joku kokonaan muuntyyppinen ongelma? Koska tutkimustietoa aiheesta ei toistaiseksi ole olemassa riittävästi, niin molemmat selitykset tarjoavat luontevan mahdollisuuden uusien tutkimushypoteesien luomiselle.

Eräs yksinkertainen tapa tutkia siirrettävyysongelmaa lisää, olisi suorittaa vastaavalle asiantuntijakoehenkilöjoukolle AB- ja ABX-testi täsmälleen samanlaisissa olosuhteissa ja verrata näistä testeistä saatuja tuloksia keskenään. Toinen, yhtä helposti toteutettava tapa tutkia asiaa olisi kognitiivisesti s.o. tehtävänannoltaan muunneltu ABX-testi, jossa yhdistyisivät äänellisten erojen luonteva kuvaaminen ja ABX-kaksoissokkokriteerit. Käytännössä tällainen testi saataisiin aikaan tavanomaisena ABX-testinä, siten että kuuntelija kuvailisi ja pisteyttäisi jokaisella näytteellä erikseen A:n, B:n ja X:n ajatellen, että vertailtavana on kolme eri laitetta. Tällöin testi muistuttaisi kognitiivisesti tavallista, äänenlaatua kuvailevaa AB-testiä, vaikka kyseessä olisi tilastollisessa mielessä aivan normaali ABX-testi. Tämäntyyppisten tutkimusten tulosten perusteella voisi olla mahdollista kehittää jonkinlainen äänenlaadun arviointiin spesifisti liittyvä kognitiivinen tai

psykoakustinen malli ja siihen liittyvä kuuntelukoesuositus, kuten esimerkiksi pakkaavien digitaalikoodereiden kohdalla on jo yritetty tehdä (Treurniet & Soulodre 2000).

Kokonaan toisentyyppisen jatkotutkimusmahdollisuuden tarjoaisi perinteinen maallikko- ja asiantuntijakuuntelijoiden kuuntelusuorituksen vertaileminen erilaisissa koetilanteissa. Vertailemalla asiantuntijan ja maallikon suoritusta erilaisissa koeolosuhteissa voitaisiin saada tietoa esimerkiksi siitä, kuinka yleisen preferenssin arvioiminen eroaa muiden äänen osa-alueiden arvioinnista asiantuntijan ja maallikon välillä. Onko maallikon – toisin kuin tämän tutkimuksen perusteella asiantuntijan - helpompi kuvailla yleistä preferenssiä kuin äänen erillisiä osa-alueita? Lisäksi tällaisten tutkimusten tuloksista voitaisiin päätellä ehkä jotakin siitä, minkälaisissa kuuntelukokeissa maallikon ja asiantuntijan kykyjä saadaan parhaiten hyödynnettyä.

7. Lähteet

Abdi, H. (2002). What can cognitive psychology and sensory evaluation learn from each other? *Food Quality and Preference*, 13, 445–451.

AES20-1996 (1996). AES Recommended practice for professional audio—subjective evaluation of loudspeakers. *Journal of the Audio Engineering Society*, 44, 383-401.

Baddeley, A. (2000). The Episodic memory: a new component of working memory, *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 417-423.

Bech, S. (1992). Selection and training of subjects for listening tests on sound-reproducing equipment. *Journal of the Audio Engineering Society*, 40, 590-605.

Bergman, A. S. (2001). Auditory scene analysis: Hearing in complex environments. Teoksessa S. McAdams & E. Bigand (Toim.) (2001). Thinking in sound – The cognitive psychology of human hearing. Oxford: Clarendon Press.

Bodden, Markus (1997). Instrumentation for sound quality evaluation. *Acustica/acta acustica*, 83, 775 – 783.

Chi, M., Glaser, T.H, & Farr, M.J, (Toim.) (1988). The nature of expertise. New Jersey: Hillsdale.

Cowan, N. (1995). Attention and memory: An integrated framework. New York: Oxford University Press.

Crowder, R. G. (2001). Auditory memory. Teoksessa S. McAdams & E. Bigand (Toim.) (2001). Thinking in sound – The cognitive psychology of human hearing. Oxford: Clarendon Press.

Dowling, W.J. (1973). Perception of interleaved melodies. *Cognitive psychology*, 5, 322-337.

Ericsson, A. K. & Smith, J. (Toim.) (1991). Toward a general theory of expertise: Prospects and limits. Cambridge University Press.

Furmann, A., Hojan, E., Niewiarowicz, M. & Perz, P. (1990). On the correlation between the subjective evaluation of the sound and the objective evaluation of the acoustic parameters for a selected source. *Journal of the Audio Engineering Society*, 38, 837-844.

Gabrielsson, A. & Sjögren, H. (1979). Perceived sound quality of sound-reproducing systems. *Journal of the Acoustical Society of America*, 65, 1010-1033.

Goldstein, B. E. (2002). Sensation and perception, 6th Edition. USA: Wadsworth.

Goldstone, R. L. (1998). Perceptual learning. *Annual Review of Psychology,* 49, 585–612

Harley, R. (1992). Audio McCarthyism. *Stereophile*, 15, No.1, 1-6. (http://www.stereophile.com/asweseeit/107/index.html)

Henell, H. (2000). High end -äänentoiston harrastajat 1980- ja 1990-luvun Suomessa. Kulttuurihistorian pro gradu –tutkielma. Turun yliopisto.

Hermunen, M. (2001). Saksansoittimia – Audionet ART V2 –CD-soitin ja Audionet SAM -vahvistin. *HIFI-lehti*. No.11, 49-51.

Hirvonen, T. (2002). Headphone listening test methods. Master's thesis. Department of electrical and communication engineering. Helsinki university of technology

Huss, C.J., Holt, G.J., Archibald, L. (1985). The highs and lows of double blind testing. *Stereophile*, 8, No. 5, 1-12. (http://www.stereophile.com/features/141/index.html)

Johnson, D. M., Watson, C. M. & Jensen, J. K. (1986). Individual differences in auditory capabilities. I. *Journal of the Acoustical Society of America*, 81, 427-438.

Kimball, D. R. & Holyoak, K. J. (2000). Transfer and expertise, teoksessa: Tulving, Endel & Craik, I.M.Fergus (2000). The Oxford Handbook of Memory, Oxford University Press.

Koelsch, S., Schröger, E. & Tervaniemi, M. (1999). Superior pre-attentive auditory processing in musicians. *NeuroReport*, 10, 1309–1313.

Lammenranta, M. & Nevalainen, K. (2000). Subjektivismi vastaan objektivismi. *HIFI-lehti*. No.1, 30-31.

Leventhal, L. (1986). Type 1 and type 2 errors in the statistical analysis of listening tests. *Journal of the Audio Engineering Society*, 34, 437-453.

Leventhal, L. (1994). Statistically significant poor performance in listening tests. *Journal of the Audio Engineering Society*, 42, 585-587.

Lipshitz, S. P. & Vanderkooy, J. (1980). The great debate: Subjective evaluation. *AES 65th Convention*, Preprint no. 1563.

McAdams, S. (2001). Recognition of sound sources and events. Teoksessa S. McAdams & E. Bigand (Toim.) (2001). Thinking in sound – The cognitive psychology of human hearing. Oxford: Clarendon Press.

McAdams, S. & Bigand, E. (2001). Introduction to auditory cognition. Teoksessa S. McAdams & E. Bigand (Toim.) (2001). Thinking in sound – The cognitive psychology of human hearing. Oxford: Clarendon Press.

Nederström, M. (1999). Kuunteluarvioiden käsitteet selviksi. *HIFI-lehti*. No.9, 38–40.

Nederström, M. (2002). Musiikkilaitteiston peruskivet – stereovahvistimet 350–400 euroa. *HIFI-lehti*. No.6-7, 12–17.

Nederström, M. (2003). Kuinka hifiharrastaja kuuntelee? *HIFI-lehti*. No.11, 56–58.

Oohashi, T., Nishina, E, Honda, M., Yonekura, Y., Fuwamoto, Y., Kawai, N., Maekawa, T., Nakamura S., Fukuyama, H. & Shibasaki, H. (2000). Inaudible high-frequency sounds affect brain activity: hypersonic effect. *The Journal of Neurophysiology*, 83, 3548-3558.

Parr, W. V., Heatherbell, D., & White, G., K. (2002). Demystifying wine expertise: Olfactory threshold, perceptual skill and semantic memory in expert and novice wine judges. *Chemical Senses*, 27, 747-755.

Plomp, R. (2002). The intelligent ear: On the nature of sound perception. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Precoda, K. & Meng, T., H. (1997). Listener differences in audio compression evaluations. *Journal of the Audio Engineering Society*, 45, 708-715.

Preisler, A.-M. (1993). The influence of spectral composition of complex tones and of musical experience on the perceptibility of virtual pitch. *Perception & Psychophysics,* 54, 589-603.

Saariluoma, P. & Kalakoski, V. (1997). Skilled imaginery and long term working memory. *American Journal of Psychology*, 110, 177-201.

Sloboda, J. (1991). Musical expertise. Teoksessa A. K. Ericsson & J. Smith (Toim.) (1991). Toward a general theory of expertise: Prospects and limits. Cambridge University Press.

Toole, F. E. (1982). Listening tests – turning opinion into fact. *Journal of the Audio Engineering Society*, 30, 431-445.

Toole, F. E. & Olive, S.E. (1994). Hearing is believing vs. believing is hearing: Blind vs. sighted listening tests and other interesting things, *AES 97th Convention*, Preprint No. 3894.

Tramo, J.D (2001). Music of the hemispheres. *Science*, 291, 54-56.

Treurniet, W.C. & Soulodre, G.A. (2000). Evaluation of the ITU-R objective audio quality measurement method. *Journal of the Audio Engineering Society*, 48, 164-173.

Tuomela, P. (1995). High end –esivahvistimet - vivahteita etsimässä. *HIFI-lehti.* No.6-7. 40–45.

Tuomela, P. (1999). Kiistellyt kuuntelutestit – sokkona ja näkevänä. *HIFI-lehti.* No.6-7. 35–37.

Tuomela, P. (2000). Kuusi kuuntelijaa, kaksi vahvistinta - X vastaan Y. *HIFI-lehti*, No.10, 30–32.

Williams, M. (2002). Perceptual and cognitive expertise in sport. *The Psychologist*, 15, 416-417.

Zatorre, R. J. & Halpern, A. R. (1979). Identification, discrimination, and selective adaptation of simultaneous musical intervals. *Perception & Psychophysics,* 26, 384–395.

Zatorre, R.J. & Krumhansl, C.L. (2002). Mental models and musical minds. *Science,* 298, 2138-2139.

Zwicker, E. & Fastl, H. (1999). Psychoacoustics - Facts and models, 2nd Edition, Berlin: Springer-Verlag.

Liite 1: Kuunteluarviolomake

Täytä kaikki kohdat seuraaviin äänenlaadun osa-alueisiin. Käytä arvosanoja **1-5** ja koko asteikkoa molempien vahvistimien laadun arvioimiseen. Mikäli jollain äänen osa-alueella et kuule vahvistimien välillä eroa, anna molemmilla sama arvosana.

1. **Äänen tarkkuus pienten yksityiskohtien toistamisessa**

   Vahvistin X _____
   Vahvistin Y _____

2. **Äänen yleinen tasapaino, värittymättömyys ja neutraalius**

   Vahvistin X _____
   Vahvistin Y _____

3. **Äänen dynamiikka, nopeus ja iskuäänitoisto**

   Vahvistin X _____
   Vahvistin Y _____

4. **Äänen tarkkuus äänikuvan, soittimien paikan ja tilan välittymisen suhteen**

   Vahvistin X _____
   Vahvistin Y _____

5. **Äänen yleinen eloisuus ja läsnäolon tuntu**

   Vahvistin X _____
   Vahvistin Y _____

6. **Kumpi vahvistin oli kokonaisuutena parempi?**

   Vahvistin X _____
   Vahvistin Y _____

Vapaa osio. Tähän kohtaan voit kirjoittaa sellaisia eroja, joita edellisissä kohdissa ei kysytty.

_____
_____
_____
__