

Kohti parempaa äänityöpistettä

Huomioita työpistekalusteen suunnitteluun

Joni E. Heinonen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2014
Elokuvan ja television k.o.
Äänitys ja äänisuunnittelu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Elokuvan ja television koulutusohjelma
Äänitys ja äänisuunnittelu

HEINONEN JONI E:
Kohti parempaa äänityöpistettä
Huomioita työpistekalusteen suunnitteluun

Opinnäytetyö 95 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2014

Opinnäytetyössä selvitetään äänityöhön suunniteltavalle työpistekalusteelle asetettavia vaatimuksia äänityön tekemisen ja tekemiseen vaadittavien laitteiden näkökulmasta. Työssä käsitellään äänen parissa työskentelyn eri työtehtäviä, tyypillisiä työhön tarvittavia laitteita sekä laitteiden asettelua työpisteeseen. Työn tarkoitus on kerätä pohjatietoa ja huomioita äänityön erityisvaatimuksista, joita työpistekalusteen suunnittelija tarvitsee toteuttaakseen äänityöhön soveltuvan kalusteen tai kalustekokonaisuuden.

Työn tärkeimmät painopisteet ovat äänityöpisteen ja äänityötilan toimintojen sekä standardinmukaisen kuuntelun vaatimusten selvittämisessä ja laitteiston asettelussa työpisteeseen. Toimivan kuuntelun ohessa käsitellään akustiikkaa ja akustoinnin mahdollisuuksia työpisteen suunnittelussa. Lisäksi laitteiston asettelun yhteydessä sivutaan ergonomiaa äänityön näkökulmasta.

Opinnäytetyön tilaajat ovat käsityöyrittäjä ja muinaistekniikan artesaani Taneli Porasen yritys Tmi T. Poranen ja oma media-alan yritykseni Tmi Joni E. Heinonen. Tmi T. Poranen toteuttaa työn pohjalta prototyypimallin yritysten yhteistä jatkokehitystyötä varten.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Film & Television
Recording & Sound Design

HEINONEN JONI E:
Towards a Better Audio Workstation
Notes for designing workstation furniture

Bachelor's thesis 95 pages, appendices 5 pages
May 2014

This thesis gathers information necessary for designing and building audio workstation furniture. The perspective of this thesis was to find and point out the special needs of audio work and common audio equipment that may affect the workstation design.

The emphasis of the thesis is on the working procedures during the audio work, typical sets of equipment used while working and also good listening conditions and standards for monitor placement. Acoustics and ergonomics are also touched upon while explaining the placement of the monitors and other equipment.

The thesis was conducted by the request of craftsman Taneli Poranen, a sole proprietor of company Tmi T. Poranen and by the author's own company Tmi Joni E. Heinonen. Tmi T. Poranen will produce a prototype model of an audio workstation based on the thesis and the prototype will be used for further development of the workstation. The development will be a cooperation of Tmi T. Poranen and Tmi Joni E. Heinonen.

Key words: acoustics, ergonomy, monitoring, workstation design

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	ÄÄNITYÖPISTE	12
2.1	Äänityötila	12
2.2	Työtehtävät ja suhde työtilaan	13
2.2.1	Äänen tallentamiseen liittyvät työtehtävät	13
2.2.2	Äänen käsittelyyn liittyvät työtehtävät	15
2.3	Äänityöpiste	17
2.3.1	Äänityöpisteen laitteistot	18
2.3.2	Näytöt ja kankaat	21
2.3.3	Monitorityypit	22
2.4	Huomioita äänityöpisteen suunnitteluun	25
2.4.1	Näyttöjen ja tietokoneen sijoittelu	25
2.4.2	Räkkilaitteiden sijoittelu	27
3	TYÖPISTEEN MONITOROINTI	31
3.1	Lähikenttämonitorointi ja 5.1-surround	31
3.2	ITU-standardi ja standardin mukainen asettelu	33
3.3	Standardinmukaisesta asettelusta poikkeaminen	34
3.3.1	Poikkeaminen keskimonitorin asettelusta	35
3.3.2	Poikkeaminen vasemman ja oikean monitorin asettelussa	36
3.3.3	Poikkeaminen takakaiuttimien asettelussa	37
3.3.4	Matalien taajuuksien monitori	38
3.3.5	LFE, subwoofer ja bass management	39
3.4	Huomioita monitoroinnin suunnitteluun	41
4	AKUSTIIKKA JA ÄÄNITYÖPISTE	44
4.1	Psykoakustiikkaa: Äänen tulosuunnan havaitseminen	44
4.1.1	Aika- ja voimakkuuseroihin perustuvat havaintomekanismit	45
4.1.2	Aallonpituuteen ja taajuuteen perustuvat havaintomekanismit	46
4.1.3	Suuntakuulon tarkkuus	46
4.1.4	Näkö- ja kuuloaistin yhteistoiminta	47
4.2	Akustiikkaa lyhyesti	47
4.2.1	Ääni fysikaalisena ilmiönä	48
4.2.2	Suora ääni, ensiheijasteet ja kaiunta	50
4.2.3	Äänen käyttäytyminen tilassa	51
4.3	Akustiikkaan vaikuttavat materiaalit ja mekanismit	53
4.3.1	Absorberit	54
4.3.2	Huokoiset absorberit	54

4.3.3	Resonoivat absorberit	55
4.3.4	Bassoansat.....	56
4.3.5	Diffuusorit.....	58
4.3.6	Äänieristys	59
4.4	Työpisteen akustointimahdollisuuksista.....	62
5	ÄÄNITYÖPISTEEN ERGONOMIASTA	65
5.1	Työasento	66
5.2	Laitteiden sijoittelu.....	69
5.2.1	Työpisteen jakaminen työskentelyalueiksi	70
5.2.2	Virtakytkimien asettelu ja kaapelointi	73
5.2.3	Näyttöjen ja valkokankaan asettelu	75
5.3	Työpisteen valaistus	79
6	POHDINTA	82
	LÄHTEET	85
	Liite 1: Rakkilaitteiden kiinnitys	91
	Liite 2: Akustiikkaan liittyviä laskentakaavoja	93

ERITYISSANASTO

3/2 tai 5.0	Monitorien asettelumalli, jossa on 3 etumonitoria ja 2 takamonitoria. Vastaa 5.1-asettelua ilman matalien taajuuksien monitoria.
5.1	Monitorien asettelumalli, jossa tilaääni muodostetaan 3 etukaiuttimella, 2 takakaiuttimella ja matalien taajuuksien monitorilla.
6.1, 7.1, 10.1	Monitorien asettelumalleja, joissa on 5.1 monitoroinnista poiketen useampia surround-monitoreja.
ADR-äänitys binauraalinen	Äänen jälkityövaihe, jossa äänitetään repliikkejä synon. molempikorvainen. Käytetään kuvaamaan kaksikanavaista äänitys- ja äänentoistotekniikkaa, jossa matkitaan ihmisen kuulojärjestelmää
DAW	Digital Audio Workstation, tietokonepohjainen äänityöpöytä, hallintaohjelmisto. Esimerkiksi Avidin Pro Tools, Apple Logic Pro X tai Steinbergin Cubase
diffraktio	Diffraktio on fysikaalinen ilmiö, joka esiintyy, kun aaltoliike, esimerkiksi ääniaalto, kohtaa matkallaan esteen. Tällöin aalto pyrkii taittumaan esteen ohitse tai aukon tapauksessa hajaantumaan aukon molemmin puolin. Diffraktion määrä riippuu aukon ja aallon suhteesta; mitä kapeampi aukko suhteessa aallonpituuteen, sitä voimakkaampi diffraktio.
ekvalisaattori	Taajuuskorjain eli laite, joka säätää äänisignaalin taajuusvas- tetta eli muunnetaan äänisignaalin taajuuksien keskinäistä suhdetta
Foley-äänitys	Äänen jälkityövaihe, jossa äänitetään hahmon liikkeitä suhteessa kuvattuun kuvaan. Nimetty Jack Foleyn mukaan.
kompressori	Äänisignaalin dynamiikkaa kaventava laite tai ohjelmiston osa; nostaa hiljaisia ääniä lujemmalle, samalla kun hiljentää voimakkaimpia
konsoli	Äänen hallintalaite; analoginen tai digitaalinen mikseri tai tietokonepohjaisen ääniohjelmiston DAW-ohjain.
LFE	Low Frequency Effects, surround-äänentoiston matalimmat taajuudet käsittävä efektikanava. Toistetaan yleensä erillisel-

	lä matalien taajuuksien monitorilla. LFE-kanava toistaa vain sinne ohjatut äänet, ei muiden kanavien matalia taajuuksia. Toistoalue välillä 3-120 Hz.
LUFs-mittari	Loudness Unit Full Scale, LUFs-mittarilla mitataan ohjelmamateriaalin keskimääräistä äänenvoimakkuutta. Yksi LU, Loudness Unit, vastaa yhtä desibeliä.
monitori	Kaiutin, kovaääninen
panorointi	Äänen asettaminen monitorien äänikenttään oikea-vasen- tai etu-taka-akseleilla
peak-mittari	Mittari, joka esittää läpi kulkevan signaalin voimakkuuden tarkasti. Mittarin nimi tulee mittarin kyvystä osoittaa äänisignaalin huiput jokaisena hetkenä.
presendenssi-efekti	Ilmiö, jossa ensiheijasteet kuullaan osana suoraa ääntä. Ensiheijasteet vahvistavat suoraa ääntä, mutta äänilähde paikallistetaan suoran äänen perusteella. Toiselta nimeltään Haasin ilmiö.
stereo	stereo, stereofoninen, on äänentoistotekniikka, jossa kahdella tai useammalla äänilähteellä luodaan vaikutelma äänen tulo-suunnasta ja tilavaikutelmasta. Arkikielessä stereolla tarkoitetaan 2-kanavaista äänentoistoa.
subwoofer	Matalia taajuuksia toistava monitori, jonka toistoalue on useimmiten 20-200 Hz. Tarkoittaa yleisesti matalien taajuuksien toistoa äänentoistojärjestelmässä. Käytetään usein harhaanjohtavasti ristiin LFE-kanavan kanssa.
sweet spot	Monitorien optimaalinen kuuntelupiste, joka sijaitsee monitorien leikkauspisteessä
V.U.-mittari	Mittari, joka esittää signaalin voimakkuuden standardisoituna Volume Unit –yksikkönä. V.U.-mittari osoittaa äänen suhteellisen voimakkuuden, ei niinkään signaalin huippuja. V.U. on suhteellinen mittarin läpi kulkevan sähkövirran jännitteeseen, 0VU on 1.228 voltia
äänityötila	Tila, jossa käsitellään ääntä
äänityöpiste	Äänityötilassa sijaitseva kaluste, johon äänityötilan laitteisto on sijoitettu

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aihe kehittyi ikään kuin vahingossa opiskeluni ohessa. Aloin opintojeni aikana suunnitella oman työtilan rakentamista turhauduttuani koulumme tarjoamien työtilojen varaustilanteeseen ja yhteisessä käytössä olevan laitteiston jatkuvaan säätämiseen muiden käyttäjien tekemien muutosten jäljiltä. Päätin alkaa keräämään omaa laitteistoa sekä muuttaa osan silloisesta asunnostani työtilaksi.

Omalla, vaikkakin puutteellisella laitteistolla työskentely soveltui työtapoihini paremmin, sillä olin vapaa kokoamaan laitteiston juuri omiin tarpeisiini sopivaksi. Oman laitteiston myötä katosi myös tarve tarkistaa työtilan kytkennät jonkun muun tekemien muutosten varalta. Tämä säästi paitsi työaikaa, niin myös hermoja. Saatoin myös muuttaa laitteistoni kokoonpanoa työtehtävän mukaiseksi ilman, että muutoksia tarvitsisi purkaa jokaisen käyttökerran päätyttyä. Olin tyytyväinen oman laitteiston tarjoamaan vapauteen.

Osa ongelmista kuitenkin säilyi. Havaitsin, että riippumatta siitä työskentelinkö koululla vai kotona, kalusteiden määrittämät työasennot eivät soveltuneet minulle. Olin rakentanut kotistudioni työpisteeni tavallisen kirjoituspöydän ympärille ja sijoitellut laitteet kirjoituspöydälle sekä sen rakenteisiin. Koska kirjoituspöytää ei oltu suunniteltu äänityöhön, laitteiden asettelu pakotti huonoon työasentoon. Myöskään koulun työtiloissa en saanut työasentoani järin mukavaksi. Huonoissa asennoissa työskenteleminen aiheutti jatkuvasti särkyjä ja hidasti osaltaan työskentelyä.

Laitteet veivät lisäksi suurimman osan kotistudioni pöytätilasta. Laitteita ei kirjoituspöydän rakenteen vuoksi kuitenkaan saanut asennettua, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, muualle kuin työtasolle. Tilannetta parantaakseni hankin erillisen rakkilaatikon, johon sain upotettua osan äänilaitteistani. Laatikko itsessään vei kuitenkin taas lisää tilaa, jolloin ongelma siirtyi pöydältä lattialle. Ratkaisu toimisi kuitenkin vain väliaikaisesti.

Jossakin vaiheessa aloin pohtia erillisen, tarkoitukseen suunnitellun työpistekalusteen hankintaa. Etsin 5.1-kaiutinasettelulle soveltuvaa kohtalaisen pienikokoista kalusteta, jossa on tilaa keskikokoiselle miksauskonsolille. Selattuani tarjolla olevia kaupallisia ratkaisuja havaitsin, ettei tarpeisiini täysin vastaavaa kalustetta ollut saatavilla ja lähinnä

tarvitsemaani olevat ratkaisutkin olivat kohtuuttoman hintaisia. Päätin siirtää kalusteen hankkimisen tulevaisuuteen.

Työpiesteongelmani alkoi kiinnostaa huonekaluja valmistavaa ystävääni, joka tarjoutui valmistamaan tarvitsemani työpistekalusteen. Aloimme suunnitella sopivaa kalustetta ja tutkia jo käytössä olevia malleja. Vertailukohtia etsiessämme havaitsin, ettei markkinoilta tosiaan löydy valmista käyttöni sopivaa mallia; mallit olivat epäkäytännöllisen kokoisia tai mallit oli suunniteltu vain stereokuuntelulle ja tietyille miksauskonsolille. Lisäksi havaitsimme, että työpisteissä oli hyvin vähän säätömahdollisuuksia.

Alustavan tutkimustyön lomassa päätimme yhdessä ystäväni kanssa alkaa suunnitella työpisteratkaisua, joka soveltuisi laaja-alaisesti erilaisiin äänityöympäristöihin ja jota voitaisiin säätää käyttäjän tarpeiden ja käytettävän laitteiston mukaan. Päätimme myös, että kalusteen suunnittelu toteutetaan perusteellisesti ja että teemme kalusteestamme tuotteen, jota voimme markkinoida eteenpäin. Syntyi idea yritystemme välisestä yhteistyöprojektista, jossa yhdistäisimme ääni- ja käsityöalan osaamista.

Kalustetta suunnitellessamme havaitsimme, että myös työpistekalusteen toteuttaja tarvitsisi vähintäänkin perustiedot äänialan työstä ja työn erityispiirteistä verrattuna tavanomaisiin työpisteen äärellä tehtäviin töihin. Ystäväni ehdotti, että tekisin hänen yritykselleen kirjallisen selvityksen siitä, mitä äänityöpistettä suunnitellessa tulee ottaa huomioon. Ehdotin vuorostani, että toteuttaisin selvityksen opinnäytetyönäni.

Opinnäytetyöni tilaaja onkin siis käsityöyrittäjä ja muinaistekniikan artesaani Taneli Porasen yritys Tmi T. Poranen. Työni tarjoaman tiedon pohjalta Porasen yritys valmistaa äänityöpistekalusteen prototyypin. Tämän protokalusteen pohjalta kehitetään myöhemmin, prototyypikalusteella suoritettavien mittausten ja testien jälkeen, varsinainen markkinoille suunnattu tuote.

Työni tavoitteena on kerätä äänityöpisteen kannalta olennaista tietoa, jota voidaan hyödyntää työpistekalusteen suunnittelussa. Kerättävän tiedon tulee olla äänityöpisteen kannalta laajennettua alan perustietoa, sillä työn tilaaja on äänityötä tarkemmin tuntematon henkilö. Tarkoitukseni on siis kerätä teoriapohja, jonka perusteella alaa aiemmin tuntematon käsityöyrittäjä voi toteuttaa prototyypimallin tarkempia testauksia ja mittauksia varten.

Prototyypimalli tulee olemaan keskikokoinen äänityöpiste, jossa on tilaa keskeisimmille äänityössä tarvittaville laitteille. Mallin tavoitteena on toimia sekä stereo- että monikanavaisella äänentoistolla ja olla säädettävissä työpisteen käyttäjän mittojen, käytettävän laitteiston ja työn tarpeiden mukaiseksi. Työpisteeseen tulee olla mahdollista asentaa laaja valikoima äänityössä tarvittavia laitteita, lukuun ottamatta suurimpia miksaus-konsoleita ja oheislaitteita.

Työssäni selvitän prototyypimallia silmällä pitäen muun muassa erilaisia äänityötehtäviä, tyyppillisten äänityössä käytettävien laitteistojen ja laitteiden rakennetta sekä niiden sijoittelua, työpisteen monitorointia eli kaiutinasettelua sekä työpisteen akustisia ominaisuuksia. Lisäksi sivuan työergonomiaa laitteiden asettelun ja työasennon puitteissa.

Olen rajannut työstäni pois pääosin työtilaa käsittelevät konseptit, kuten huoneakustiikan, valaisun, ilmanvaihdon, yleisen työilmapiirin ja estetiikan, vaikka nämä osiot koskettavat äänityöpisteessä tehtävää työtä. Edellä mainitut osiot ovat hyvin tilasidonnaisia, joten en näe olennaiseksi yhdistää niitä työpistekalusteen suunnitteluun. Viittaan kuitenkin esimerkiksi huoneakustiikkaan ja valaisuun yhteyksissä, joissa näitä voidaan hyödyntää työpistekalusteen suunnittelussa tai kalusteen osana.

Lisäksi olen työssäni rajannut kaikkia aihepiirejä valitsemalla niistä vain työpistekalusteen kannalta olennaiseksi näkemiäni osioita. Esimerkiksi akustiikka on niin laaja kokonaisuus, ettei sen laaja-alaiseen selvittämiseen opinnäytetyön yhteydessä ole mahdollisuutta. Olenkin pyrkinyt poimimaan ”jyvät akanoista” ja valikoimaan laajasta tietomäärästä suunnittelun kannalta olennaisimmat tiedonmurut.

Työni etenemisjärjestys poikkeaa alan teoksissa totutusta asioiden käsittelyjärjestyksestä. Yleensä äänityötä käsittelevissä teoksissa lukija varustetaan aluksi akustiikan ja psykoakustiikan perustiedoilla, jonka jälkeen muita aiheita, kuten kaiuttimien asettelua, käsitellään annetun perustietämyksen valossa. Tavanomainen etenemisjärjestys on siis teoreettisesta käytännönläheiseen tietoon.

Tässä työssä etenen kuitenkin totutun järjestyksen vastaisesti, käytännönläheisestä tiedosta teoreettisempaan tietoon. Näen tämän käsittelyjärjestyksen perusteltuna, sillä otta-

en huomioon työni kohderyhmän on olennaista tarjota ensin laaja tietoperusta alan vaikiintuneista käytännöistä ja teknisistä standardeista, esimerkiksi kaiutinasetteluun suhteen. Sisällytän lisäksi akustiikan ja psykoakustiikan perusteet akustointia käsittelevän osuuden yhteyteen, sillä akustoinnin toimintaperiaatteiden ja akustoinnin tarpeen ymmärtäminen vaatii perustiedot äänen käyttäytymisestä ja sen kuulemisesta.

Opinnäytetyöni kohderyhmään kuuluvat tilaajan lisäksi myös muut työpisteen suunnittelusta kiinnostuneet. Työni tarjoaakin hyvän tietopohjan esimerkiksi ensimmäistä omaa työtilaansa ja sen työpistettä suunnittelevalle, tai aikaisempaa työympäristöään kehittäville äänityöntekijälle. Opinnäytetyöni tarjoama tietopaketti on hyödyllinen myös intohimoiselle harrastajalle. Osa työstäni soveltunee lisäksi leikkaajille, jotka ovat kiinnostuneita kehittämään työpisteensä kuunteluolosuhteita.

2 ÄÄNITYÖPISTE

Äänityöpiste on äänityöskentelyn ydinyksikkö, jossa äänityöntekijä viettää suuren osan työajastaan. Työpiste voisi käytännössä olla mikä tahansa työpöytä tai pöytäkokonaisuus, johon on kerätty äänityöhön tarvittavat työkalut ja laitteistot. Äänityöpisteellä on kuitenkin omia erityisvaatimuksia, jotka paitsi erottavat äänityöpisteen rakenteeltaan esimerkiksi toimistotyöskentelyssä tutusta työpöytä-laatikosto-työtuoli-tyyppisistä työpisteistä, niin myös asettavat erityisvaatimuksia työpisteen suunnitteluun.

Äänityöpisteen käsitettä ja sen erityisvaatimuksia on mielestäni helpointa selittää ensin työtilan, sitten työpisteessä tehtävien työtehtävien ja lopuksi äänityössä käytettävän laitteiston kautta. Nämä ovat myös olennaisia äänityöpisteen käsitteen ymmärtämiseksi. Määrittelenkin samalla äänityötilan ja äänityötiloissa tehtävien työtehtävien suhteen äänityöpisteeseen. Tällä tavoin saadaan hyvä kuva siitä, miten äänityöpiste sijoittuu tilaan ja minkälaisia työtehtäviä työpisteessä tehdään. Tämän jälkeen määrittelen työpisteessä käytettävän peruslaitteiston sekä monitorimallit, jolloin myös äänityöpisteen fyysiset tarpeet on helppo ymmärtää.

2.1 Äänityötila

Yksinkertaisimmillaan esitettynä äänityötila on tila, joka on suunniteltu jonkin äänityön osa-alueen toteuttamiseen. Audio Engineering Society AES:in toiminnanjohtaja Gary Gottlieb määrittelee kirjassaan *Shaping Sound in the Studio and Beyond - Audio Aesthetics and Technology* (2007, 54) äänityötilan tehtäviksi äänen tallentamisen, arkistoinnin, äänisignaalin käsittelyn tai äänen toistamisen. Tilan käyttötarkoitus määrittelee tilalle asetettavat tehtävät ja ominaisuudet, joten tila voi täyttää yhden tai useamman näistä kriteereistä.

Gottlieb (2007, 60) mukaan kaikkien äänitilojen perustoiminnot nojaavat toisin sanoen energian muuntamiseen muodosta toiseen. Esimerkiksi äänen tallentamiseen suunnitellussa äänityötilassa ääniaalto muunnetaan sähköimpulsseiksi mikrofonin avulla ja kyseisen tallenteen toistaminen kaiuttimista muuntaa sähköenergian ääniaalloiksi (Gottlieb 2007, 60). Käytännössä äänityötila siis koostuu erilaisista energian muuntamiseen tarkoitetuista laitteista, kuten mikrofoneista, kaiuttimista, tallentimista, tallennusmedioista ja monitoreista.

Gottlieb'in äänityötilan määritelmä on mielestäni kuitenkin melko abstrakti, eikä kerro äänityötilasta muuta kuin äänityötilan teoreettiset toiminnot. Äänityötiloille voidaan lisäksi määritellä äänityötehtävien kautta tarkempia erillisiä ominaisuuksia, jotka erottavat ne muihin tarkoituksiin suunnitelluista tiloista. Äänityötilojen muista tiloista poikkeavat ominaisuudet tulevat esiin havainnollistamalla tilassa tehtävää työtä.

2.2 Työtehtävät ja suhde työtilaan

Äänityötiloilta vaadittavat ominaisuudet määrittelee se, mihin erilliseen työtehtävään tilaa on tarkoitus käyttää. Käsittelen erilaisia äänityötilojen työtehtäviä elokuvaäänen jälkityövaiheen kautta, sillä kaikilla elokuvaäänen osa-alueilla on omat vaatimuksensa tilan ja työvälineiden kannalta. En käsittele erikseen televisioäänen tai musiikin tuotannossa ilmeneviä työtehtäviä, sillä ne eroavat teknisiltä vaatimuksiltaan vain vähäisesti elokuvaäänen työvaiheiden vaatimuksista, lähinnä videokuvan toistoon tarvittavien laitteiden osalta.

Ääniteknikko-muusikko Bruce C. Nazarian on määritellyt FilmSound.org artikkelissaan *Post Audio FAQ's* (2013) elokuvaäänen jälkitöiksi dialogin leikkauksen, dialogin korjausäänityksen eli ADR-äänityksen, ääniefektien leikkauksen ja suunnittelun, Foley-äänittämisen, musiikin sävellyksen, äänileikkauksen sekä miksauksen. Nämä tehtävät voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään; äänen tallentamiseen ja äänen käsittelyyn liittyviin työtehtäviin.

2.2.1 Äänen tallentamiseen liittyvät työtehtävät

Elokuvaäänen jälkityövaiheen aikana on yleensä joitakin äänitysvaiheita, joiden aikana äänitetään kuvausvaiheessa huonosti tallentuneet tai tallentamatta jääneet äänet, korvataan huonoiksi todettuja ääniä toisilla tai luodaan kokonaan uusia ääniä. Yleisimmät äänitystehtävät lienevät ADR- ja Foley-äänitykset.



Kuva 1 ADR-äänitys, taustalla lasin takana työpiste äänitykseen (Neil Oseman, [www-sivut](#), haettu 19.04.2014)

ADR-äänityksissä äänitetään uudelleen repliikit, jotka ovat syystä tai toisesta saatu tallennettua kentällä huonosti. ADR-äänitystila on erityinen äänitystila, jossa näyttelijä voi toistaa repliikkinsä katsellessaan samalla korjattavaa kohtaa ruudulta (Nazarian 2013). Kuvassa 1 on ADR-äänitystilanne, jossa äänittäjä äänittää lasin takaa näyttelijän repliikkejä. Elokuvaleikkaaja Roger Crittenden huomauttaa ADR-tilojen tyypillisistä ominaisuuksista teoksessaan *Film and Video Editing (2nd Edition)* (1996, 115) mainiten, että ADR:ään käytettävän tilan tulee olla akustisesti mahdollisimman kuollut, jotta äänitystilan oma taustääni ei tallentuisi äänitteelle. Tällöin äänitetty puhe saadaan sovitettua kuvaan uskottavasti. Crittenden mainitsee äänityötehtäväksi myös kertojaäänen, voice-overin äänityksen, joka voidaan toteuttaa ADR-äänitykseen soveltuvassa tilassa.



Kuva 2 Foley-artistit äänittävät liikkeitä suhteessa kuvaan (Got Foley, [www-sivut](#), haettu 19.04.2014)

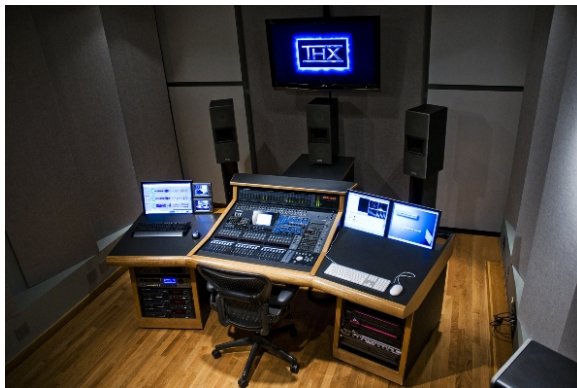
Foley-äänityksissä äänitetään esimerkiksi ihmisen liikkeitä suhteessa kuvaan. Esimerkkejä Foley-efekteistä ovat esimerkiksi askeleiden ja vaatteiden äänet ja erilaisten asioiden liikkumisesta syntyvät äänet (Crittenden 1996, 116). Kuvassa 2 on tyypillinen Foley-tilanne, jossa äänitetään askeleita. Foley-äänitystilalle on ADR-tilan tavoin ominaista häiriötön, kuolleen akustiikan tila (Newell 2012, 229), mutta myös puoliksi eläviä tiloja

ja muita variaatioita on käytössä. Foley tekoon kuuluu myös miksausvaihe, jossa luodut äänitteet asetetaan tarkasti oikein suhteessa kuvaan (Nazarian 2013).

Elokuvan äänityöketjussa voi olla lisäksi muitakin äänitystehtäviä, kuten efektiäänityksiä tai tausta- eli ambienssiäänityksiä, mutta nämä työvaiheet sisältyvät useimmiten kuvausvaiheeseen. Näille ei myöskään ole varsinaista omaa äänityötilaa, sillä ambienssit äänitetään tarvetta vastaavissa tiloissa tai lokaatioissa. Ääniefektien äänitystapa riippuu siis pitkälti äänitettävästä efektistä tai sen osasta. Ääniefektejä saataan äänittää myös muussa kuin varsinaiseen äänitykseen suunnitellussa tilassa.

2.2.2 Äänen käsittelyyn liittyvät työtehtävät

Elokuvaäänien jälkityövaiheessa ääntä käsitellään useissa erillisissä työvaiheissa, joita ovat dialogileikkaus, ääniefektien leikkaus ja suunnittelu sekä miksaus. Luen tässä yhteydessä myös musiikin käsittelyn äänen käsittelyvaiheeksi, sillä varsinainen musiikin säveltäminen ja äänittäminen tapahtuvat usein muusta tuotannosta erillään. Kuvassa 3 on tyypillinen äänen käsittelyyn tarkoitettu työtila.



Kuva 3 Äänitarkkaamo lähikenttämonitoreilla äänen käsittelyyn (Studio Live Design, www-sivut, haettu 19.04.2014)

Bruce C. Nazarianin (2013) mukaan dialogileikkauksessa äänityöntekijä valmistelee kuvauksissa äänitetyn materiaalin seuraavia työvaiheita varten. Tässä vaiheessa kentällä äänitetty ääni yhdistetään kuvaan ja se puhdistetaan ei-toivotuista äänistä miksausta varten. Ääniteknikko-tuottaja Jeffrey P. Fisher kiteyttää dialogileikkauksen tarkoituksen teoksessaan *Soundtrack Success: A Digital Storyteller's Guide to Audio Post-Production* (2012, 163) ytimekkäästi toteamalla, että dialogileikkauksen tarkoitus on

tehdä dialogista puhdasta, soljuvaa ja erinomaisen kuuloista ja siksi dialogileikkaus onkin jatkuvaa taistelua taustamelua ja tuotannossa tehtyjä virheitä vastaan.

Ääniefektien leikkaus- ja suunnitteluvaiheessa äänityöntekijät suunnittelevat ja lisäävät erilaiset äänitehosteet. Käytännössä tämä tarkoittaa taustäänten, kuten sään tai liikenteen aiheuttamia ääniä, sekä pistetehosteita, kuten aseenslaukauksia ja ovia (Nazarian 2013). Äänityöntekijät myös luovat uusia ja aiemmin kuulemattomia efektejä tarpeen vaatiessa (Nazarian 2013), joten ääniefektien työstö limittyy osittain myös äänitysvaiheisiin.

Musiikin käsittelyvaiheessa säveltäjä ja musiikista vastaavat äänityöntekijät asettavat musiikin oikeille paikoille elokuvaa miksausta varten (Nazarian 2013). Musiikki voi olla juuri elokuvaa varten sävellettyä tai ennalta olemassa olevaa katalogimusiikkia tai elokuvassa käytettävää, elokuvasta riippumattomasti sävellettyä musiikkia.

Miksausvaiheessa äänityöntekijät asettavat teoksen äänielementit, dialogin, ADR:n, Foley'n, ääniefektit ja musiikin oikeille äänentasoille (Nazarian 2013). Dokumenttiohjaaja Jouko Aaltonen kuvailee miksausvaiheen eri äänielementtien yhdistämiseksi eheäksi kokonaisuudeksi äänen tasoja ja taajuuksia säätämällä (Aaltonen 2011, 407 - 408).

Äänityötilan rakenteen, varustelun ja ominaisuudet määrittelee siis tilan käyttötarkoitus. Esimerkiksi edellä mainituiksi miksaustilaksi ja Foley-äänitystilaksi suunnitellut tilat eroavat toisistaan huomattavasti; miksaamolle on ominaista tarkka ja luotettava monitorointi toimivalla akustiikalla (Gottlieb 2007, 68), kun taas stereotyyppiselle Foley-studiolle on ominaista häiriötön, akustisesti kuollut tila tarvikkeineen.

Erilaiset äänityötilat voidaan siis jakaa karkeasti äänen käsittelyyn tarkoitettuihin äänitarkkaamoihin ja äänen tallentamiseen tarkoitettuihin äänitystiloihin. Äänitarkkaamoihin kuuluvat esimerkiksi äänileikkaukseen tarkoitettut tilat, miksaamot ja äänitystilojen yhteydessä olevat erilliset kuunteluhuoneet. Äänitystiloihin voidaan lukea esimerkiksi esitellyt ADR- ja Foley-äänitystilat.



Kuva 4 Äänityötila, jonka välittömässä yhteydessä on erillinen äänitykseen tarkoitettu tila. (Catamount Recording, www-sivut, haettu 18.04.2014)

Äänityötila voi olla myös kahden erillisen tilan yhdistelmä; Foley-äänitystilän välittömässä läheisyydessä voi olla äänitarkkaamo, jonka työpisteessä äänitettävää ääntä kuunnellaan ja käsitellään. Esimerkiksi kuvassa 4 näkyvä äänityötila on kahden tilan yhdistelmä, jossa tarkkaamo ja äänitystila on eristetty toisistaan ikkunalla. Toisaalta työpiste voi olla myös äänitystilassa itsessään, mutta tällöin äänitystä ja tarkkailua ei käytännössä voida tehdä yhtäaikaaisesti, ellei käytetä kuulokkeita tai eristetä äänityksen kohdetta erilliseen äänityskoppiin, kuten kuvassa 5.



Kuva 5 Erillinen äänityskoppi sijoitettuna äänitarkkaamoon (VocalBooth.com, www-sivut, haettu 19.04.2014)

2.3 Äänityöpiste

Äänityöpisteitä ovat kaikissa edellä mainittujen kaltaisissa äänityötiloissa sijaitseva kalusteet tai kalustekokonaisuudet, jotka koostuvat tilassa tehtävälle työlle olennaisista työvälineistä, laitteistoista sekä kytkennöistä. Äänityöpiste voi olla esimerkiksi jälkiäänitystilan stereokuuntelulla varustettu tietokonepiste, äänitarkkaamon työpiste konsolilla ja surround-lähikenttämonitoroinnilla tai elokuvamiksaamon miksauspiste.

2.3.1 Äänityöpisteen laitteistot



Kuva 6 Sea Vista -kotistudion äänityöpiste
(Steven Klein's Sound Control Room, Inc, www-sivut, haettu 03.12.2013)

Äänityöpisteessä käytetään useita erilaisia laitteita, joiden avulla ääntä käsitellään ja Gottlieb (2007, 60) sanoin muunnetaan muodosta toiseen. Äänityöpisteen laitteisto saattaa olla hyvinkin työpistekohtainen, mutta yleisimpiä laitteita ovat konsolit, käsittelylaitteet, hallintaohjaimet ja vahvistimet. Vähintäänkin osa näistä laitteista löytynee lähes jokaisesta äänityöpisteestä. Lisäksi työpisteissä on usein kytkentätauluja ja mittareita sekä näyttöjä. Kuvassa 6 nähtävästä Sea Vista –kotistudiosta löytyy kaikkia edellä mainittuja laitteita.



Kuva 7 24-kanavainen Avid C|24 –konsoli
(Avid, www-sivut, haettu 14.04.2014)

Äänityöpisteen keskuksena on yleensä konsoli. Aikaisemmin äänityöpisteet suunniteltiin analogisten mikserien ympärille, mutta nykyisin analogisen mikserin korvaa useimmiten ulkoisesti samankaltainen, tietokonepohjaisen ohjelmiston digitaalinen DAW-ohjain (Wyatt 2005, 128), kuten Avidin C|24 kuvassa 7. Myöskään täysin digitaaliset mikserit eivät ole tavattomia. Työssäni käytän termiä konsoli kuvaamaan niin DAW-ohjaimia kuin digitaalisia sekä analogisia mikseriä, sillä kaikkien näiden lait-

teiden perustarkoitus on samankaltainen; hallita käsiteltäviä äänisignaaleja ja niiden kulkua äänityöpisteessä. Konsolin yleisimmät toiminnot ovat säätää äänisignaalien voimakkuutta, niiden taajuuksia ja dynamiikkaa. Gary Gottlieb (2007, 69-70) esittääkin konsolin olevan kaiken äänityöskentelyn keskipiste, sillä perinteisesti kaikki signaalit kulkevat jossain työvaiheessa konsolin kautta. Konsoli toimii siis myös linkkinä kaikkien työpisteen laitteiden välillä.

Työpisteessä on lähes poikkeuksetta konsolin lisäksi erilaisia äänen käsittelyyn ja muuntamiseen tarkoitettuja laitteita. Laitteet on usein upotettu työpisteeseen tai erilliseen kalusteeseen, kuten kuvassa 8. Laitteisto voi koostua esimerkiksi äänen taajuuksia säätävistä ekvalisaattoreista, signaalin dynamiikkaa kaventavista kompressoreista, muista signaaliprosessoreista ja analogi/digitaalimuuntimista. Äänen käsittelyyn tarkoitettujen laitteiden lisäksi on myös esimerkiksi surround-kuuntelun hallintaohjaimia, työaseman erillisiä prosessoreita, aikakoodigeneraattoreita tai linkkeinä toisiin työasemiin toimivia laitteita.

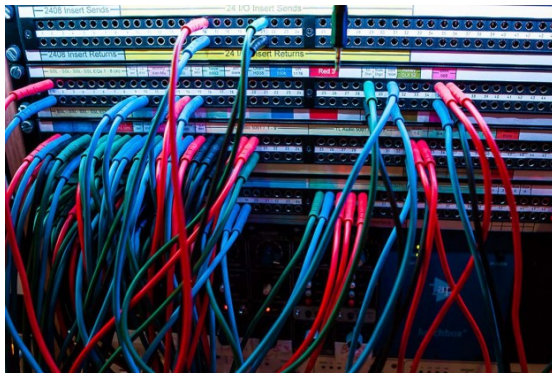


Kuva 8 Käsittelylaitteita työpisteen yhteydessä erillisessä kalusteessa (Steven Klein's Sound Control Room, Inc, [www-sivut](http://www.skr.com), haettu 03.12.2013)

Työpisteessä on myös useita vahvistimia, jotka voivat olla joko erillisiä laitteita tai integroituina muihin äänilaitteisiin (Gottlieb 2007, 180). Vahvistimet nimensä mukaisesti vahvistavat äänisignaalia ja ne ovat olennainen osa äänityöskentelyä. Erilliset vahvistinlaitteet liittyvät yleensä kuuntelumonitorien tai mikrofoniin signaalien vahvistamiseen.

Työpisteen sisäiseen signaalinsiirtoon laitteelta toiselle käytetään yleensä kytkentätauluja. Kuvassa 9 olevat kytkentätaulut on upotettu työpisteen etupaneeliin. Kytkentätaulujen avulla voidaan linkittää työpisteen eri laitteita tai erillisiä työtiloja toisiinsa. Yksinkertaisimmillaan kytkentätaulujen käyttö tarkoittaa signaalin ohjaamista konsolis-

ta efektilaitteeseen ja siitä takaisin konsoliin. Kytchentäulujen avulla voidaan myös kytkeä laitteita ketjuiksi tai muuttaa työpisteen normaalia signaaliketjua tavanomaisesta poikkeavan työtehtävän mukaiseksi. (Gottlieb 2007, 88.) Joissakin konsoleissa ja ääniohjelmistoissa on sisäänrakennettu elektroninen kytkentämahdollisuus, jolloin kytkentätaulu on yleensä liitettynä konsoliin ja muutokset kytkentöihin tehdään konsolin tai ohjelman sisäisesti, elektronisesti tai digitaalisesti. (Lawo256, Lawo.de, 27.11.2013) Kytchentäulujen ohella käytetään myös signaalin monistavia laitteita sekä erillisiä signaalinvahvistimia.



Kuva 9 Kytchentäuluja upotettuina työpisteeseen
(Alive HQ Recording Studios, www-sivut, haettu 18.04.2014)

Työpisteen yhteydessä on myös tarpeen olla mahdollisuus käyttää muitakin hallintalaitteita, kuten MIDI-ohjaimia. Yleisimmät MIDI-hallintalaitteet muistuttavat pianoa koskettimiseen, mutta myös muunlaisia ohjainratkaisuja on markkinoilla. MIDI-hallintalaitteen avulla voidaan soittaa ja käsitellä erilaisia ääniohjelmistojen sisäisiä pienoishjelmia, kuten digitaalisia soittimia. MIDI-laitteet siirtävät siis digitaalista informaatiota ohjelman ja hallintalaitteen välillä. (MIDI Controller..., Sweetwater.com 2013) Kuvassa 10 on tyypillinen pianonomainen MIDI-hallintalaite.



Kuva 10 M-Audio Oxygen 88 MIDI-hallintalaite
(M-Audio, www-sivut. Haettu 17.04.2014)

Joissakin tapauksessa työpiste tarvitsee myös muusta laitteistosta eroavia mittareita. Esimerkiksi masterointiin tarkoitettussa työpisteessä erilliset kalibroittavat V.U. (Volume Unit)-, LUFs- (Loudness Unit Full Scale) tai peak-mittarit saattavat olla tarpeen lopullisen äänentason säätämisessä. Usein nämä ovat integroituna konsoliin, mutta joissain tilanteissa, kuten analogisten medioiden tapauksessa, erillisten mittareiden käyttö on tarpeellista. (Gottlieb 2007, 84.)

2.3.2 Näytöt ja kankaat

Äänityöpisteen osana on nykyään lähes poikkeuksetta näyttö tai useampia näyttöjä, sekä elokuvaäänelle suunnitellun työpisteen tapauksessa valkokangas. Näyttöjen kautta hallinnoidaan yleensä tietokonepohjaista äänityöohjelmistoa, DAW:ia. Käytössä on yleensä kaksi tai useampia näyttöjä, jotta äänityöntekijä voi erotella esimerkiksi käytössä olevien raitojen muokkausnäkyvän yhteen näyttöön ja mikserinäkyvän toiseen. Näyttöjä voi olla myös useampia. Useampien näyttöjen käyttäminen lisää työskentelymukavuuden lisäksi myös nopeutta, kun näkymää ei tarvitse jatkuvasti vaihtaa.



Kuva 11 Valkokangas äänityöpisteen yhteydessä (Souls of Sound, www-sivut, haettu 18.04.2014)

Elävän kuvan kanssa työskenneltäessä käytössä on yleensä vielä valkokangas, jolle työstettävä videomateriaali heijastetaan, kuten kuvan 11 elokuvamiksaamossa. Valkokankaalla ei yleensä pidetä työstettävän videomateriaalin lisäksi muuta sisältöä. Valkokankaan käyttö erottaakin elokuvaäänien kanssa työskentelyn selkeimmin muista äänityötehtävistä. Tarkoitukseen käytettävät valkokankaat ovat erikoisvalmisteisia kankaita,

jotka päästävät lävitseen tasaisesti äänen eri taajuuksia. (Holman 2000, 48) Joskus valkokankaan tilalla käytetään suurikokoista näyttöä, kuten kuvassa 12.



Kuva 12 Suurikokoinen näyttö valkokankaan korvaajana (Shuman Recording, www-sivut, haettu 18.04.2014)

2.3.3 Monitorityypit

Äänityöpaisteiden ehkä olennaisin osa on äänen monitorointi, ellei oteta lukuun vain äänitykseen tarkoitettuja tiloja. Käytän työssäni termiä monitori kuvaamaan työpaisteessä käytettäviä erilaisia kaiuttimia, sillä niiden avulla äänityöntekijä tarkkailee, monitoroi työstämäänsä ääntä. Yleisimmät monitorointijärjestelmät ovat tavallinen kahden kanavan stereokuuntelu ja kuuden kanavan 5.1–surround-kuuntelu. Monitoroinnin asettelusta kerrotaan tarkemmin osiossa 3. *Työpaisteiden monitorointi*.

Äänityöpaisteiden monitorointiin on kehitetty useita erilaisia vaihtoehtoja eri työtehtäviä varten. Erilaiset monitorit voidaan jakaa raa’asti kolmeen ryhmään; studiomonitoroihin, lähikenttämonitoroihin ja referenssimonitoroihin. Lisäksi käytössä on erillinen vain matalia taajuuksia toistava monitori.



Kuva 13 ADAM S7A MK2 –studiomonitori
(ADAM Professional Audio, www-sivut, haettu 28.03.2014)

Studiomonitorit ovat suurikokoisia, seinään upotettavia monitoreja joissa on useita elementtejä, kuten voimme havaita kuvasta 13. Studiomonitorit tarjoavat tarkimman mahdollisen vasteen koko kuultavan äänispektrin halki. Studiomonitorien skaala on yleensä yhdestä kahteen oktaavia syvempi kuin keskivertojen kuluttajatasen laitteiden. Studiomonitorit simuloivat suuria, hyvin varusteltuja teattereita tehokkaasti. (Gottlieb 2007, 171.)



Kuva 14 ADAM A7X –lähikenttämonitorit
(ADAM Professional Audio, www-sivut, haettu 28.03.2014)

Lähikenttämonitorit ovat eräänlaisia välimalleja ammattilais- ja kuluttajatasen monitorien välillä. Monitorit ovat usein studiomonitoreja pienempiä ja niissä on vähemmän elementtejä, kuten voidaan havaita vertaamalla kuvia 13 ja 14. Lähikenttämonitorien tarkoitus on havainnollistaa, miltä äänite kuulostaa suurin piirtein kuluttajaolosuhteissa tai pienissä teatteriympäristöissä. Lähikenttämonitorit asetellaan studiomonitoreista poiketen työpisteen ympärille. Lähikenttämonitoreilla saadaan parasta mahdollista tietoa siitä,

miltä miksaus kuulostaa erilaisissa kaiuttimissa ja ne ovat siten arvokkaimpia työkaluja äänityössä. (Gottlieb 2007, 173.)



Kuva 15 Avantone-kuutiomonitorit
(Avantone Pro, www-sivut, haettu 28.03.2014)

Referenssi- tai kuutiomonitorit ovat pieniä yhden elementin monitoreja, kuten kuvassa 15 olevat Avantone-monitorit. Referenssimonitoreja ei varsinaisesti pidetä studiomonitoreina ja ne ovatkin usein tavallisia kuluttajaluokan monitoreja tai niiden ammattitason vastineita. Ne kuitenkin antavat äänityöntekijälle tietoa siitä, miltä ääni kuulostaa edullisemmissa, laajasti käytössä olevissa kuluttajalaitteissa, kuten televisioissa tai autostereoisissa. Referenssimonitorien tarkoituksena on tarkistaa, että äänite kuulostaa hyvältä huonoissakin kuunteluolosuhteissa. (Gottlieb 2007, 174.)



Kuva 16 Genelec 7050B subwoofer, jossa erillinen LFE-toisto
(Genelec Oy, www-sivut, haettu 19.04.2014)

Lisäksi monitoroinnissa voidaan käyttää erillistä matalia taajuuksia toistavia monitoria, jolla toistetaan äänimateriaalin matalat taajuudet tai LFE-efektit. Matalien taajuuksien monitoreja on useita erilaisia ja eri kokoluokissa. Kuvassa 16 on Genelecin valmistama matalien taajuuksien toistoon tarkoitettu monitori, jolla voidaan toistaa sekä LFE- että

bass management –sisältö. LFE- ja bass management –sisältöjen eroa käsitellään osiossa 3.3.5.

Monitoreja on työpisteen yhteydessä yleensä useita erilaisia, jolloin äänityöntekijä voi eri monitorien avulla varmistaa, että äänimateriaali kuulostaa hyvältä missä tahansa kuunteluympäristössä. Yleisimmät monitorimallit lienevät lähikenttämonitorit, sillä vain suuremmilla äänialan tekijöillä ja yrityksillä on mahdollisuus hankkia ja ylläpitää studiomonitoreja ja niille soveltuvia tiloja. Lähikenttämonitorien lisäksi käytössä on usein myös pari pienempiä monitoreja, esimerkiksi kuutiomonitoreja varmistamassa, että äänite kuulostaa hyvältä myös heikompileaattuisistakin kaiuttimista.

Monitoroinnin asettelua ja sen äänityölle ja äänityöpisteelle asettamia vaatimuksia käsitellään yksityiskohtaisesti luvussa 3 *Työpisteen monitorointi*.

2.4 Huomioita äänityöpisteen suunnitteluun

Työpisteen rakennetta suunniteltaessa tulee edellä esitetyn perusteella ottaa huomioon huomattava määrä edellä esiteltyjä äänityöhön tarvittavia laitteita, joita tarvitaan työpisteen välittömässä yhteydessä. Laitteiden sijoittelua työpisteeseen suunniteltaessa kannattaa lähteä ajatuksesta, että vähintäänkin osaa laitteista on päästävä käsittelemään ilman työpisteen työasennosta poistumista. Osa laitteista, kuten konsoli ja erilaiset hallintaohjaimet tulee voida asettaa työpisteeseen siten, että ne ovat nähtävissä ja vapaasti käytettävissä – toisin sanoen työpisteen työtason päälle tai upotettuina suoraan työtasoon.

2.4.1 Näyttöjen ja tietokoneen sijoittelu

Työpisteen tietokoneen ja tietokoneen näyttöjen sijoittelua tulisi suunnitella pitäen mielessä työpisteen tietokoneeratkaisu. Työpisteen yhteydessä on suurella todennäköisyydellä kaksi näyttöä DAW-ohjelmiston hallitsemiseen. Työpisteen tietokoneelle on hyvä olla erillinen laitekaappi työpisteen yhteydessä, esimerkiksi työtason alla. Optimaalitalanteessa työpisteen tietokone, sekä muut ääntä pitävät laitteet, on kuitenkin sijoitettu toiseen tilaan tietokoneen hurinan aiheuttaman äänihaitan vuoksi (Holman 2000, 32-33). Laitteiden sijoittaminen toiseen tilaan ei kuitenkaan ole kaikissa tilanteissa mahdollista, joten tietokoneelle tulee varata tilaa työpisteen yhteydestä. Elokuvan äänityön yhteydes-

sä käytettävän valkokankaan tai suuren näytön sijoittelua käsitellään monitoroinnin yhteydessä osiossa 3.3.1 ja 3.3.2 sekä ergonomiasuudessa osiossa 5.2.3.

Nykyisten kannettavien tietokoneiden tehokkuuden vuoksi on mielestäni otettava myös huomioon kannettavan tietokoneen käyttömahdollisuus työpisteen pääasiallisena tietokoneena. Esimerkiksi Avid on jo julkaissut kannettaviin tietokoneisiin soveltuvan korkean luokan Thunderbolt-teknologiaa käyttävän äänilaiterajapinnan, jonka avulla kannettavaakin voidaan käyttää suurtenkin laitteistokokoonpanojen ja projektien työkonena (White 2013). Kannettavan tietokoneen käyttö asettaa uusia haasteita työpisteen aseteluun ja eräs varteenotettava vaihtoehto kannettavan huomioimiseen työpistesuunnittelussa onkin suunnitella toiselle näytölle varattu tila siten, että se voidaan korvata kannettavalla tietokoneella.



Kuva 17 Kannettava tietokone työpisteen tietokoneena ja toisena näyttönä

Kuvassa 17 on väliaikainen työpisteeni, jossa toinen näytöistä oli korvattu edellä esitellyllä tavalla kannettavalla. Tällöin kannettava ajaa toisen näytön tehtävää, eikä vie ylimääräistä tilaa työpöydältä. Kannettavaa on korotettu kulmalevyllä, jolloin näytöt ovat suurin piirtein samalla tasolla. Tietokoneen hallinnassa on kannettavan omasta näppäimistöstä ja osoitinlaitteesta huolimatta todennäköisesti käytettävä erillistä hiirtä ja näppäimistöä ergonomisista syistä; kannettava joudutaan muiden laitteiden sijoittelusta johtuen verrattain kauas ja pois monitorilinjoilta, jolloin esimerkiksi näppäimistöä käytetään.

tettäessä jouduttaisiin kurrottamaan huomattavan pitkälle työtasoon, tai kannettavan sijaitessa sivulla kääntämään päätä yli suositeltavan rajan. Lisätietoa näyttölaitteiden ergonomisesta asettelusta on luvussa 5 *Ergonomia*.

2.4.2 Räkkilaitteiden sijoittelu

Suurin osa osiossa 2.3.1 mainituista laitteista, konsoleita, erillisiä ohjaimia ja näyttöjä lukuun ottamatta, vastaa kooltaan standardisoitua ns. räkkilaitteelle määritettyä kokoa. Standardikokoiset laitteet voidaan koota kätevästi laitekaappeihin, räkkeihin. Esimerkiksi seuraavassa kuvassa 18 oleva Avid Eleven Rack –laite on 19” räkkiin suunniteltu. Räkkilaitteen korkeuden yksikkö on U (joissain yhteyksissä RU), joka vastaa 1,75 tuumaa korkeaa osiota laiteräkistä (Define: Rack Unit..., Server Rack FAQ 2007). Räkkilaitteiden leveys on rakin nimityksen mukaan 19 tuumaa, mitattuna räkkilaitteen koko etupaneelista. Myös puolen rakin levyisiä laitteita on saatavilla. Räkkilaitteet kiinnitetään koneruuvein rakin molemmilla puolilla sijaitseviin rakkirautoihin. Räkkilaitteiden ja niiden kiinnitykseen käytettävien rautojen mitoitukset sekä muut tarkemmat tiedot löytyvät liitteestä 1 *Räkkilaitteiden kiinnitys*.



Kuva 18 Avid Eleven Rack -räkkiyksikkö, jossa mm. kitaravahvistin ja kuuntelumahdollisuus kuulokkeille. Yksikössä on 19” rakin kiinnitystä vastaavat kiinnitysreiät kulmissa. (Avid, www-sivut, haettu 14.04.2014)

Räkkilaitteille tulisi olla riittävästi tilaa työpisteen yhteydessä. Edeltävässä kuvassa 18 nähdään myös hyvä esimerkki räkkilaitteissa sijaitsevista säätimistä, joita käytetään äänityön eri työvaiheissa. Vähintäänkin osaa näistä laitteista tulisi päästä käyttämään työpisteestä liikahtamatta. Esimerkiksi monitorointiin vaikuttavat päätelaitteet, useimmin käytettävät äänen käsittelyyn tarvittavista laitteista sekä esimerkiksi työpisteiden välisiin yhteyksiin tarvittavat laitteet tulisi voida sijoittaa työpisteeseen siten, että niitä

voidaan käsitellä normaalissa työasennossa, sillä näitä laitteita tarvitaan jatkuvasti äänityön aikana.

Nähdäkseni työpistettä suunniteltaessa tulisi kiinnittää huomiota siihen, että osa yleisimmin käytettävistä työpisteen rakkilaitteista tulisi voida sijoittaa suoraan työpisteen työtasoon ja loput, harvemmin käytetyt esimerkiksi työpisteen työtason alapuolelle erillisiin laitekaappeihin. Myös työpisteen sisäiseen kytkentään tarkoitettujen kytkentätaulujen tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle työpisteessä työskentelevää. Tällöin työtasossa olevia eniten käytettyjä laitteita voisi käyttää vaivatta, eivätkä harvemminkaan käytetyt laitteet sijaitseisi käden ulottumattomissa. Laitteiden sijoittelua työpisteeseen ergonomisesti käsitellään tarkemmin luvussa 5 *Työpisteen ergonomia*.

Rakkilaitteille tulisi siis varata tilaa työpisteen välittömästä yhteydestä. Se, kuinka paljon tilaa varataan, ei ole kuitenkaan yksinkertaista. Erilaiset rakkilaitteet vievät eri määrän rakkilaitteipaikkoja, suurimmat jopa kuuden tavallisen laitteen verran, 6U. Jokaisen työpisteen laitteisto on lisäksi erilainen, sillä työpisteen käyttäjän tai käyttäjäyhteisön mieltymykset ja tarpeet määräävät työssä käytettävät laitteistot. Laitteiden määrä myös vaihtelee, eikä voida varsinaisesti nimetä ”riittävää määrää” laitteita; osassa äänityötehtäviä selvittää hyvinkin pienellä laitteistolla, toisessa taas saatetaan käyttää erittäin laajaa skaalaa erilaisia laitteita. Tietokonepohjaisiin järjestelmiin siirtymisen myötä tosin laitepaikkojen tarve lienee osassa työtehtävistä hieman vähentynyt ohjelmistoihin sisäänrakennettujen virtuaalisten laitteiden ansiosta.



Kuva 19 C24 Editing Desk, jossa 30RU tilaa laitteille.
(Sound Construction and Supply Inc. www-sivut, haettu 14.04.2014)

Markkinoilla olevissa ratkaisuissa rakkilaitteille on varattu tilaa eri määriä. Esimerkiksi C24:lle suunnitellussa suurikokoisessa työpisteessä on 6RU työtason yläpuolella ja

24RU alapuolella, kuten nähdään kuvasta 19. Argosyn kuvan 20 työpisteratkaisussa taas on 16RU etupuolella ja 12RU työpisteen takapuolella, mutta työpisteessä ei ole tilaa konsolille. Malli ei myöskään sovellu suoraan 5.1 –lähikenttämonitorointiin laitteille varattujen osioiden peittäessä vasemman ja oikean monitorin linjat. Pienemmissä työpisteratkaisuisissa rakkilaitteille varattu tila on yleensä hieman vähäisempi.



Kuva 20 Argosy Dual 15-356, jossa 28RU tilaa laitteille.
(Argosy, www-sivut, haettu 14.04.2014)

Työpisteen työtason alle sijoitettavien laitekaappien kannalta rakkilaitteille varattavissa olevaa tilaa määrittelee työtason korkeus. Mikäli työtaso olisi esimerkiksi tavallisen päätetyöskentelyyn tarkoitetun 70 cm yleispöydän korkuinen (Launis 2011, 169), mahtuu työtason alle esimerkiksi 15U kokoinen laitekaappi. 15U korkeus on 666,75 mm. Työtason alle kannattanee sijoittaa maksimikokoinen kaappi varsinkin, jos kaappia voidaan hyödyntää samalla työpisteen muuna rakenteena, kuten esimerkiksi kuvan 19 työpistekalusteessa, jossa rakkilaitteiden kaapit toimivat työpisteen jalkoina. Tällöin saadaan käyttöön suurin mahdollinen määrä laitetilaa läheltä työskentelijää.

Työtasolle tai tason upotettavien muiden kuin rakkilaitteiden määrää määrittelee työtason koko sekä monitorien asettelu. Työtason tulisi olla kuitenkin niin suuri, että aiemmin esitellyt laitteet mahtuvat tasolle. Työtasolle ei kuitenkaan voi koota järin korkeita laitteistoja, sillä tällöin laitteet joudutaan asettamaan vähintäänkin osittain monitorien tielle, jolloin työpisteen kuunteluolosuhteet saattavat heikentyä esimerkiksi laitteiden aiheuttamien heijasteiden tai akustisten varjojen vuoksi.

Työpisteen näyttöjen, konsolin, rakkilaitteiden ja myös muiden laitteiden sijoittamisessa työpisteeseen tulee ottaa huomioon monitoroinnin esteettömyys siten, etteivät laitteet sijaitse monitorien kuuntelulinjoilla. Tarkempaa tietoa monitoroinnin asettelusta seuraa luvussa 3 *Äänityöpisteen monitorointi*.

Räkkilaitteiden ja työpisteen tietokoneen sijoittaminen työpisteen yhteyteen ei ole myöskään ongelmattonta niiden mahdollisesti aiheuttaman tuuletusmelun vuoksi. Haittaäntien ehkäisyä käsitellään tarkemmin luvun 4 *Akustiikka ja äänityöpiste* osioissa *Absorberit, Äänieristys ja Työpisteen akustointimahdollisuuksista*.

3 TYÖPISTEEN MONITOROINTI

Työpisteen monitorointi on useimmiten olennaisin osa työpistettä sekä äänityöntekijän tärkein työkalu. Monitorointi onkin näin ollen tärkein yksittäinen äänityössä käytettävä laitekokonaisuus, sillä ilman toimivaa monitorointia ovat myös muut laitteet ja laitteistot melko turhia. Monitoroinnin asettelu asettaa rajoitteita ja vaatimuksia myös työpisteelle, sillä monitoroinnin tarkkuus ja siten koko tehtävä äänityö saattavat pahimmillaan kärsiä huonosti suunnitellusta äänityöpisteestä.

Työtilassa ja –pisteessä käytettävän monitoroinnin tyyppi riippuu tehtävästä työstä ja lopputuotteesta, mutta useimmiten käytössä ovat kaksikanavainen stereo- ja kuusikanavainen 5.1-surround–monitorointi. 5.1-surround on yleisin kuluttajatason surround-formaatti (Holman 2000, 11) ja näin ollen myös yleisin studioissa käytettävä surround-formaatti. Käsittelen ainoastaan 5.1-surroundin asettelua, sillä surround-monitorointi perustuu stereomonitoroinnille ja stereomonitorointi sisältyy näin ollen 5.1-asetteluun. Laajemmat monitorointimallit, kuten 6.1 ja 7.1 ja näiden variantit jätän käsittelemättä. Laajemmilla monitorointimalleilla pätevät kuitenkin suurin piirtein samat periaatteet asettelun ja asetteluun tehtävien poikkeuksien suhteen kuin 5.1-monitoroinnilla. Tulen keskittymään monitoroinnin asetteluun pääasiassa lähikenttämonitoroinnin (near field monitoring) kannalta, mutta samat periaatteet pätevät valtaosalta myös vapaakenttämonitorointiin (free field monitoring).

3.1 Lähikenttämonitorointi ja 5.1-surround

Käsittelen työssäni 5.1-lähikenttämonitorointia. Rajaan monitoroinnin lähikenttämonitorointiin siksi, että lähikenttämonitorointi voidaan sijoittaa melko pieneenkin työtilaan ja se soveltuu erilaisiin tiloihin vapaakenttämonitorointia paremmin. Lähikenttämonitorointiin useimmin käytettävää monitorimallia käsiteltiin aiemmin osiossa 2.3.3.

Ääniteknikko Jukka Laaksonen selittää teoksessaan *Äänityön kivijalka* (2013, 41) lähikenttämonitoroinnin perusteita. Laaksonen määrittelee lähikentän (near field) alueeksi, ”jonka sisällä suora ääni on kaikilla taajuuksilla voimakkaampi kuin huonekaiunta.” Lähikenttämonitoroinnin määrittely ei ole kuitenkaan aivan yksinkertaista. Laaksonen määrittelee kuulijan olevan lähikentässä, kun monitorit on sijoiteltu ”verraten lähelle” kuuntelijaa ja monitoroinnin muuttuvan vapaakenttäkuunteluksi, kun kuuntelijan etäi-

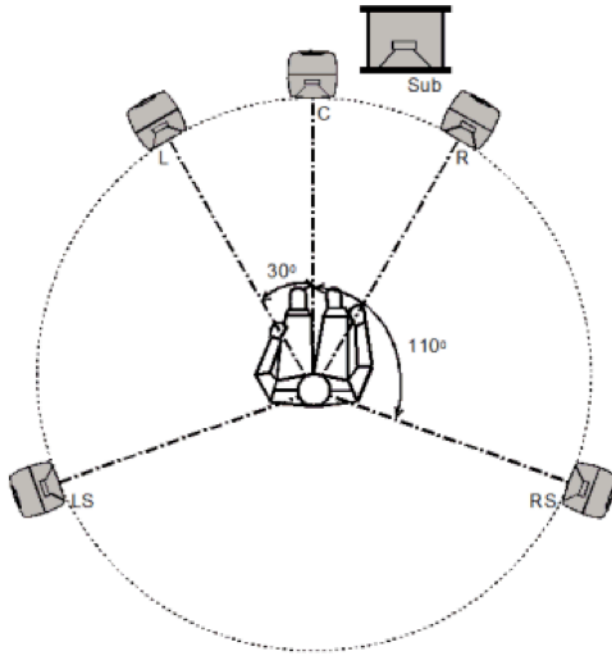
syys monitoreihin on ”useita metrejä”. Selvää rajaa siihen, milloin lähikenttämonitorointi muuttuu vapaakenttämonitoroinniksi ei siis ole. Laaksonen mainitsee lähikenttämonitoroinnin eduksi vapaakenttämonitorointiin verrattuna mm. akustisten ongelmien, kuten taajuusvasteen kumoutumisilmiöiden, osittaisen estymisen.

Lähikenttämonitorointi tulee Laaksonen (2013, 41) mukaan suunnitella siten, että kuuntelija sijaitsee enintään 70-80% kriittisestä etäisyydestä. Kriittinen etäisyys (critical distance) tarkoittaa etäisyyttä äänilähteestä, jossa suoran äänen äänenpaine on täsmälleen yhtä suuri kuin tilan kaikukentän (reverbrant field) äänenpaine (Foreman 2002, 1127-1128). Kriittisen etäisyyden tulisi Laaksonen mukaan jäädä jonkin verran kuuntelupisteen taakse kaikilla taajuuksilla (Laaksonen 2013, 41).

Yhdysvaltalainen elokuvateoreetikko ja ääniteknikko Tomlinson Holman (2000) huomauttaa teoksessaan *5.1 Surround Sound Up and Running*, ettei lähikenttämonitorointi ole kuitenkaan ongelmatonta, sillä käytettävät monitorit itsessään ovat melko pienikokoisia verrattuna äänen aallonpituuksiin. Koska aallonpituudet ovat suuria monitoreihin verrattuna, levittävät monitorit ääniaaltoja tarkan suuntaamisen sijaan laajalle alalle, jolloin leviävä ääni heijastelee huomattavasti läheisillä pinnoilla. Haitallisimmat heijasteet tulevat usein juuri työpisteen pinnoista. (Holman 2000, 58-59.)

Lähikenttämonitoroinnissa on lisäksi huomioitava ns. *sweet spotin* tarkkuus. *The Audio Dictionary* (White & Louie 2005, 383) määrittelee sweet spotin monitorien optimaalimmaksi kuuntelupisteeksi, jossa mm. stereokuva ja äänen sävyt ovat tasapainossa. Sweet spot on käytännössä kohdassa jossa kuuntelija on oikein aseteltujen monitorien ”polttopisteessä”, eli pisteessä jossa monitoreista piirretyt kuvitteelliset viivat leikkaavat toisensa. Holman (2000, 60) huomauttaa, että lähikenttämonitoreihin liittyvistä ongelmista eräs merkittävimmistä on se, että monitorien rakenteesta, asettelusta ja etäisyydestä johtuen optimaalinen kuuntelupiste on alaltaan melko pieni ja siirtymä pois tästä pisteestä saattaa muuttaa kuuntelun tarkkuutta huomattavasti.

Lähikenttämonitorointi tarkoittaa siis käytännössä monitorien asettelun etäisyyttä kuuntelijasta, mutta se ei varsinaisesti määrittele *miten* monitorit asetellaan. Monitorointi voidaan asettaa lähikenttämonitoroinniksi useaan eri kuunteluformaattiin. Käsittelen seuraavaksi yleisimmän tilääniformaatin, eli 5.1-surroundin asettelun, johon sisältyvät myös 2-kanavainen stereo ja 3/2 (ts. 5.0) –surround.



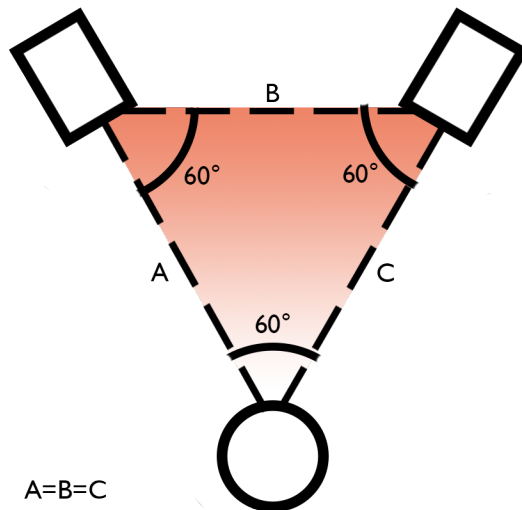
Kuva 21 5.1-monitoroinnin ITU-standardinmukainen perusasettelu (Geneva 1992)
(Genelec Community, www-sivut, 3.12.2013)

5.1-surround on kuunteluformaatti jossa on 6 monitoria, joista kolme on asetettu kuulelijan eteen ja kaksi taakse. Nämä viisi monitoria toistavat katsottavan materiaalin äänet luoden tiläänen. Lisäksi järjestelmään kuuluu yksi matalia taajuuksia toistava monitori. Formaatin nimi tulee siis viidestä tavallisesta monitorista ja yhdestä matalien taajuuksien monitorista; 5.1. (What is..., 5dot1.com, 7.12.2013) 5.1-surroundin perusasettelu on esitetty yllä kuvassa 21. 5.1-surroundin asettelua määrittää ns. ITU-standardi, jonka perusteet käyn läpi seuraavaksi.

3.2 ITU-standardi ja standardin mukainen asettelu

5.1-monitorointi on standardisoitu ITU BS 775 -standardin mukaan. Christian Birkner (2004, 9 ja 23) tiivistää kirjassaan *Practical Recording 5 - Surround Sound* ITU-standardin sisällön osuvasti optimaalisen monitorointijärjestelmän asetteluun ja monikanavaisen äänen toiston ohjenuoraksi; ITU BS 775 määrittelee esimerkiksi monitorien väliset kulmat, niiden kallistuskulmat, etäisyyden seinistä sekä monitorien korkeuden lattiasta. Lisäksi standardi määrittelee mm. työtilan pinta-alaa, tilavuutta, kaiunta-aikaa, ensiheijasteiden voimakkuutta ja taustamelua. (Birkner 2004, 24-25)

Tomlinson Holman (2000) kirjoittaa ITU-standardin mukaisesta asettelusta käytännössä. Standardin mukaisessa asettelussa kaikki monitorit ovat kuuntelijan korvan tasolla, kaikki yhtä korkealla sekä yhtä etäällä kuuntelijasta. Perusperiaate on, että kuuntelun keskikohta on suoraan edesspäin, 0° kuuntelijan katselinjasta.



Kuva 22 2-kanavaisen stereomonitoroinnin asettelu ITU-standardiin pohjautuen

Vasen ja oikea monitori asetellaan 30° kulmaan keskiakselista eli monitorit ovat 60° kulmassa kuulijasta. Vasemman ja oikean monitorin etäisyys määritellään siten, että monitorit ovat yhtä kaukana toisistaan sekä kuuntelijasta, kuten voimme havaita kuvasta 22. Tällöin muodostuu kuuntelijan ja monitorien asemoinneista tasakylkinen kolmio. (Holman 2000, 42) Näin asetellut oikea ja vasen monitori vastaavat 2-kanavaisen stereokuuntelun asettelua (Laaksonen 2013, 43). Keskikaiutin asetetaan näiden väliin 0° linjaan, vastaavalle etäisyydelle kuin kuulijan ja vasemman tai oikean kaiuttimen etäisyys. Takakaiuttimet asetetaan 110° kulmiin 0° -akselista laskien, ja matalia taajuuksia toistava monitori voidaan asettaa huoneen kulmaan (Holman 2000, 43). Työpisteen äänentoisto voidaan määrittää työpisteen fyysisen koon vaatimusten perusteella siten, että kaikki monitorit ovat yhtä kaukana kuuntelijasta (Holman 2000, 42-46).

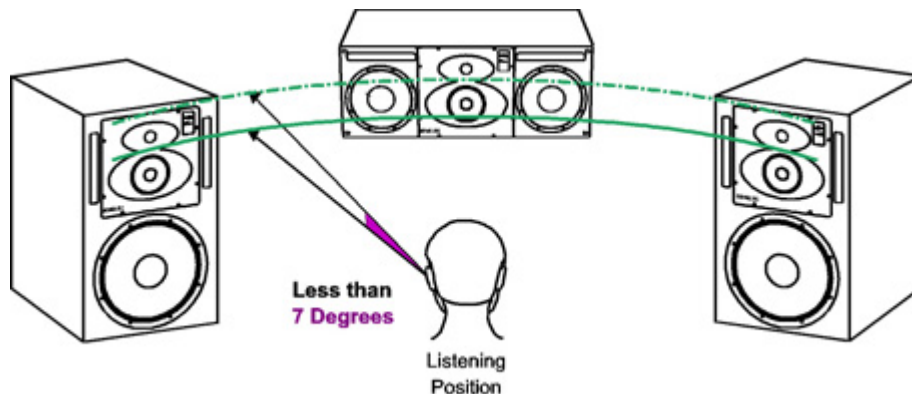
3.3 Standardinmukaisesta asettelusta poikkeaminen

Monitorien asettelu ei kuitenkaan kaikissa tapauksissa onnistu täsmälleen ITU-standardin mukaisesti. Äänitilan koko tai muut tilan elementit voivat olla esteenä standardinmukaiselle asettelulle. Esimerkiksi omassa työtilassani asetteluun aiheuttaa ongelmia työtilan fyysinen koko, sillä surround-monitoreja ei tilanpuutteen vuoksi voitaisi

asettaa työpisteeni ympärille juuri oikeisiin kulmiin tai oikeille etäisyyksille. Monitoroinnin asetteluun on kuitenkin mahdollista tehdä tiettyjä poikkeuksia.

3.3.1 Poikkeaminen keskimonitorin asettelusta

Monissa tilanteissa keskikaiuttimen sijoittaminen 0°-kulmaan voi olla mahdotonta, sillä monitorin esteenä saattaa olla työvälineitä tai fyysinen este (Holman 2000, 47). Toisinaan kaiuttimen asettaminen täsmälleen horisontaalisille ja vertikaalisille 0°-akseleille aiheuttaisi näköesteen esimerkiksi näytölle tai valkokankaalle. Holman esittää ratkaisuvaihtoehtoiksi keskimonitorin asetteluun ongelmia sijoittaa keskimonitori esteen ylä- tai alapuolelle tai esimerkiksi näytön tai kankaan taakse. Ihmisen kuulojärjestelmä on vähemmän tarkka vertikaalisten poikkeamien kohdalla verrattuna horisontaalisiin poikkeamiin (Holman 2000, 46) ja arvostettujen Genelec-monitorien pääosin äänialan ammattilaisista koostuvan Genelec Community –käyttäjyhteisön laatiman artikkelin *Where to place Loudspeakers in 5.1 Setup* mukaan keskikaiutinta voidaan korottaa enimmillään 7 astetta verrattuna muihin monitoreihin (Genelec Community 2009), kuten esitetty kuvassa 23. Ihmisen kuulojärjestelmän epätarkkuus vertikaalisten äänten kohdalla mahdollistaa siis sen, ettei monitorien vähäinen nostaminen tai laskeminen välttämättä aiheuta merkittäviä poikkeamia kuulokuvassa.



Kuva 23 Keskimonitorin kohottaminen suhteessa muihin monitoreihin. (Genelec Community, www-sivut, 3.12.2013)

Monitorien korkeuden muuttaminen ei kuitenkaan ole täysin ongelmattonta. Kun monitori nostetaan esteen yläpuolelle, saattaa asettelu aiheuttaa äänen heijastumista työpisteen pinnoista niin korkealla voimakkuudella, että se vaikuttaa kuuntelun tarkkuuteen, kirjoittaa Holman (2000, 47). Lisäksi ITU-standardi määrittelee monitorien optimaaliseksi korkeudeksi 1,2 metriä (Birkner 2004, 25). Mikäli monitoria joudutaan nos-

tamaan tämän yli, Holman (2000, 47) suosittelee asettamaan kuitenkin monitorin vain niin ylös kuin on välttämätöntä siten, että kuuntelija voi nähdä koko monitorin, vaikka monitorin alaosa jäisikin osittain äänityöpisteen taakse. Tällöin ääniaalto diffraktoituu, eli taittuu esteen ohitse (Rossing 1990, 47), jolloin esteen aiheuttama akustinen varjo vähentää heijastumaa työpisteen pinnoista (Holman 2000, 50).

Monitorien tarpeetonta nostamista tulisi välttää myös siitä syystä, että suurin osa ammattikäyttöön tarkoitetuista monitoreista koostuu vertikaalisesti asetelluista elementeistä. Liiallinen nosto saattaa aiheuttaa epätasaisen taajuusvasteen ja notkahduksia keski-taajuuksilla. Lisäksi kuulemme yläviistoon sijoitetun monitorin hieman eri tavoin kuin korviemme tasossa olevan, sillä pään asento suhteessa äänilähteeseen vaikuttaa siihen, miten kuulemme äänen. Koska suurimmalla osalla kuuntelijoista ei ole korotettuja monitoreita, ei niitä myöskään tulisi käyttää, ellei se ole välttämätöntä. (Holman 2000, 47-48.)

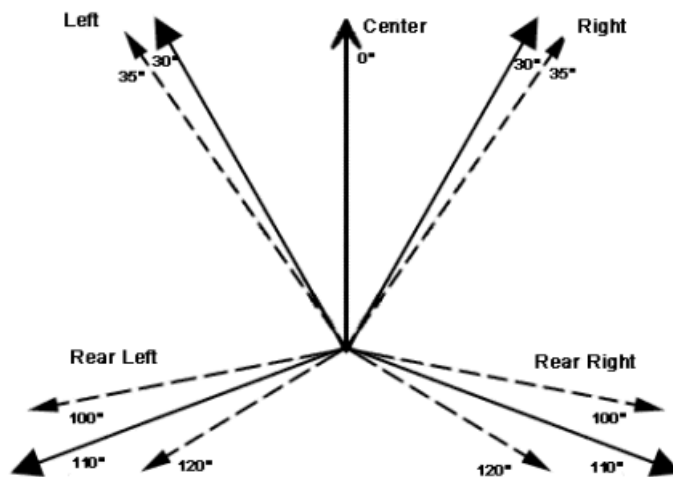
Monitorin sijoittaminen esteen alapuolelle ei useimmissa tapauksissa ole käyttökelpoinen ratkaisu, sillä suuressa osassa työpisteitä laitteet olisivat signaalin tiellä (Holman 2000, 48). Keskimonitorin asettaminen esteen alapuolelle saattaa aiheuttaa myös haitallisia heijasteita lattiasta, jotka heikentävät kuuntelun laatua (Genelec Community 2009).

Holmanin (2000, 47-48) mukaan paras ratkaisu keskimonitorin sijoitteluun saattaa olla keskikaiuttimen tai kaikkien etukaiuttimien sijoittaminen tarkoitukseen kehitetyn projektiokankaan taakse. Kuten aiemmin todettiin, mikä tahansa kangas ei käy tähän tarkoitukseen, sillä vääränlainen saattaa imeä liikaa joitakin taajuuksia. Markkinoilla on tarkoitukseen kehitettyjä kangasratkaisuja, joissa kangas päästää tasaisesti kaikkia taajuuksia lävitseen.

3.3.2 Poikkeaminen vasemman ja oikean monitorin asettelussa

Vasemman ja oikean monitorin asettelussa ei juurikaan tehdä poikkeuksia, sillä stereofoninen kuulokuva määräytyy pääosin näiden monitorien avulla. Joissain tilanteissa monitorien asettelussa voidaan kuitenkin tehdä perusteltuja poikkeuksia.

Holman (2000, 50) esittää esimerkkinä tilanteen, jossa tarkoituksena on tehdä surround-ääntä elokuvateatterissa esitettävään elokuvaan. Standardinmukainen asettelu ei välttämättä sovi käytössä olevan kuva-alan sisään, kun käytössä on näyttö tai pienikokoinen valkokangas. Tällöin monitorien kuuntelukuva on huomattavasti laajempi kuin katsottava kuva. Tämä on ongelmallista, sillä elokuvateattereissa kaiuttimet on sijoitettu kankaan taakse kuva-alan sisään, jotta kuulokuva vastaisi mahdollisimman hyvin kankaalla nähtävää kuvaa. Äänityöntekijät huomaavat väärään kohtaan asetetun äänen noin 4° tarkkuudella ja yleisöstä puolet häiriintyy sijoittelun ollessa 15° väärässä. Tapauksissa joissa kuva-ala on huomattavasti pienempi kuin 60° kuuntelukulma, saattaa siis olla tarpeellista tehdä kompromissi optimaalisen kuuntelukuvan ja tarkimman äänen ja kuvan yhdistelmän välillä. (Holman 2000, 50.)



Kuva 24 Sallitut poikkeamat monitorien kulmissa.
(Genelec Community, www-sivut, 3.12.2013)

Tarpeen mukaan oikean ja vasemman monitorin sijoittelua voidaan laajentaa 5 astetta monitoria kohden, kuten havainnollistetaan kuvassa 24. Tällöin monitorit ovat 35° kulmassa ITU-standardin määrittämän 30° sijaan, jolloin kokonaiskulma on 70° . Monitorointia voidaan laajentaa ainoastaan, kun kyse on keskikaiuttimellisesta surround-monitoroinnista, sillä tällöin keskimonitori täydentää kuuntelun leventämisestä aiheutuneen aukon. (Genelec Community 2009.)

3.3.3 Poikkeaminen takakaiuttimien asettelussa

Takamonitorien asettelussa mielletään olevan enemmän vapauksia verrattuna etu-monitoreihin, sillä ihmisen suuntakuulo on takaa tuleville äänille epätarkempi (Genelec

Community 2009). Yleisesti ajatellaan, että takamonitorien asettelua voidaan muuttaa 10° molempiin suuntiin standardinmukaisesta 110 asteesta (Holman 2000, 46), kuten voidaan myös havaita kuvasta 24. Surreyn yliopiston tohtori Francis Rumsey (2001, 127) esittää kuitenkin, että jopa 150° voidaan käyttää esimerkiksi tilanteissa, joissa takamonitoreja on useampia. Takamonitorien kulmien tulee kuitenkin olla yhtenevät ehjän kuuntelukuvan saavuttamiseksi (Holman 2000, 46).

Takamonitoreja voidaan korottaa suhteessa etukaiuttimiin ilman suuria ongelmia. Holman (2000, 51) kirjoittaa, että monitorien noustessa ylemmäksi saattavat ne kuitenkin erottua kuuntelukuvasta selkeästi pistemäisinä äänilähteinä. Holman esittää myös, ettei kokeiden perusteella monitorien korottaminen aiheuta ongelmia 0° ja 45° välillä, lukuun ottamatta tiettyjä ohjelmamateriaaleja. (Holman 2000, 51.) Toisten näkemysten mukaan takamonitoreja ei kuitenkaan saisi korottaa yli 15° suhteessa etumonitoriisiin (Genelec Community 2009). Christian Birkner (2004, 25) kirjoittaa toisaalta ITU-standardiin viitaten, että takamonitorit tulisi asettaa juuri kyseiseen 15° kulmaan; osoittamaan hieman alaviistoon. Takamonitorien asettelussa sallittavista muutoksista ei siis ole yksimielistä näkemystä.

3.3.4 Matalien taajuuksien monitori

Matalien taajuuksien monitorin asettelu ei ole yhtä tarkkaa kuin muiden monitorien asettelu. Erillisen matalien taajuuksien monitorin käyttö perustuu psykoakustiikkaan, sillä ihminen aistii matalien äänten tulosuunnan heikommin kuin korkeiden äänten kohdalla (Rossing 1990, 75). Matalien taajuuksien monitori voidaan siis asettaa tilaan melko vapaasti. Monitorin asettamisessa kannattaa kuitenkin huomioida myös lopputuotteen käyttöympäristö; elokuvateattereissa matalien taajuuksien monitori on asetettu usein valkokankaan taakse vasemman ja keskikaiuttimen väliin (Birkner 2004, 35).

Holman (2000, 43-47) esittää, että matalien taajuuksien monitori kannattaa asettaa sinne, mistä käsin saavutetaan paras taajuusvaste. Usein sijoittelu päättyy tilan etukulmaan kiinni seinään, sillä tällöin tilan sivu- ja takaseinä sekä lattia muodostavat voimistavia pintoja. Akustisen voimistuksen vuoksi monitoria voidaan käyttää pienemmällä teholla, jolloin myös taajuusvaste on usein tasaisempi. Jos käytetään kahta matalien taajuuksien monitoria, niin toinen voidaan asettaa huoneen etukulmaan ja toinen puoleenväliin si-

vuseinä. Tällöin mahdollisten seisovien aaltojen kuviot täydentyvät, eivätkä ne aiheuta häiriöitä kuunteluun. (Holman 2000, 43-47.)

3.3.5 LFE, subwoofer ja bass management

Matalien taajuuksien monitorin yhteydessä käytetään termejä LFE ja subwoofer, jotka menevät usein sekaisin. Lisäksi bass management liittyy matalien taajuuksien monitorin käyttöön. Termejä käytetään osittain ristiin, joten mielestäni näiden termien selventäminen on tarpeellista.

LFE (low-frequency effects) tarkoittaa nimensä mukaisesti matalien taajuuksien efektejä; LFE:n avulla luodaan esimerkiksi maanjäristyksen tai asteroidin osuman ääniefektiin lisää voimaa (Elen 2001, Bass Management - Part 1). LFE-kanavassa ei ole muuta sisältöä, kuin sinne varta vasten lisätyt efektit. LFE-kanavan käytettävä taajuus on usein rajattu 3-120 Hz välille ja LFE:n toistava monitori on kalibroitu 10 dB muuta järjestelmää voimakkaammaksi suuremman toistotehon saavuttamiseksi. Perusteet muita monitoreja voimakkaamman LFE:n käyttämiseen löytyvät psykoakustiikasta, sillä kuulemme matalia taajuuksia keskitaajuuksiin verrattuna heikommin – jotta matalat taajuudet kuulostaisivat yhtä voimakkailta, on niitä toistettava lujempaa. Suurempaa toistotehoa käytetään siis kompensoimaan kuulomme epäherkkyyttä matalilla taajuuksilla (Holman 2001, 204). LFE:tä käytetään käytännössä vain elokuvaäänessä ja sitä toistetaan erillisestä matalien taajuuksien monitorista.

Subwooferilla tarkoitetaan yleisesti matalia taajuuksia toistavaa monitoria. Pyrin kuitenkin välttämään subwoofer-termin käyttöä matalien taajuuksien monitorin nimenä vähentääkseni termistön sekoittumista, sillä subwoofer-termin liitetään yleisesti myös kaikki matalien taajuuksien materiaali, joita matalien taajuuksien monitori toistaa. Eritellen siis subwooferin kuvaamaan kaikkea muuta matalien taajuuksien monitorin toistettavaa sisältöä kuin LFE-kanavan efektejä.

Subwooferin käyttö eroaa LFE:stä niin toimintaperiaatteeltaan, taajuusalueeltaan kuin käyttötarkoitukseltaan. Subwooferin käytettävä taajuusalue on yleensä laajempi, noin 20-200 Hz, sillä subwoofer toistaa monikanavaäänänen kaikkien kanavien matalat taajuudet. Subwooferin toimintaperiaatetta voidaan selittää havainnollisesti bass management –tekniikan kautta.

Bass management on bassojen hallintatekniikka, joka tarkoittaa matalien taajuuksien toistoa vain niiden toistoon kykenevien monitorien kautta. Käytännössä bassojen hallintatekniikka tarkoittaa sitä, että matalien taajuuksien materiaali ohjataan käytettävässä järjestelmässä monitoreihin, joiden toistokyky riittää niiden toistamiseen. Tällöin voimme kuulla matalimmatkin taajuudet, jotka muuten jäisivät kuulematta. (Holman 2001, 208.) Esimerkkinä ilman bassojen hallintaa toimivassa 5.1-järjestelmässä matalat taajuudet voivat olla millä tahansa kaikista kuudesta kanavasta. Bass management – tekniikkaa käytettäessä matalat taajuudet voidaan ohjata matalien taajuuksien monitorin toistettavaksi, mikäli 5.0-monitoroinnissa käytettävät monitorit eivät pysty toistamaan matalia taajuuksia. Tilanteessa, jolloin käytetään vain 5.0-järjestelmää ilman matalien taajuuksien monitoria, siirtyisi matalien taajuuksien informaatio bass managementin vuoksi kokonaisuudessaan 5.0-monitoreihin, mukaan lukien .1-kanavan informaatio.

Bassojen hallinta tapahtuu yleensä ”automaattisesti” jonkin laitteen, esimerkiksi aktiivisen subwooferin toimesta. Laitteet tosin tulee säätää käyttöä vastaaviksi. Käytännössä hallinta tapahtuu rajoittamalla 5.0-monitoreille menevien äänisignaalien alin taajuus esimerkiksi 50 hertsiin ja toistamalla tätä alemmat taajuudet subwooferilla rajoittamalla subwooferin ylin toistettava taajuus samaiseen 50 hertsiin. Yleensä järjestelmässä on myös limiteri, joka rajoittaa matalien taajuuksien voimakkuuden piikkejä siten, etteivät ne vaurioita subwooferia. (Grimani 2005.)

Verrattuna LFE:hen, jonka tarkoitus on toistaa vain LFE-kanavaan ohjattu ääniefektimateriaali, on bass management –materiaalin toistavan subwooferin toimintaperiaate siis huomattavan erilainen. LFE ja bass managementin luoma subwooferin sisältö voidaan kuitenkin toistaa samalla monitorilla, jolloin LFE-efektit ja bass managementin luoma sisältö toistetaan samassa kanavassa, esimerkiksi digitaalisen television surround-äänessä (Holman 2001, 209). Studio-olosuhteissa voidaan LFE- ja bass management –sisältöä toistaa samalla monitorilla, esimerkiksi Genelecin 7050 BPM:llä, jossa on bass management –toimintojen lisäksi myös erillinen LFE-kanavan sisääntulo (Genelec 7050B..., Genelec Oy, 02.04.2014). Lähikenttämonitoreilla toteutetussa monitoroinnissa saattaa LFE:n rinnalla toimivan subwooferin käyttö olla tarpeellista tasaisen taajuusvasteen saavuttamiseksi silloin, kun 5.0-monitorien ala ei yllä riittävän mataliin taajuuksiin, tai monitorit toistavat ne epätasaisesti. Myös bassotaajuuksien 5.0-monitoreissa aiheuttamaa ylikuormittumista voidaan välttää bassojen hallinnalla. Täl-

lön kyseessä ei ole varsinaisesti 5.1-asettelu, vaan asettelun jonkinlainen variaatio (Holman 2001, 71).

3.4 Huomioita monitoroinnin suunnitteluun

Työpisteen monitorointia suunnitellessa tulee ottaa huomioon käytettävän monitoroinnin tyyppi, tässä tapauksessa lähikenttämonitorointi. Monitorit tulee voida asettaa kohdalaisen lähelle työskentelijän työskentelypistettä siten, että kaikki monitorit ovat yhtä etäällä. Olennaista on siis, että työpistekaluste mahdollistaa monitorien asettelun työpisteen ympärille standardin mukaisesti, eikä esimerkiksi mitoillaan aiheuta tarvetta monitoroinnin varioimiseen.

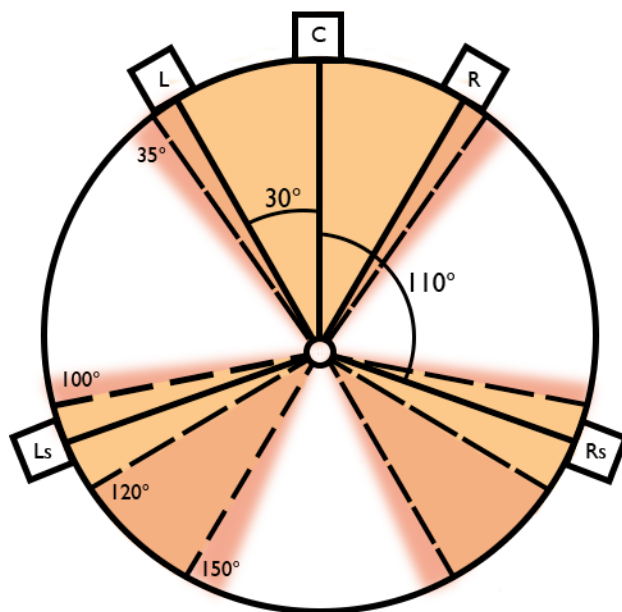
Lähikenttämonitoroinnin käyttäminen aiheuttaa haasteita työpistekalusteen suunnitteluun, sillä kuten aiemmin esitin, lähikenttämonitoroinnin vuoksi sweet spot, kuuntelupiste, on pinta-alaltaan hyvin pieni. Laaksonen (2013, 43) kuvaa osuvasti lähikenttämonitoroinnin sweet spotin aiheuttamia ongelmia toteamalla taajuusvasteen ja äänenvoimakkuuden muuttavan jyrkästi kuuntelijan liikkeiden mukana. Työpiste tulee suunnitella siten, että äänityöntekijä voi työskennellä työpisteessä siten, ettei tarvetta poistua tai nojata ulos sweet spotista esiinny jatkuvasti työtehtävien aikana.

Lähtökohtaisesti työpisteen suunnittelun tulee lähteä tarkasta ITU-standardin mukaisesta monitorien asettelusta. Nähdäkseni nyrkkisääntönä voidaan edellä esitetyn perusteella varmasti pitää oletusta, että vaikka standardin varioiminen onkin mahdollista tietyissä rajoissa, kaikki muutokset standardinmukaiseen asetteluun ovat kompromisseja; jos standardinmukaisesta asettelusta joudutaan poikkeamaan, aiheutuu tästä jonkinasteisia haittoja.

Lyhyesti edellä käytyjen määritteiden yhteenvedona, ITU-standardin mukaan keski-monitori asetetaan suoraan kuuntelijan eteen, jonka jälkeen vasen ja oikea monitori asetetaan 30 asteen kulmiin keskilinjasta. Takamonitorit asetetaan 110 asteen kulmiin keskilinjasta laskien. Matalien taajuuksien monitori asetetaan tilan etukulmaan, tai parhaimman taajuusvasteen antavaan sijaintiin. Lisäksi kaikkien monitorien tulee olla samalla horisontaalisella tasolla noin 1,2 metrin korkeudella sekä osoittaa suoraan kuuntelijan päätä kohti. Niiden tulee myös sijaita, matalien taajuuksien monitoria lukuun ottamatta, yhtä kaukana kuuntelijasta.

5.1-monitoroinnin asettelussa voidaan kuitenkin edellä esitetyn tehdä jonkin verran perusteltuja muutoksia. Monitoreja voidaan nostaa etumonitorien tapauksessa noin 7 asteen, ja takamonitoria noin 15 asteen verran. Lisäksi monitorien kulmia voidaan 5.1-kuuntelussa myös perustelluista syistä liikuttaa etumonitorien tapauksessa 10 astetta laajemmalle siten, että monitorien välinen kulma on 70 astetta. Monitorien välistä kulmaa voidaan tarvittaessa myös kaventaa vastaamaan kuva-alaa. Takamonitorit voidaan asettaa 100–120 asteen kulmiin siten, että molempien monitorien kulma on yhtenevä. Kaikkien monitorien tulisi kuitenkin edelleen olla samalla etäisyydellä kuuntelijasta.

Työpistekalusteen rakenteessa tuleekin huomioida esteettömät linjat monitoreille mahdollisimman laadukkaan kuuntelun saavuttamiseksi. Monitorien linjojen tulisi olla täysin vapaat kaikista esteistä, mukaan lukien kaikista luvussa 2 esitellyistä työpisteen työkaluista. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että työpisteen tulisi olla kauttaaltaan melko tasainen ja vapaa esteistä mahdollisimman hyvän kuuntelun varmistamiseksi. Työtasolle sijoitettavan laitteiston suhteen tulee olla huolellinen ja varmistaa, että edellä mainitut seikat toteutuvat.



Kuva 25 Monitoroinnille varattavat sektorit, joissa on otettu huomioon monitoroinnin variointimahdollisuudet ja useamman takamonitorin käyttö esimerkiksi 7.1 monitorointia varten.

Monitoroinnin variointimahdollisuus tulee mielestäni kuitenkin ottaa huomioon työpistettä suunniteltaessa, huolimatta siitä, että kaikissa työpisteissä tulisi pyrkiä standardinmukaiseen monitorointiin. Kuten aikaisemmin todettiin, joissain työtiloissa monitoroinnin asettelu tarkalleen standardin mukaisesti ei onnistu esimerkiksi tilan mitoista johtuen. Monitorien linjat tulisikin jättää vapaaksi standardinmukaista asettelua leveämmältä alueelta. Olenkin yhdistänyt kuvan 25 kaavioon monitorien standardinmukaisen asetteluun, asetteluun yleisimmin tehtävät muutokset ja pienen varoalueen. Varaamalla nämä alueet monitoroinnin asettelua varten varmistetaan, että monitoroinnin asettelu työpisteen ympärille on mahdollista kaikissa tiloissa.

4 AKUSTIIKKA JA ÄÄNITYÖPISTE

Kuten aiemmin todettiin, äänityöpiste sijaitsee äänityötilassa ja vaikuttaa siten väistämättä ympäröivän äänityötilan akustiikkaan. Äänityöpisteen merkitystä akustiikkaan ei voida mielestäni sivuuttaa, sillä työpisteen rakenne ja siinä käytetyt materiaalit voivat vaikuttaa suuresti esimerkiksi tilassa esiintyviin heijasteisiin. Äänityöpistettä ei epäilemättä voida suunnitella tilan akustiikkaan vaikuttamattomaksi, mutta sen vaikutuksia voidaan varmasti minimoida tai työpisteen rakennetta jopa käyttää hyödyksi tilan akustiikan parantamisessa. Lisäksi on otettava huomioon myös lähikenttämonitorointiin liittyvät erityiset, lähinnä ensiheijasteisiin liittyvät ongelmat, joihin voidaan vaikuttaa työpisteen suunnittelulla. En kuitenkaan käsittele huoneakustiikkaa tilan kannalta, sillä työpiste voi vain harvassa tapauksessa valita työtilansa – työpisteen tuleekin olla toimiva kaikissa ympäristöissä.

Akustoinnin periaatteiden ymmärtämiseksi tarvitaan perustiedot psykoakustiikasta sekä akustiikasta. Osa seuraavaksi läpikäytävästä tiedosta kuitenkin pureutuu ehkä tarpeettoman syvälle akustiikan ja psykoakustiikan perusteisiin. Näen tiedon läpikäynnin hyödylliseksi, sillä akustiikan ja psykoakustiikan perustietämys auttaa ääneen tarkemmin perehtymätöntä ymmärtämään esimerkiksi monitoroinnin asettelun perusteet ja monitoroinnin, huoneakustiikan sekä työpisteen yhteydet toisiinsa.

Psykoakustiikka on kokonaisuutena laaja-alainen tieteenhaara, joten olen pyrkinyt rajaamaan psykoakustiikkaa käsittelevän osion melko tiiviiksi. Selvitänkin ensin psykoakustiikan näkökulmasta sitä, miten havaitsemme äänen tulosuunnan. Äänen tulosuunnan havaitsemisen perusteiden jälkeen pyrin selvittämään akustiikan perusperiaatteet lyhyesti siten, että äänityötilan akustiset tarpeet on helppo ymmärtää. Tämän jälkeen käyn läpi materiaaleja ja rakenteita, absorberit ja diffusorit, joilla akustiikkaan voidaan vaikuttaa. Lisäksi selvitän nyrkkisäännöt eri taajuuksiin vaikuttaville akustointiratkaisuille.

4.1 Psykoakustiikkaa: Äänen tulosuunnan havaitseminen

Äänityöpisteen teknisten vaatimusten lisäksi tulee tietää perusteet kuulomme toiminnasta ja siitä, miten ääni meihin vaikuttaa. Psykoakustiikan perustietämystä tarvitaan äänityöpisteessä käytettävän monitorointijärjestelmän asettelun suunnittelussa, jonka asette-

lua on käsitelty luvussa 3. Psykoakustiikka on Glenn D. Whiten ja Gary J. Louien *Audio Dictionaryn* (2005, 9-10) mukaan kuuloa ja äänen havaitsemista tutkiva tieteenala, joka pyrkii selittämään tapaamme kuulla ja kuunnella ääniä. Pyrin selvittämään äänityön erityistarpeita psykoakustiikan perusteiden, erityisesti äänen suunnan havaitsemiseen käytettävien mekanismien avulla.

Ihminen havaitsee äänen tulosuunnan erilaisin mekanismein. Tärkeimmät mekanismit äänen suunnan tunnistamiseen ovat aikaeroihin perustuvat mekanismit ja aallonpituuteen sekä spektriin perustuvat mekanismit.

4.1.1 Aika- ja voimakkuuseroihin perustuvat havaintomekanismit

Francis Rumsey kuvaa aikaeroihin perustuvia äänen tulosuunnan tunnistusmekanismeja teoksessaan *Spatial Audio* (2001). Rumseyn (2001, 21-22) mukaan suoraan edessämme sijaitsevasta äänilähteestä saapuu signaali korviimme eri tavalla, kuin esimerkiksi viisitossa olevasta kohteesta. Tällöin äänisignaali saapuu pään koon vuoksi eri korviin hie- man eri aikaan, enimmillään 65 millisekunnin erolla. Tomlinson Holman (2001, 205-206) kuvaa ilmiötä termeillä ITD, *interaural time difference* ja ILD, *interaural level difference*.

ITD-mekanismi, korvien välinen aikaero, toimii erityisesti matalilla taajuuksilla, jolloin äänen tulosuunta havaitaan äänisignaalin eri korviin saapumisen välisen aikaeron perusteella. Matalien taajuuksien äänien aallonpituus on pitkä, jolloin ääniaalto diffraktoituu pään ohi helposti, eikä suurta voimakkuuseroa synny korvien välille. (Holman 2001, 205-206.) Rumsey (2001, 21-22) kutsuu samaa ilmiötä binauraaliseksi viiveeksi, *binaural delay*. Rumseyn mukaan korvien välinen viive havaitaan äänisignaalin alun ja lopun perusteella.

ILD-mekanismi, korvien välinen voimakkuusero, toimii korkeammilla taajuuksilla, sillä korkeiden taajuuksien aallonpituudeltaan lyhyempien ääniaaltojen diffraktoituminen pään ohitse vaikuttaa äänen voimakkuuteen. Pään aiheuttama diffraktio tekee eräänlaisen akustisen varjon äänen tulosuunnan vastaiselle korvalle, jolloin ”varjossa” oleva korva kuulee äänen vaimeampana. (Holman 2001, 205-206.)

Korvien välisiin eroihin perustuvat mekanismit eivät ole kuitenkaan täysin tarkkoja. Erot äänessä ei juuri erottele ääniä edestä tai takaapäin tuleviksi, eikä myöskään äänilähteen korkeutta; samasta kulmasta tulevat äänet aiheuttavat saman aikaeron, riippumatta siitä tuleeko ääni pään etu- vai takapuolelta. (Rumsey 2001, 22-23.)

4.1.2 Aallonpituuteen ja taajuuteen perustuvat havaintomekanismit

Aikaeroihin perustuvien mekanismien lisäksi havaitsemme äänen suunnan aallonpituuteen ja spektriin perustuvien mekanismien avulla (Rumsey 2001, 23-26). Korvalehtemme rakenteet korostavat äänen heijastumia ja resonointia muuttaen kuultavan äänen taajuusvastetta riippuen siitä, mistä suunnasta äänialto saapuu korviimme (Holman 2001, 206). Holmanin mukaan ääni kuullaan kirkkaana, kun äänilähde on sivulla ja äänenväriältään hieman ”tummempaa”, jos sama äänilähde on suoraan edessä tai takana. Myös olkapäät ja keho aiheuttavat heijasteita kuulemaamme ääneen. Lisäksi äänenvoimakkuuden ero korvien välillä antaa vihjeen äänen tulosuunnasta.

Kaikki edellä mainitut muodostavat yhdessä HRTF:n (*Head-Related Transfer Function*), jonka perusteella aivot osaavat päätellä kuullun äänen tulosuunnan (Rumsey 2001, 23-26.) Käytännössä HRTF tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kuulemme eri mekanismien yhteistyön ansiosta takaa tulevien äänten ylätaajuudet hieman heikommin verrattuna edessä sijaitseviin äänilähteisiin, koska eteenpäin suuntaavat korvalehdet vaimentavat hieman takaa saapuvan äänen korkeita taajuuksia (Rumsey 2001, 24). Rumsey viittaa myös Jens Blauertin tutkimukseen, jossa on havaittu tiettyjen taajuuksien korostumista tai vaimentumista ääniaallon tulosuunnasta riippuen. Esimerkiksi 8 kHz taajuus havaitaan melko hyvin pään yläpuolelle, kun taas 300-600 Hz ja 3000-6000Hz näyttäisivät liittyvän edestä havaittavuuteen, kun taas 1200 Hz ja 12 000 Hz havaitaan herkemmin pään takaa (Rumsey 2001, 25). F. Alton Everest (2002, 35) on lisäksi todennut viitatun aiheesta tehtyihin tutkimuksiin, että yli esimerkiksi 7 kHz äänet ovat korvalehden rakenteen vuoksi olennaisia tarkkaan äänen tulosuunnan havainnoimiseen.

4.1.3 Suuntakuulon tarkkuus

Suuntakuulo on parhaimmillaan hyvinkin tarkka. MAA, *minimum audible angle* eli pienin kuultava kulma tarkoittaa kuulon suhteellista tarkkuutta. Holmanin (2001, 207) mukaan edestä tulevan äänen havaittavuus on jopa 1° horisontaalisella tasolla, ja 3° verti-

kaalisella tasolla. Suuntakuulomme on tarkimmillaan, mitä edempänä äänilähde sijaitsee. Mitä sivummalle tai taemmas äänilähde siirtyy, sitä epätarkemmaksi suuntakuulo muuttuu. (Holman 2001, 207)

Rumsey (2001, 26) huomauttaa lisäksi, että jokaisen korvalehti on hieman erilainen ja kokeissa on todettu, että muutokset korvalehdessä aiheuttavat vähintäänkin väliaikaista suuntakuulon heikkenemistä. Suuntakuulon tarkkuus ei siis välttämättä ole yksilön kohdalla vakio, vaan saattaa muuttua elämän aikana. Suuntakuulo ei myöskään ole kaikilla alkujaankaan yhtä hyvä.

4.1.4 Näkö- ja kuuloaistin yhteistoiminta

Äänen tulosuunnan havainnointiin liittyvät olennaisesti myös muut aistit, erityisesti näköaisti. Aiemmin opitun perusteella aivot olettavat tiettyjen äänellisten vihjeiden liittyvän ääniärsykkeisiin silloinkin, kun näin ei välttämättä ole (Rumsey 2001, 33-34). Rumsey esittää hyvänä esimerkkinä taivaalla lentävän lentokoneen. Lentokoneen ääni mielletään useimmiten totuttujen näköhavaintojen vuoksi tulemaan ylhäältä. Mikäli lentokoneen ääni saapuukin alapuolelta esimerkiksi vuorella seistäessä, saatetaan silti katsoa ylös totutun visuaalisen vihjeen vuoksi. Lisäksi Rumseyn mukaan binauraaliset äänitteet mielletään kuunneltaessa usein pään takana tapahtuviksi, joka kertoo osaltaan näön merkityksestä lokalisointiin; lokalisointi pään taakse liittyyneen tottumukseemme, että kuulemme takanamme tapahtuvat asiat, vaikka emme voisi nähdä niitä. (Rumsey 2001, 33-34.)

Rumsey (2001, 34) viittaa myös Komiyaman 1989 tekemiin kokeisiin, joissa mitattiin nähtävän ja kuultavan vihjeen välisen eron vaikutusta katsojaan. Kokeen tulosten mukaan 11° ristiriita kuvan ja äänen asettelun välillä häiritsee havainnointiin harjaantunutta, mutta tavallisella havainnoijalla ero sai olla jopa 20° . Kuten jo aiemmin monitoroinnin asettelua käsittelevän kappaleen yhteydessä mainitsin, Tomlinson Holmanin kanta eroaa kuitenkin tästä. Holmanin mukaan ristiriita voidaan havaita 4° tarkkuudella, ja suurin osa häiriintyy kun ääni on 15° ristiriidassa kuvaan (Holman 2000, 50). Myös tästä syystä monitoroinnin ja kuva-alan tulee olla yhtenevät.

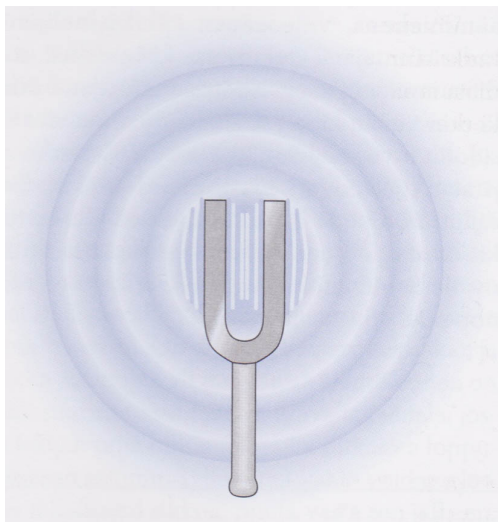
4.2 Akustiikkaa lyhyesti

Akustiikka sanana tarkoittaa *Audio Dictionaryn* mukaan tiedettä joka tutkii ääntä ja äänen kuulemistä. Fysiikkaan liittyvä akustiikka käsittelee äänen mitattavia ominaisuuksia sekä sen käyttäytymistä. (White & Louie 2005, 9-10.) Akustiikka tieteenä käsittää siis käytännössä kaiken ääneen ja sen käyttäytymiseen liittyvän tieteen lukuun ottamatta psykoakustiikkaa. Akustiikan kaikenkattava läpikäynti lyhyesti on käytännössä mahdotonta, mutta nähdäkseni perustietämys mm. äänestä ilmiönä ja äänen käyttäytymisestä auttavat myös äänityöpisteiden suunnittelijaa ymmärtämään äänityön erityistarpeita.

4.2.1 Ääni fysikaalisena ilmiönä

Ääni ilmiönä on aaltoliikettä, joka ilmenee säännöllisenä värähtelynä ilmassa tai muussa väliaineessa. Ilmassa ääni esiintyy ilmanpaineen vaihteluna, joka aistitaan korvassa vaihteluna ympäröivässä ilmanpaineessa. Fysiikan termein kyse on ilmamolekyylien liikkeestä, jossa molekyylit ovat vuoroin kauempana ja vuoroin lähempänä toisiaan, eli ne muodostavat ilmaan tihentymiä ja harventumia. Tämän värähtelyn nopeus määrittää kuultavan äänen korkeuden. Hidas värähtely kuullaan matalina ja nopea värähtely korkeina ääniä. Ääni voi edetä myös muussa materiaalissa kuin ilmassa, kuten vedessä tai kiinteässä aineessa. (Laaksonen 2013, 4-5.)

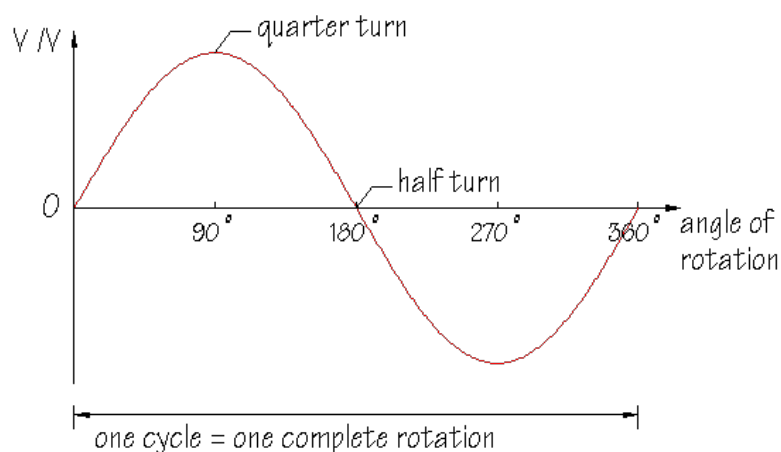
Äänen syntymiseen tarvitaan äänilähde. Äänilähde synnyttää ääntä värähtelemällä, jolloin värähtely aiheuttaa ympäröivään ilmaan paineen vaihtelua eli ääntä. Värähtelevän äänilähteen lisäksi äänen muodostumiseen vaikuttavat äänen lähdeä ympäröivät rakenteet, kuten erilaiset ontelot. (Laaksonen 2013, 5.)



Kuva 26 Ääni etenee pallomaisesti värähtelijästä (Laaksonen 2013, 4. Äänityön kivijalka. Riffi-julkaisut)

Teoriassa pistemäisen äänilähteen aiheuttama ääni etenee pallomaisesti kaikkiin suuntiin äänilähteestä, kuten kuvassa 26. Äänilähteet eivät käytännössä kuitenkaan ole pistemäisiä, vaan ne säteilevät eri korkuisia ääniä eri suuntiin useilla eri tavoilla. Eri äänenkorkeudella olevat äänet etenevät eri suuntiin riippuen äänilähteen säteily- eli suuntakuvioista. Tästä syystä äänilähteet kuulostavat erilaisesta riippuen siitä, millä puolella äänilähdettä kuulija sijaitsee. (Laaksonen 2013, 5.)

Äänen rakenne käsittää äänen voimakkuuden, sävelkorkeuden, äänenvärin ja äänen kestön. Näitä kuvataan kolmella fysikaalisella muuttujalla; tasolla, taajuudella ja ajalla. Näitä muuttujia on helpoin kuvata äänen yksinkertaisimmalla muodolla, siniaallolla. Siniaalto on havainnollistettuna kuvassa 27. Kuvassa 27 siniaalto esittää värähtelyliikkeen etenemistä ajassa vaakatasolla. Pystyakselilla kuvataan muutoksen voimakkuutta joko ylös tai alaspäin, nollaviiva taas kuvastaa tilaa, jossa muutosta ei tapahdu. (Laaksonen 2013, 6.)



Kuva 27 Siniaalto kordinaatistossa kuvattuna (Doctronics, www-sivut, 09.04.2014)

Taso (amplitude) kuvaa äänen voimakkuutta. Taso tarkoittaa sitä, kuinka kauas keskiarvosta ilmanpaineen muutos yltää positiiviseen tai negatiiviseen suuntaan. Positiivisessa vaiheessa ilma on tihtynyt, negatiivisessa harventunut. Paineen vaihtelu tarkoittaa ääntä, keskitaso hiljaisuutta. Äänen taso on suhteellinen paineenvaihtelun voimakkuuteen, joka on suhteessa alkuperäisen värähtelijän liikkeen suuruuteen. Mitä voimakkaammin äänilähde värähtelee, sitä suurempi on sen aiheuttama ilmanpaineen vaihtelu – eli myös sitä voimakkaampi kuultava ääni on. (Laaksonen 2013, 6.)

Jakso (cycle) tarkoittaa ääniaallon säännöllisyyttä. Jakso tarkoittaa osuutta, jonka jälkeen värähtelyn vaiheet toistuvat, eli jakso on osa kahden samanlaisen ääniaallon kohdan välillä. Aikaisemmassa kuvassa 27 nähdään siniaallon yksi jakso. Jakso muodostuu aina kahdesta puoliaallosta, joista toinen on positiivinen ja toinen negatiivinen. (Laaksonen 2013, 6.)

Taajuus (frequency) tarkoittaa kuultavan äänen korkeutta. Taajuus tarkoittaa sitä, kuinka nopeasti kokonaiset jaksot seuraavat toisiaan. Taajuutta mitataan hertseinä, Hz, joka tarkoittaa kokoaaltojen lukumäärää sekunnissa. Matalien taajuuksien hertsiluku on pieni ja korkeiden suuri, eli matalat ääniaallot ovat pitkiä, korkeat lyhyitä. Ihmisen kuuloalue kattaa taajuusalueen 20 Hz – 20 kHz ja tätä väliä kutsutaan audiokaistaksi (audio band). (Laaksonen 2013, 7.)

Vaihe (phase) tarkoittaa värähtelyliikkeen jakson eri osia. Vaihetta ilmaistaan astelukuna. Yksi jakso on 360° , jonka jakautuminen nähdään myös kuvasta 27. Käytännössä vaihe tarkoittaa sitä, että jakson alussa, 0° , äänellä ei ole energiaa eikä vaihetta. Värähtelyn myötä energia ja vaihe kasvavat aallonhuippuun, 90° , asti jolloin värähtelyn energia on suurimmillaan. Seuraavaksi värähtelijä palaa aloitustasoonsa, 180° , josta liike jatkuu aallonpohjaan, negatiiviseen ääriasentoon, 270° . Kun värähtelijä palaa takaisin nollassoon, 360° , on jakso täyttynyt. (Laaksonen 2013, 8)

Äänen nopeus 20°C ilmassa on noin 343 m/s (Kervinen & Parkkila 2006, 91). Tietoa äänen nopeudesta tarvitaan esimerkiksi kaiutinasettelujen viiveaikoja laskettaessa tai vastavaiheiden arvioinnissa mikrofoneja sijoitettaessa. Lisäksi äänen nopeutta tarvitaan aallonpituuden laskemiseen, jota taas voidaan käyttää hyödyksi akustoinnissa. Aallonpituuden laskemiseen tarvittava kaava löytyy liitteestä 2.

4.2.2 Suora ääni, ensiheijasteet ja kaiunta

Kuulemamme äänen toimintaa voidaan osittain selittää jakamalla kuultava ääni suoraksi ääneksi, ensiheijasteiksi ja kaiunnaksi. Käytännössä kuulemassamme äänessä on kaikkia näitä, mutta äänen eri osat saapuvat korviimme hieman eri ajassa. Suora ääni, ensiheijasteet ja kaiunta vaikuttavat työpisteen kuunteluun, joten näiden eron tunteminen on välttämätöntä onnistuneen työpistekalusteen suunnittelussa.

Suora ääni (direct sound) saapuu kuuntelijan korviin lyhintä mahdollista reittiä äänilähteestä siinä ajassa, minkä ääniaallon kulkeminen äänilähteen ja kuuntelijan välillä kestää. Suoran äänen saapumista seuraa lähes välittömästi useita *heijasteita* (reflections), jotka saapuvat kuuntelijan korviin heijastuttuaan ensin lähellä sijaitsevista ääntä heijastavista pinnoista. *Ensiheijasteiksi* (early reflections) kutsutaan ääniaaltoja, jotka saapuvat 50 millisekunnin kuluessa suoran äänen saapumisesta. Ensiheijasteiden jälkeen joka suunnasta saapuvia heijasteita kutsutaan *kaiunnaksi* (reverberant sound). Kaiunta koostuu useammista pienemmistä heijasteista, jotka muodostavat tiiviin äänikentän, kaiun. (Rossing 1990, 460-461.)

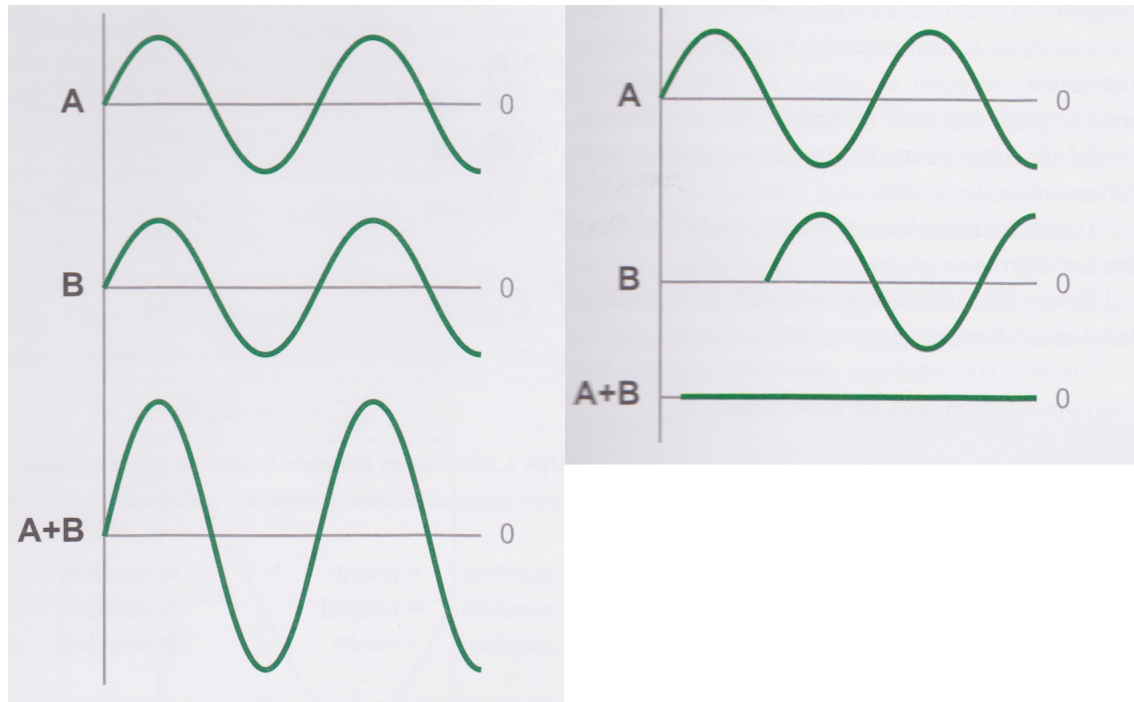
Eryteisesti ensiheijasteiden merkitys työpistesuunnittelun kannalta on merkittävä. Kuten psykoakustiikkaa käsittelevässä osiossa todettiin, perustuu suuntakuulomme muun muuassa aikaerojen havaitsemiseen. Myös ensiheijasteet liittyvät suuntakuulomme toimintaan. Rossing (1990, 462) esittää, että suoraa ääntä välittömästi seuraavat heijasteet, joiden spektri ja kesto vastaavat suurin piirtein suoraa ääntä, tulkitaan osaksi suoraa ääntä. Nämä ensiheijasteet oikeastaan voimistavat suoraa ääntä, jolla taas on merkitystä etäisten kohteiden suunnan havaitsemisessa. Kuulomme jatkaakin ympäröivistä heijasteista huolimatta äänen suunnan tulkintaa suoran äänen perusteella. Tätä ilmiötä kutsutaan *presendenssi-efektiksi* (precedence effect). (Rossing 1990, 462-463.)

4.2.3 Äänen käyttäytyminen tilassa

Ääni ei kuitenkaan esiinny vain yhtenä aaltona, vaan väliaineessa liikkuu useita eri värähdyksiä. Ääniaallot vaikuttavat toisiinsa eri tavoin ja ne reagoivat myös ympäristöönsä. Olennaisia käsitteitä äänen käyttäytymisessä ovat *summautuminen*, *diffraktio* ja *refraktio*. Lisäksi tarvitaan tietoa äänen eri aallonpituuksien tyypillisistä ominaisuuksista.

Kun värähtelyjä, ääniä, on useampia vaikuttavat ne myös toisiinsa. Vaikutus riippuu siitä, missä vaiheessa äänet ovat suhteessa toisiinsa. Samassa vaiheessa olevat äänet voimistavat toisiaan, kun taas vastavaiheessa olevat värähtelijät heikentävät toisiaan – ääniaallot *summautuvat*. Äänet voivat olla suhteessa toisiinsa missä tahansa vaiheessa välillä 0-360°. Ääritilanteissa äänet ovat joko täsmälleen samassa tai täysin vastakkaisessa vaiheessa. Samassa vaiheessa olevat voimistavat toisiaan huomattavasti. Täysin vastakkaisessa olevat äänet, eli puoli jaksoa eri ajassa olevat ääniaallot, taas hiljentävät ääntä huomattavasti tai kumoavat ääniaallot täysin kuulumattomiin. (Laaksonen 2011,

10.) Kuvassa 28 on esitetty vasemmalla samassa vaiheessa olevien ääniaaltojen vahvistuminen ja oikealla vastavaiheessa olevien aaltojen vaimentuminen.



Kuva 28 Siniaaltojen myötä- ja vastavaiheen summautuminen
(Laaksonen 2011, 10-11. Äänityön kivijalka. Riffi-julkaisut.)

Diffraktio tarkoittaa ilmiötä, jossa esteeseen törmäävä aalto pyrkii kiertymään esteen ympärille. Ilmiö esiintyy myös, kun aallot läpäisevät kapean aukon. Tällöin aallot pyrkivät levittäytymään aukon molemmiin puolin. Diffraktion määrään vaikuttaa läpäistävän aukon koko suhteessa aallonpituuteen. Tämä selittää esimerkiksi sitä, miksi monitori suuntaa korkeita taajuuksia voimakkaammin eteenpäin kuin matalia taajuuksia; matalat taajuudet diffraktoituvat monitorin ympärille. (Rossing 1990, 47-48.) Diffraktiota sivuttiin aiemmin osiossa 3.3.1.

Refraktio on ilmiö, joka esiintyy aallon etenemisnopeuden muuttuessa. Refraktio aiheuttaa muutoksia aallon etenemissuunnassa taipumista muistuttavalla. Refraktiota tapahtuu esimerkiksi ääniaallon siirtyessä kiinteistä rakenteista ilmaan tai päinvastoin. Myös lämpötilan muutokset aiheuttavat refraktiota, koska äänen nopeus muuttuu suhteessa ilman lämpötilaan. Esimerkiksi kylminä iltoina voidaan havaita äänen kantautumista erittäin kaukaa, joka johtuu äänen refraktoitumisesta ylemmissä, kylmemmissä ilmakerroksissa. Refraktio selittää myös, miksi ääni kuuluu huonosti vastatuuleen; tuulen (eli liikkuvan ilman, äänen välittäjäaineen) nopeus on hitaampi maan pinnalla kuin ilmassa,

jolloin ääni refraktoituu ylöspäin ja osa äänestä ei saavuta kuulijaansa. (Rossing 1990, 47.)

Ääniaaltojen käyttäytyminen riippuu myös siitä, millä aallonpituudella ne esiintyvät. Laaksonen (2013, 13) erittelee matalien ja korkeiden taajuuksien tärkeimpiä ominaisuuksia. Matalille taajuuksille ominaista ovat hidas värähtely, pitkä aallonpituus, pallomainen eteneminen äänilähteestä, kyky kiertää isojakin esteitä, eli diffraktoitua, sekä kyky läpäistä paksujakin seiniä. Matalille taajuuksille ominaista on myös suuri liikeenergia sekä kuuluvuus kauas.

Korkeille taajuuksille ominaista on taas nopea värähtely ja lyhyt aallonpituus. Korkeat taajuudet ovat suuntautuvia, eli etenevät suoraviivaisesti eteenpäin. Ne myös heijastuvat pienistäkin esteistä. Korkeat taajuudet kuolettuvat epätasaisiin pintoihin, mutta heijastuvat voimakkaasti kovista ja sileistä tasoista uuteen kulkusuuntaan. Korkeilla taajuuksilla on myös vähemmän liike-energiaa, eli ne vaimenevat matalia taajuuksia nopeammin. (Laaksonen 2013, 13.)

Äänen liikkumiseen vaikuttavat kaikki sen tiellä olevat esineet ja asiat, akustiset esteet. Näiden esteiden vaikutus riippuu äänen aallonpituuden ja akustisen esteen kokojen suhteesta sekä esteen massasta ja rakenteesta. Matalat taajuudet etenevät pallomaisesti, jolloin ne voivat kiertää esteitä helposti ja taittua esteiden ohitse. Korkeat äänet taas etenevät sitä suoraviivaisemmin, mitä korkeammasta taajuudesta on kyse. (Laaksonen 2013, 14.)

Esteiden heijastumisominaisuudet, toisin sanoen esteen massa ja pinnan kovuus, akustinen heijastavuus, vaikuttavat äänen käyttäytymiseen tilassa. Mekaaniset esteet, kuten epätasaisuudet tai kolot heijastuspinnossa, vaikuttavat voimakkaimmin korkeisiin taajuuksiin. Törmätessään epätasaisiin pintoihin korkeat taajuudet heijastuvat useisiin suuntiin ja samalla vaimentuvat. Mataliin taajuuksiin pienikokoiset epätasaisuudet eivät juuri vaikuta. (Laaksonen 2013, 14.)

4.3 Akustiikkaan vaikuttavat materiaalit ja mekanismit

Ääniaaltojen liikkeeseen tilassa voidaan vaikuttaa edellä mainittujen äänen ominaisuuksien vuoksi erilaisilla materiaaleilla ja fysikaalisilla mekanismeilla. Nämä materiaalit ja

mekanismit jaetaan kahteen ryhmään, absorbereihin ja diffuusoreihin. Absorbereilla vaimennetaan ääniaaltoja ja diffuusoreilla vaikutetaan ääniaaltojen heijasteisiin. Lisäksi ääntä voidaan estää siirtymästä tilasta toiseen, eli eristää.

4.3.1 Absorberit

Absorberit voidaan ajatella äänen eri taajuuksien vaimentamiseen tarkoitettuja akustointielementteinä. Absorberit vaimentavat ääntä muuntamalla äänienergiaa eri energiamuotoon, yleensä lämmöksi. Erilaisilla absorbereilla vaikutetaan useimmiten työtilan kaiunta-aikaan. Absorberit toimivat usein tehokkaasti kuitenkin vain rajatulla taajuusalueella. Erilaisin absorberein voidaan siis vaikuttaa huoneen sointiin vaimentamalla vain esimerkiksi huoneen mittasuhteiden vuoksi korostuneita taajuuksia. Absorberit voidaan karkeasti jakaa huokoisiin ja resonoiviin absorbereihin sekä usein niiden yhdistelmistä rakennettuihin bassoansoihin.

4.3.2 Huokoiset absorberit

Huokoiset absorberit koostuvat nimensä mukaisesti huokoisista, joille on ominaista kuitumainen rakenne. Huokoiset absorberit voivat olla esimerkiksi vaahtomaisia, tekstiilisiä tai villanomaisia, kuten vaahtomuovista valmistetut absorberit kuvassa 29. Absorbereita voivat olla myös erilaisista puukuiduista tai huokoisista tiilistä valmistetut akustiikkaelementit. Huokoisille absorbereille on ominaista hyvä absorbointikyky erityisesti korkeilla taajuuksilla. (Rutherford & Wilson, Porous absorbers)



Kuva 29 Huokoisesta vaahtomuovista valmistettu absorberit (Auralex Acoustics, www-sivut, haettu 19.04.2014)

Huokoisten absorberien toimintaperiaate perustuu ääniaallon liike-energian muuntumiseen lämmöksi. Salfordin Yliopiston professori Trevor Cox (2009, 156) kirjoittaa teoksessaan *Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application* kuinka äänialto menettää energiaansa edetessään huokoisessa absorberissa. Ääniaallon edetessä materiaalissa se luovuttaa osan energiastaan kitkana läpäisemiensä huokosten seiniin, jonka lisäksi aallon liikevoima heikkenee sen edetessä epätasaisessa materiaalissa. (Cox 2009, 156)

Tapahtuvan imeytymisen määrä riippuu materiaalin tiheydestä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että löyhä materiaali absorboi ääntä heikommin kuin tiheä materiaali. Liian tiheä materiaali ei taas päästä riittävästi ilmaa lävitseen, jolloin materiaali muuttuu heijastavaksi ja äänienergia heijastuu pois materiaalin pinnasta. (Jones & Szymanski 2002, 76.)

4.3.3 Resonoivat absorberit

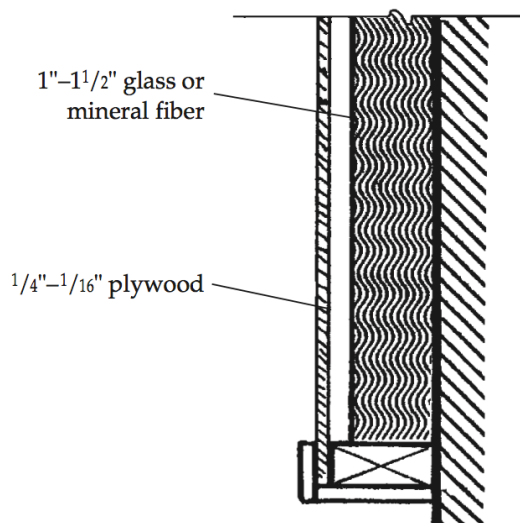
Resonoivat absorberit voidaan karkeasti jakaa Helmholtzin resonaattoriin ja erilaisiin levyabsorbereihin (panel absorber).

Helmholtzin resonaattori perustuu säiliöön, jossa ilma ahtautuu kapeasta aukosta sisään tai ulos. Säiliön sisällä oleva ilma toimii eräänlaisena jousena samalla kun säiliön sisään- ja ulosaukolla olevan ilman massa toimii painona. Säiliön sisällä oleva ”ilmajousi” sekä säiliön suuaukolla oleva ”ilmapaino” muodostavat yhdessä resonoivan elementin. Resonoinnin taajuuden määräävät säiliön suuaukon pituus sekä halkaisija (Schwind 1997). Akustiikan asiantuntija F. Alton Everest ehdottaa teoksessaan *Master Handbook of Acoustics* (2009, 210-211) resonaattorin täyttämistä huokoisella absorboivalla materiaalilla ja suuaukon vuoraamista esimerkiksi tekstiilillä tai villalla, jolloin resonaattori absorboi taajuuksia laajemmalla kaistalla. Absorboimaton energia lisäksi hajoaa resonaattorista lähtiessään, jolloin aiheutuu diffuusiota. Yksinkertaisimmillaan Helmholtzin resonaattori on rei-itetty levy tai säleikkö jonka takana on ilmatila, jolloin resonointi tapahtuu ilman tunkeutuessa levyn rei-istä tai säleikön raoista (Jones & Szymanski 2002, 80-81). Tällainen Helmholtzin resonaattorin variaatio on esimerkiksi kuvassa 30 nähtävä akustointipaneelimalli.



Kuva 30 Akustointipaneeli, jonka rakenteessa on käytetty hyödyksi resonaattoria ja absorboivia materiaaleja (GLBM Co. Ltd, www-sivut, haettu 19.04.2014)

Levyabsorberi on kehikkoon kiinnitetty taipuisa levy, jossa levyn taakse jää ilmatila, jolloin levy sekä sen taakse jäävä ”ilmajousi” muodostavat resonaattorin. Levyn värähdellessä syntyy huokoisen absorberin tapaan kitkaa, joka imee osan äänienergiasta. Lisäksi osa levyn taakse jäävästä ilmatilasta on usein täytetty huokoisella absorberilla, joka vaimentaa levyabsorberin liikettä ja lisää absorbointikykyä, sekä laajentaa absorboitavaa taajuusaluetta. (White 1998.)



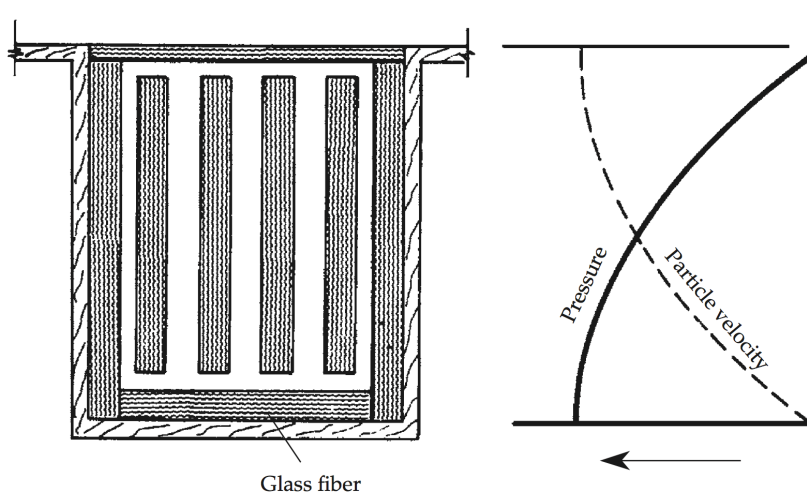
Kuva 31 Paneeliabsorberi, jossa osa resonoivan paneelin taakse jäävästä ilmatilasta on täytetty huokoisella absorberilla (Everest & Pohlman 2009, 204. Master Handbook of Acoustics. McGraw-Hill)

4.3.4 Bassoansat

Bassoansat ovat useimmiten edellä mainittujen resonaattoreiden variaatioita, joiden tarkoitus on vaimentaa matalia taajuuksia. Bassoansojen käsite ei ole kuitenkaan yksiselit-

teinen ja onkin jossain määrin kiistanalainen. Bassoansan tulisi nimensä mukaisesti vaikuttaa erityisesti mataliin taajuuksiin. Jones & Szymanski (2002, 81) esittävät, että markkinoilla olevat bassoansat, vähintäänkin osa, ovat oikeastaan laajakaista-absorbereita niiden vaimentaessa niin korkeita kuin mataliakin taajuuksia. Jones & Szymanski huomauttavat lisäksi, että matalien taajuuksien käsittely on usein osa holistisempaa akustointia.

Bassoansoiksi tarkoitetut ratkaisut ovat muihin akustointielementteihin verrattuna usein suurikokoisia, sillä vaimennettavien taajuuksien aallonpituudet ovat huomattavan pitkiä. Bassoansat, samoin kuin muutkin akustointimateriaalit, ovat tehokkaimmillaan, kun elementin syvyys on neljäsosa aallonpituudesta (Cox 2009, 157) tai toisten teorioiden mukaan π , 3.14159..., aallonpituudesta (Jones & Szymanski 2002, 81). Coxin mukaan materiaalin paksuus tulee olla kuitenkin vähintään kymmenesosa aallonpituudesta, jotta vaikutus voidaan havaita. Esimerkiksi 40 hertsin taajuudella äänen aallonpituus on yli 8 metriä, jolloin bassoansan halkaisijan tulisi olla noin 2 metriä. Käytännössä matalien taajuuksien hallintaan ei kuitenkaan voida yleensä käyttää näin suuria määriä tilaa. Tästä syystä erilaiset matalien taajuuksien hallintaan tarkoitetut ratkaisut ovat useimmiten resonaattoreiden ja absorbereiden variaatioita.



Kuva 32 Everestin ”oikean bassoansan” rakennekaavio (Everest & Pohlman 2009, 208. Master Handbook of Acoustics. McGraw-Hill)

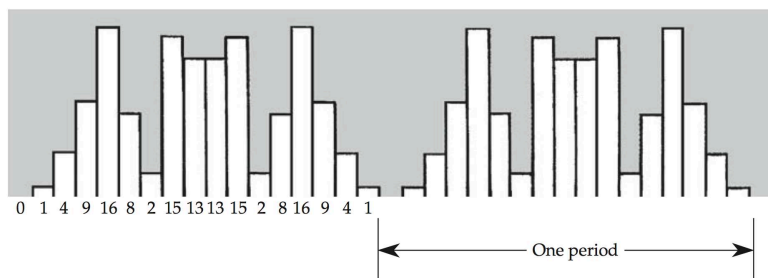
F. Alton Everest määrittelee (2009, 208) ”oikeaksi bassoansaksi” säiliön, jonka syvyys ja suuaukon koko ovat tarkoituksenmukaiset matalien taajuuksien absorbointiin; säiliön syvyys on neljäsosa absorboitavan aallon pituudesta. Lisäksi säiliö on tarkoituksenmu-

kaisesti vuorattu absorboivilla materiaalilla, kuten esitetty kuvassa 32. Everestin määrittelemä rakenne yhdistää siis Helmholtzin resonaattoria sekä huokoisia absorbereita. Nurkkiin sijoitetut, lattiasta kattoon yltävät sälemuotoiset Helmholtz-resonaattorit voivat toimia bassoansoina. Myös erilaiset huokoiset ja paksut absorberit nurkkiin sijoitettuna saattavat ajaa saman asian. Jones & Szymanski (2002, 81) huomauttavat, että tällaisten ratkaisuiden toimivuus on usein huomattavasti kiinni akustoinnin sijoittelusta tilaan.

4.3.5 Diffusorit

Diffuusio tarkoittaa äänen heijastumista eri tahoille alkuperäisen ääniaallon tulosuunnasta riippumatta. Diffuusiossa saapuva ääniaalto osuu pintaan, joka hajottaa ääniaallon useiksi heijasteiksi. (Mooney 2012, 23-24.) Heijasteet jakaantuvat diffuusiossa kaikkiin mahdollisiin suuntiin laajalla taajuusalueella, riippumatta alkuperäisen aallon tulosuunnasta (Jones & Szymanski 2002, 86). Diffusorit voidaan jakaa karkeasti QRD-, geometrisiin ja vaihtelevan absorbtion diffuusoreihin (Mooney 2012, 20).

Diffusorien käyttötarkoitus eroaa absorbereista, sillä ne eivät yleensä, lukuun ottamatta vaihtelevan absorbtion diffuusoreita, vähennä tai muuta tilassa esiintyvien ääniaaltojen tasapainoa millään taajuuksilla. Mooney (2012, 20) kuvaa osuvasti diffuusion vaikutusta pehmentäväksi; tilassa esiintyvä diffuusio vähentää äänen raakuutta ja terävyyttä difusoituneiden heijasteiden sekoittuessa suoriin heijasteisiin.



Kuva 33 QRD-diffusorin sarja havainnollistettuna (Everest & Pohlman 2009, 260. Master Handbook of Acoustics. McGraw-Hill)

Diffusorin tarkoitus on siis hajottaa ääniaaltoja heijastamalla niitä kaikkiin huoneen suuntiin. Manfred Schroederin työn pohjalta kehitetty QRD-diffusori (Quadratic Residue Diffuser) muodostuu useista yhtä suurista koloista, joiden syvyys toisiinsa verrattuna vaihtelee. Kolojen välillä saattaa olla ohut välilevy ja pinnat saattavat olla myös ver-

hoiltuja esimerkiksi kankaalla. (Jones & Szymanski 2002, 87.) Mooneyn mukaan yksinkertaisin mahdollinen QRD-diffuusori voidaan valmistaa satunnaisen kokoisista rimoista kiinnittämällä ne riviin esimerkiksi seinälle (Mooney 2012, 25). QRD-diffusorin laskennallinen sarja on nähtävissä edellisessä kuvassa 33 ja seuraavassa kuvassa 34 on valmiiksi rakennettu QRD-diffuusori.



Kuva 34 Hofa QRD-diffuusori
(Hofa, [www-sivut](#), haettu 18.04.2014)

Vaihtelevan absorbtion diffuusorit toimivat samalla periaatteella kuin QRD-diffuusori. Toisin kuin QRD-diffusorissa, vaihtelevan absorbtion diffusorissa kolot on täytetty absorboivalla materiaalilla (Mooney 2012, 26). Mooneyn mukaan absorberin käytöllä yhdessä diffusorin kanssa on etuja; diffusorin syvyys voidaan pienentää jopa tuuman paksuuteen ja samalla diffuusori toimii myös absorberina.

Geometriset diffuusorit ovat esimerkiksi pyramidin tai kuperien kaarten muotoisia osioita, jotka kiinnitetään useimmiten seiniin. Geometrinen diffusorien käytöllä voidaan lisätä diffuusiota erityisesti laajoilla pinta-aloilla. Geometrinen diffusoreiden käyttöön liittyy myös ongelmia; geometrinen diffusorien asettaminen järjestelmällisiin ryhmiin saattaa myös heikentää tilan akustiikkaa. Myöskään koveria kaaria ei tule käyttää diffusoreina, sillä koverat kaaret saattavat aiheuttaa ei-toivottuja heijasteiden keskittymiä. (Mooney 2012, 25.)

4.3.6 Äänieristys

Ääntä voidaan myös estää poistumasta tilasta tai saapumasta tilaan. Eristäminen on kuitenkin käytännössä äänen vaimentamista, sillä kuten Rossing (1990, 629) on osuvasti

kiteyttänyt, epätoivottuakaan ääntä ei voida useinkaan täysin eliminoida. Äänieristäminen perustuu tietämykseen äänen ominaisuuksista, joiden avulla ääntä voidaan hallita. Äänieristyksessä käytetään erilaisia rakenteita. Avainasemassa äänieristyksessä ovat rakenteiden tiiviys sekä materiaalien tiheys, kuten esitin absorberien yhteydessä. Osatekijä onnistuneessa äänieristyksessä on siis absorbointimateriaalien käyttö eristyksessä.

Rossing (1990, 630) esittää, että äänieristyksessä tulee kiinnittää huomiota kolmeen kohtaan, joiden avulla äänieristyksestä saadaan kokonaisvaltainen. Nämä kohdat ovat:

1. Äänienergian absorbointi äänen matkalla lähteestä kuulijalle
2. Äänen heijastaminen takaisin esteiden avulla
3. Äänen vaihtoehtoisten kulkureittien eliminoiminen

Äänen absorbointiin äänen kulkeman matkan aikana ja esteiden käyttöön äänen takaisinheijastamisessa liittyvät olennaisesti käsitteet siirtymähäviö sekä äänieste.

Siirtymähäviö (transmission loss) tarkoittaa äänen liike-energiassa tapahtuvan häviön määrää, kun ääni kulkee osion tai muurin lävitse. Kun ilmassa kulkeva ääniaalto iskeytyy esteeseen, heijastuu suurin osa äänestä takaisin. Osa kuitenkin absorboituu esteeseen ja vielä pienempi osa läpäisee esteen (Rossing 1990, 633). Mekanismit, joista häviö johtuu, esiteltiin absorbereiden ja diffuusoreiden yhteydessä; *liike-energian muuntuminen lämpöenergiaksi kitkan vaikutuksesta sekä äänen ohjautuminen uudelleen*. Häviötä kuvataan TL-luvulla, joka kertoo miten paljon äänienergiaa häviää äänen läpäistessä materiaalin (Jones 2002, 47). TL-arvo on verrattavissa matemaattisesti laskettavaan STC-arvoon (sound transmission class), joka kertoo materiaalin tai rakenteen vaimennuskyvyn (Rossing 1990, 634). TL- ja STC-arvojen avulla voidaan määrittää tarvittava vaimennus ja vaimennukseen riittävä rakenne. TL-luvun laskemiseen tarvittavat kaavat löytyvät liitteestä 2 ja STC-arvoja eri materiaaleille on saatavilla materiaalivalmistajilta.

Äänieste (sound barrier) vaimentaa läpäisevää ääntä. Ääniesteen tulee vaimentaa sekä ilmassa että rakenteissa kulkeutuvaa ääntä. Äänieste toimii kalvona, joka värähtelee ääniaallon siirtyessä siihen. Kuten aiemmin esitettiin, kalvomainen värähtelijä absorboi osan äänienergiasta. Osa äänienergiasta myös ohjautuu uudelleen toiseen suuntaan. Yksinkertaisin äänieste on veltto levy tai seinämä, jossa ei ole seinämää jäykistäviä erillisrakenteita. Ääniesteen vaimentava vaikutus kasvaa käytännössä 4,4 dB esteen massan

kaksinkertaistuu. Nyrkkisääntönä voidaan myös pitää tietoa, että mitä raskaampi äänieste on, sitä enemmän siirtohäviötä ilmenee kaikilla taajuuksilla, samoin kuin tietoa siitä, että mitä korkeampi taajuus on, sitä voimakkaammin se vaimenee. Äänieste ei kuitenkaan toimi esteen värähtelyn ominaistajuudella (critical frequency), sillä resonoidessaan este päästää resonoivan taajuuden lävitseen ja mahdollisesti jopa voimistaa ääntä. (Jones 2002, 48.) Esteen vaimennuskyvyn laskentaan tarvittavat kaavat löytyvät liitteestä 2.

Eristämisen suunnittelussa on huomioitava, että äänieristys on toteutettava kokonaisvaltaisesti, koska värähtely siirtyy kaikkia mahdollisia reittejä pisteestä toiseen (Jones 2002, 50-51). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että mikäli esimerkiksi laitekaappi halutaan eristää, tulee eristämisessä huomioida kaikki kaapin sivut ja rakenteet tasavertaisesti. Kuten Rossinginkin eristyslistassa todetaan, tulee siis vaihtoehtoiset kulkureitit eliminoida. Jones (2002, 51) huomauttaa myös, että onnistuneen eristämisen vaatimuksena on tieto siitä, mitä taajuuksia tahdotaan eristää. Rossing (1990, 634) tiivistää eristämisen periaatteita vielä toteamalla, että matalat taajuudet ovat vaikeimpia eristettäviä ja vaativat erittäin suuria massoja toimiakseen. Hän huomauttaa myös, että ääni voi myös vuotaa eristyksestä huolimatta aukkojen ja halkeamien kautta. Lisäksi äänieristyksessä suurin ongelma on eristeen läpäisevän äänen sijaan eristeen kiertävä tai diffraktoituva ääni.

Toimiva äänieristäminen seinärakenteina vaatii huomattavia massoja ja pinta-aloja, jonka lisäksi toimivassa ääniesteessä on useita erilaisista materiaaleista koostuvia kerroksia, joiden äänen vaimennuskyvyt eroavat toisistaan ja yhdessä resonointia estävien rakenteiden kanssa muodostavat vaimentavan kokonaisuuden, ääniesteen. (Jones 2002, 44-67) Koska tällaisten massojen ja rakenteiden käyttö ei ole työpisteessä käytännössä mahdollista, en näe olennaiseksi eristävien seinärakenteiden tarkempaa läpikäyntiä.

Ääntä tuottavien äänilähteiden koteloinnilla voidaan kuitenkin saavuttaa hyviäkin vaimennustuloksia pienessäkin tilassa – äänilähteen ollessa erillisessä tiiviissä kotelossa, ei ääni pääse kiertämään ääniesteen, koteloinnin, ohitse. Koteloinnissa tulee ottaa huomioon kotelon tiiviys, absorbointikyvyn lisääminen erillisellä kotelon sisäpuolisella absorbointimateriaalilla ja äänilähteen eristäminen kotelon rakenteesta, eli äänilähteen saattaminen ”kelluvaksi”. Kelluva äänilähde ei pääse resonoimaan suoraan kotelonsa rakenteeseen, jolloin kaikki ulos pääsevä ääni joko läpäisee kotelon tai vuotaa kotelon liitok-

sista. Myös erilaisten äänenvaimentimien käyttö esimerkiksi pakollisissa ilmastointiaukoissa auttaa vähentämään ei-toivottua ääntä. (Rossing 1990, 638-639.)

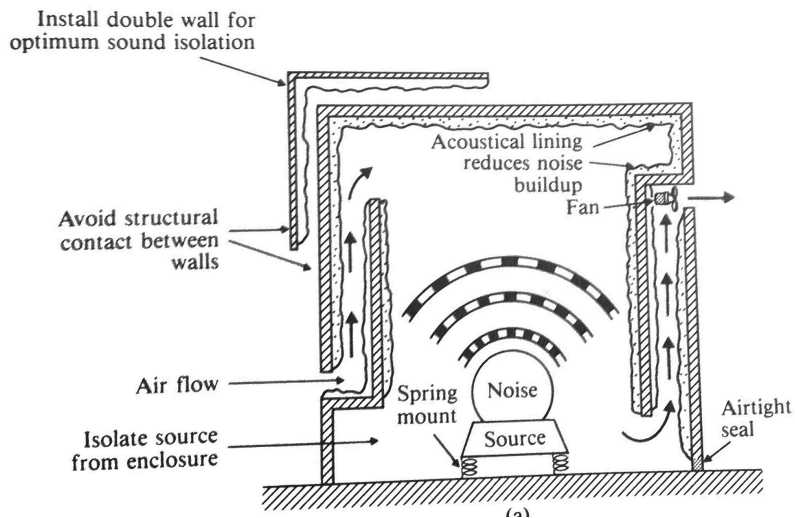
4.4 Työpisteen akustointimahdollisuuksista

Akustiikkaan voidaan siis vaikuttaa kahdenlaisilla ratkaisulla, absorbereilla ja diffuusoreilla. Absorbereille ominaista on eri taajuuksien vaimentaminen, kun taas diffuusorit tasoittavat tilan ääntä hajottamalla suorita ääniaaltoja diffuuseiksi heijasteiksi. Raa'asti voidaan myös yleistää, että korkeisiin taajuuksiin vaikuttaminen on helpompaa kuin mataliin, johtuen matalien taajuuksien vaikeasti vaimennettavista pitkistä aallonpituuksista ja suuresta energiamäärästä.

Uskoisin, että juuri korkeiden taajuuksien huomioiminen työpisteen suunnittelussa olisi hyödyllistä, sillä kuten aikaisemmin psykoakustiikan ja ensiheijasteiden yhteydessä selvitin, on korkeilla taajuuksilla suurin merkitys äänen tulosuunnan havaitsemiseen. Työpisteen pinnoista heijastuvat ensiheijasteet korostavat monitorien tuottamia ääniaaltoja, jolla on merkitystä paitsi miksausvaiheessa, jossa lopullinen ääniraidan voimakkuudet ja taajuudet säädetään äänityöntekijän tarkoittamille tasoille, niin myös äänien panoroinnissa äänikenttään. Liialliset ja varsinkin keskiakselilla peilaten epätasaiset ensiheijasteet saattavat tehdä monitorien kuuntelukuvasta epätarkan, sillä kuten esitettiin, korostavat ensiheijasteet suoraa ääntä. Mikäli työpisteen pinnoista, kuten kansilevystä, heijastuvien ensiheijasteiden korkeita taajuuksia pystytään vaimentamaan ja ehkäisemään esimerkiksi käyttämällä huokoisia absorbereita työpisteen rakenteissa, vaikuttanee tämä työpisteen monitoroinnin tarkkuuteen positiivisesti, samalla varmistaen ettei työpistekaluste vaikuta kuunteluympäristöön negatiivisesti.

Rossing (1990, 629) toteaa melunhallintaa käsitellessään osuvasti, että paras paikka haitallisen melun hallintaan on melun lähteessä, eli työpisteen tapauksessa laitekaappien yhteydessä. Tästä syystä työpisteessä väistämättä sijaitsevien laitekaappien rakenteissa ja äänieristyksessä voitaisiin nähdäkseni käyttää hyödyksi kotelointia ja erilaisia absorbereita. Laitteiden jäähtytyksen ja muun toiminnan aiheuttamaa huminaa ja siitä syntyvää äänihaittaa voidaan todennäköisesti vähentää kiinnittämällä huomiota laitekaapin rakenteeseen; rakentamalla riittävän tiivis, kotelomainen laitekaappi voidaan jo osaltaan vähentää ulos kantautuvaa huminaa. Käyttämällä kaapin rakenteissa laitteiden aiheuttaman äänen taajuudelle suunniteltuja absorbereita, esimerkiksi jonkinlaista levyab-

sorberia ja huokoista absorberia yhdessä, voidaan laitteiden aiheuttamaa äänihaittaa ainakin vähentää, ellei jopa lähes poistaa. Myös kaapin tilavuus saattaisi antaa mahdollisuuden käyttää jotakin Helmholtzin resonaattorin variaatiota kaapin sisäpuolella.



Kuva 35 Äänilähteen äänieristykseen suunniteltu kotelointi (Rossing 1990, 639. Science of Sound. Addison-Wesley Publishing Company)

Kuvassa 35 on Rossingin laatima huonerakenne, jossa äänilähde on koteloitu useista seinistä koostuvan kuution sisään. Koteloinnin sisäpuolella on käytetty erilaisia absorboivia materiaaleja sekä muotoja, jotka estävät ääntä voimistumasta kotelossa. Äänilähteen nostaminen irti kotelosta estää äänilähdettä resonoimasta kotelon rakenteisiin. Varioimalla Rossingin esittämää rakennetta esimerkiksi laitekaapin rakenteessa, saattaa laitteiden aiheuttaman huminan vähentäminen olla hyvinkin toimivaa. Kotelossa on lisäksi ilma-aukot, jotka ovat välttämättömiä esimerkiksi laitteiden jäähdytykselle.

Absorbereita voidaan käyttää myös monitorien kuuntelulinjojen läheisyydessä sijaitsevien objektien monitorien puoleisissa sivuissa ensiheijasteiden vähentäjinä. Esimerkiksi mikserille varatun tilan kohdalle voisi sijoittaa absorberista valmistetun luiskan, joka estäisi korkeita taajuuksia heijastelemasta mikserin kovasta taustasta. Luiska lisäisi myös todennäköisesti diffraktiota, jolloin ääni pyrkisi taittumaan luiskan ja myös mikserin yli.

Lisäksi näkisin myös diffuusoreiden käyttämisen osana työpisteen rakennetta tutkimisen arvoisena. Diffuusoreiden käyttäminen esimerkiksi työpisteen sivu- tai etupaneeleissa saattaisi toimia joissakin olosuhteissa äänityötilan akustiikan parantajana, verrattuna

esimerkiksi suoriin pintoihin. Toisaalta suhtaudun hieman varauksella diffuusoreiden käyttöön työpistekalusteissa, sillä diffuusorin aiheuttamat heijasteet eivät välttämättä toimi suotuisasti kaikissa tiloissa. Vaihtelevan absorbtion diffuusori saattaisi olla toimiva ratkaisu esimerkiksi työpisteen etupaneeliksi, sillä se absorboisi osan muuten heijastuvista korkeista taajuuksista, jonka lisäksi diffusoisi osan matalammista ääniaalloista tilaan.

Olen kerännyt työpisteen suunnittelun yhteydessä tarvittavia laskentakaavoja liitteeseen 2. Laskentakaavojen avulla voidaan esimerkiksi laskea Helmholtzin resonaattorin mitto- ja halutun taajuuden absorbointiin tai määrittää QRD-diffuusorin kolojen sarjoja. En kuitenkaan käsittele kaavoja tätä tarkemmin, sillä laskentaa varten tulisi tietää työpisteen mitat sekä mahdolliset ongelmataajuudet, jotka ovat luonnollisesti työpiste- ja työtilakohtaisia.

5 ÄÄNITYÖPISTEEN ERGONOMIASTA

Erilaisissa äänityötehtävissä on ainakin omalla kohdallani noussut esiin parannustarpeita työergonomiaan, erityisesti työasentojen parantamiseen. Epäergonomisten työpistematkaisujen, kuten esimerkiksi oman vanhan työpisteeni tai TAMK:in äänityöpisteiden, ääressä työskentely aiheuttaa hartiasärkyä ja selkävaivoja. Useimmissa työpisteissä, joita olen päässyt kokeilemaan, säätömahdollisuuksien puute tai säätöjen vaikea ja hidas käytettävyys aiheuttavat epäergonomisen työasennon eri työvaiheisiin. Osassa kokeilemistani työpisteistä jonkin työvaiheen työskentely on sujuvaa, mutta työvaiheen vaihtuessa muuttuu työskentely epäergonomiseksi.

Ergonomian tietotaidon avulla voidaan vaikuttaa työnteon sujuvuuteen monin tavoin. Esimerkiksi erilaisia työasennoista tai liikkeistä johtuvia vaivoja voidaan ehkäistä hyvään työergonomiaan tähtäävän suunnittelun avulla (Launis & Lehtelä 2011, 28). Ergonomian sovellettavuuskenttä on kuitenkin valtava ja ergonomiaan laajasti perehtymättömän on mahdotonta ottaa kaikkia seikkoja huomioon.

Käsittelenkin seuraavaksi yleisiä itse käyttämissäni äänityöpisteissä havaitsemiani, lähinnä fyysisen ergonomian piiriin kuuluvia ongelmia. Valitsemani epäkohdat ovat sellaisia, joihin itse kaipaisin parannusta; näitä ovat työasento, laitteiden sijoittelu sekä virtakytkimien, näyttöjen ja valkokankaan asettelu. Lisäksi käsittelen työpisteen valaistusta. Jätän käsittelemättä erilaiset istuimet, sillä istuin on mielestäni henkilökohtainen valinta, eikä siten kuulu työpistekalusteen piiriin. Perustan havaintoni koulumme äänityöpisteisiin, oman työtilani uuteen ja vanhaan työpisteeseen, Yleisradion Tohlopin toimipisteen työpisteisiin sekä muutamiin muihin äänityöpisteisiin, joita olen päässyt kokeilemaan.

Ergonomiaan liittyvistä huomioistani tulee lisäksi ottaa huomioon, että tekemäni huomiot ovat yksilöllisiä, omakohtaisia havaintojani ja etten ole varsinainen ergonomian asiantuntija. Laaja-alaiseen työpisteen ergonomian parantamiseen tähtäävään suunnitteluun tarvitaan ergonomian asiantuntijan ammattiosaamista, jotta kokonaisuudesta saadaan kaikilta osin ergonominen. Uskon kuitenkin, että työn tiimellyksessä havaituista ongelmista on hyvä lähteä etenemään kohti parempaa työpistettä, sillä työn aiheuttamat ongelmat tietää usein parhaiten työntekijä itse.

5.1 Työasento

Käyttämäni työpisteet ovat olleet pääosin istumatyöhön suunniteltuja. Suurimmassa osasta työpisteitä työnteko on kohtalaisen sujuvaa, eikä suuria välittömästi havaittavia puutteita työasennossa ole ollut. Pidempään työpisteissä työskenneltyäni olen kuitenkin kärsinyt niska- ja hartiaseudun särystä. Säröt ovat aiheutuneet suurelta osin staattisista ja epämiellyttävistä työasennoista sekä useiden tuntien istumisesta.

Martti Launis (2001, 174) suosittelee Työterveyslaitokselle yhdessä Jouni Lehtelän kanssa toimittamassaan kirjassa *Ergonomia* asennon vaihtamista istumisen ja seisomisen välillä työtilanteen mukaan. Launis toteaa, että istuttaessa fyysinen aktiivisuus on vähäistä ja jatkuva istuma-asento aiheuttaa muun muassa selkä, niska ja hartiavaivoja. Istuma-asento voi myös vaikeuttaa vireystilan ylläpitämistä. Launis (2011, 150) suosittelee seisomisen ja istumisen vuorottelua työpisteisiin, joissa tarkat ja liikkuvat työtehtävät vuorottelevat. Nähdäkseni äänityötehtävissä esiintyy molempia työtehtäviä, esimerkiksi miksausvaihetta ja dialogieditointia tarkasteltaessa. Työasennon vaihtaminen istuma- ja seisomatyön välillä saattaisi olla osaratkaisu pitkäjänteisen istumatyön aiheuttamiin ongelmiin. Molemmilla työasennoilla on kuitenkin hyvät ja huonot puolensa.

Istuma-asennon hyödyiksi voidaan lukea mm. istumisen antama tuki tarkoille käsiliik- keille ja tukeva työasento tarkkaan katseluun, esimerkiksi tietokoneella työskennellessä. Istumatyön ongelmana on, että se ainoana työasentona voi johtaa liian vähäiseen toime- liaisuuteen ja paikallaan olon haittoihin. (Launis 2011, 149.)

Seisomisen hyötyinä voidaan mainita esimerkiksi liikkumisen ja jalkalihasten toiminta, jotka ehkäisevät veren kerääntymistä jalkoihin. Seisominen on pitkinä jaksoina istumis- ta selvästi raskaampaa, ja aivan paikoillaan seisominen voi kuormittaa haitallisesti jal- kojen verisuonistoa. (Launis 2011, 149.)

Äänityöpisteessä tehtävät työtehtävät ovat kuitenkin sidottuja työpisteen kuunteluun suunniteltuun kohtaan, riippumatta siitä työskennelläänkö istuen vai seisten. Paikalleen sidottuun työasentoon liittyy ongelmia tilanteissa, joissa asento on kumartunut tai käsiä joudutaan kannattelemaan jatkuvasti. Kumartuneisuus ja kannattelu aiheuttavat vartalon sekä niska- ja hartiaseudun staattista jännittämistä. Lihasjännitystä lisäävät mm. käsi-

liikkeiden tarkkuusvaatimukset sekä näön tarkkuutta vaativat tehtävät. (Launis 2011, 76-77.)

Äänityön eri työvaiheissa ilmeneekin kumartuneisuutta ja tarkkoja käsien liikkeitä esimerkiksi konsolia tai muita hallintalaitteita käytettäessä sekä runsaasti näön tarkkuutta vaativia katselutehtäviä. Paras ratkaisu staattisten asentojen aiheuttamiin ongelmiin on Launin (2011, 77) mukaan työpisteen kalusteen ja muiden tukipintojen suunnittelu siten, että työasento on rento. Työpisteen suunnittelun tulisi myös tukea vapaata liikkehtimistä sekä edistää liikkuvuutta staattisten asentojen sijaan.

Äänityöpisteen työasentoa sekä työtason korkeusvaatimuksia voidaan tarkastella myös työtehtävien vaatimusten kannalta. Oheisessa taulukossa on esitelty työtason korkeuden suosituksia erilaisiin tehtäviin.

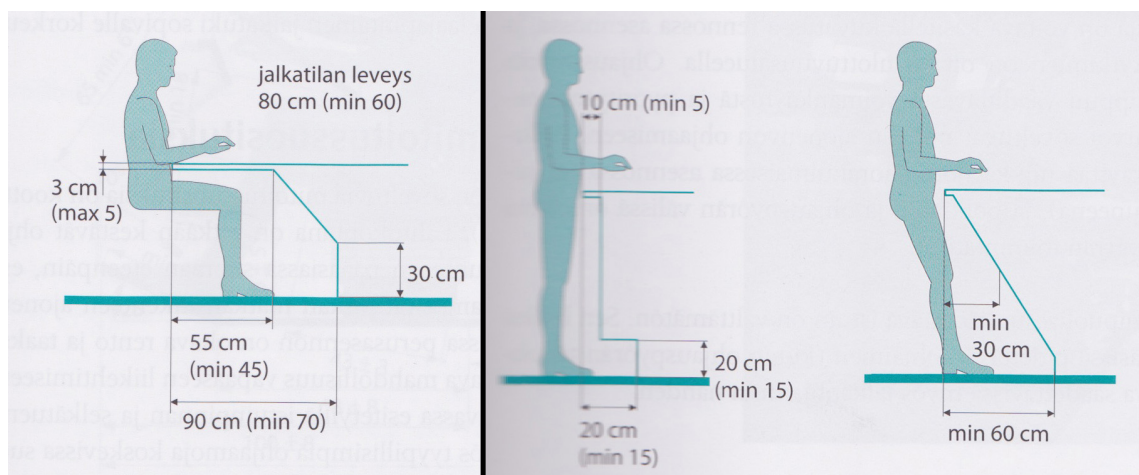
tehtävän vaatimukset	työtason korkeus
Suurta tarkkuutta vaativa työkohde pöytäpinnalla. - esim. tarkka piirtäminen, kellosepän työ ja hyvin pienten esineiden kokoonpano	10-20 cm kyynärkorkeutta ylempänä
Käsien vakaata tukemista vaativa työ - esim. käsin kirjoittaminen, piirtäminen, juotostehtävät ja tarkka kokoonpanotyö	5-10 cm kyynärkorkeutta ylempänä
Käsien tuettua liikuttelemista vaativa työ - esim. Näppäimistön käyttö, hiiren käyttö ja tavanomainen kokoonpanotyö	0-5 cm kyynärkorkeutta ylempänä
Käsien esteetöntä liikuttelua vaativa työ - esim. kevyet lajittelu- ja pakkaustehtävät ja kookkaiden esineiden kokoonpano	0-10 cm kyynärkorkeutta alempana
Raskaiden esineiden siirtely - esim. nostotehtävät ja kehon painon käyttöä vaativat tehtävät	10-30 cm kyynärkorkeutta alempana

Taulukko 1 Työtason korkeuden suosituksia tehtävän vaatimuksen mukaan, vertailumittana kyynärkorkeus. (Launis & Lehtelä 2011, 151. Ergonomia. Työterveyslaitos.)

Mielestäni äänityöpisteessä tehtävien eri työvaiheiden vaatimukset jakautuvat taulukon alemmalle puolikkaalle melko tasaisesti. Esimerkiksi käsien tuettua liikuttelemista vaativia työtehtäviä ovat hiiren ja näppäimistön käytön lisäksi myös esimerkiksi kosketti-

mien tai erilaisten ohjainlaitteiden käyttö. Konsolin käyttö sijoittuisi mielestäni käsien esteetöntä käyttöä vaativiin tehtäviin konsolilaitteiden suuren koon vuoksi; käsillä tulee yltää konsolin jokaiseen osaan kohtalaisen vaivattomasti ja esimerkiksi miksausvaiheen aikana myös melko nopeasti. Lisäksi, vaikka työpisteiden laitteisto onkin yleensä melko vakio, pöydän laskumahdollisuus melko alas olisi hyvä ominaisuus, esimerkiksi konsolin tai muiden raskaiden laitteiden vaihtoa tai huoltoon lähettämistä varten. Esimerkiksi yleinen Avid C|24-konsoli painaa noin 50 kg, jolloin konsolin siirtäminen työtasolle tai pois tasolta kannattaa huomioida tason suunnittelussa. Nähdäkseni voidaan siis ajatella, että oheisen taulukon perusteella pöydän hienosäätömahdollisuuden, seisoma- ja istuma-asennon säädön lisäksi, tulisi alkaa esimerkiksi 20 cm istumatyöasennon kyynärkorkeutta alemmaa ja yltää 10-20 cm kyynärkorkeutta ylemmäksi, jolloin säätövara työasentoa kohti olisi noin 40 cm.

Äänityöpisteessä tulisi mielestäni olla myös runsaasti jalkatilaa. Oman kokemukseni pohjalta liian pieni tai lyhyt jalkatila kostautuu myöhemmin huonon työasennon aiheuttamina särkyinä. Launis (2011, 162) kirjoittaakin, että riittävät jalkatilat ovat hyvän ja vaihtelevan työasennon edellytys. Hänen mukaansa suuria jalkatiloja tarvitaan välttämättä tehtävissä, joissa istutaan runsaasti ja taaksepäin nojautuminen on tarpeellista (Launis 2011, 163). Jalkatilaa tarvitaan äänityöhön suunnitelluissa työpisteissä mm. siksi, että työpisteessä joudutaan katsomaan pitkiä aikoja videomateriaalia. Katselun aikana ainakin itselläni on usein tarve nojautua työtuolilla hieman taaksepäin ja oikaista jalkoja katselun ajaksi. Myös seisoma-asennossa runsas jalkatila on toivottavaa vapaamman liikkumisen vuoksi. Kuvassa 36 on esitetty vähimmäismittoja jalkatilojen suunnitteluun.



Kuva 36 Vähimmäisjalkatilat istuma- ja seisomatyöhön.
(Launis & Lehtelä 2011, 163. Ergonomia. Työterveyslaitos.)

Työpisteen jalkatilojen suunnittelussa tulee Launiksen (2011, 163) mukaan huomioida, että jalkatilaa tarvitaan sekä seisoma- että istuma-asennossa runsaasti. Istumatyön jalkatilojen vähimmäistilat on esitetty kuvassa 36. Launis huomauttaa, että vartalon kiertymisen ehkäisemiseksi jalkatilan tulee olla riittävä kaikissa työskentelysuunnissa, joissa on työskentelykohteita. Äänityöpisteessä tämä tarkoittaa runsaiden laitteiden vuoksi työpisteen koko etuosaa, eli seuraavassa kappaleessa esiteltäviä työskentelyalueita 1 ja 2. Jalkatilassa ei saa olla pöydänjalkoja tai muita rakenteita, eikä korkeudensäätömekanismia. (Launis 2011, 163.)

Launiksen (2011, 163) mukaan seisomatyön jalkatilan tulee olla niin suuri, että tasapainon ylläpitämiseksi on riittävästi lattiatilaa. Lisäksi työtason reunan tulee antaa tukea reisien tai lantion korkeudelta, mikäli työssä tarvitsee kurottaa eteenpäin. Pöytään tuleekin voida tukeutua erityisesti seisoma-asennossa työskenneltäessä, jotta suurikokoisten konsolien taaimmaisista kytkimistä voidaan käyttää helposti. Minimimitat seisomatyön jalkatiloihin on myös esitetty kuvassa 36. (Launis 2011, 163.)

5.2 Laitteiden sijoittelu

Äänityöpisteessä työskennellessä tulisi ylettyä kaikkiin yleisimmin tarvittaviin laitteisiin kurottamatta. Esimerkiksi konsoli, monitoroinnin säätölaitteet sekä useimmin tarvittavat lisälaitteet, kuten kompressorit tai etuasteet tulisi nähdäkseni sijoittaa siten, että niihin yltää vaivatta työpisteen istuma- tai seisomapaikalta. Esimerkiksi kuvassa 37 nähtävässä äänityöpisteessä tavallisen työtason päälle sijoitettu korkea Avid C|24 -konsoli pakottaa istuma-asennossa miksatessa korottamaan käsiä työtasoa korkeammalle, jolloin ranteet ovat epämiellyttävässä asennossa. Kaikkiin konsolin kytkimiin ei myöskään yllä istuma-asennosta. Upottamalla tämänkaltaiset laitteet työtason pinnan tasolle voidaan välttää ranneongelmia. Kuvassa näkyvän työpisteen konsolia ei voi myöskään käyttää seisaaltaan, sillä konsolia seisaaltaan operoidessa joutuu jatkuvasti kumartumaan hieman, joka taas rasittaa selkää.



Kuva 37 TAMK:in Finlaysonin toimipisteen Tursas-miksaamo

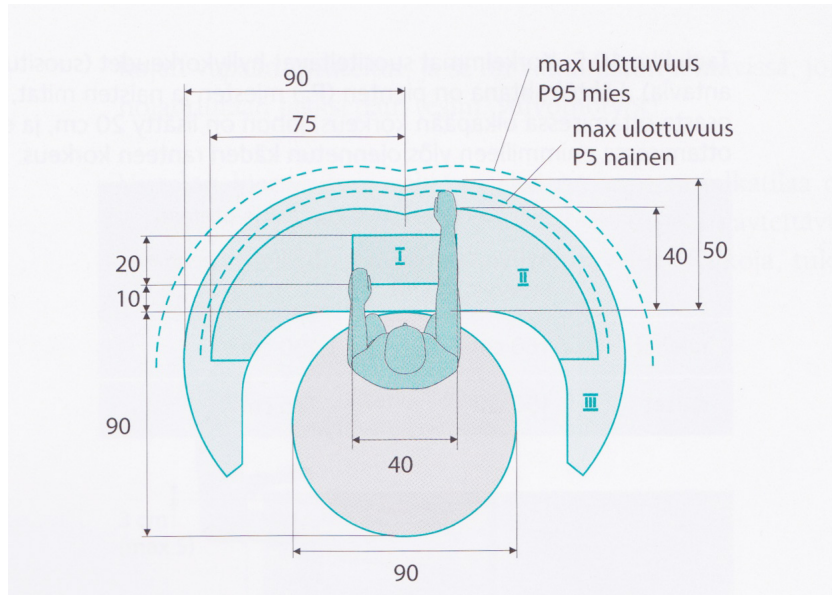
Kuvassa 37 nähdään myös esimerkki tilanteesta, jossa työpisteen tietokoneen näppäimistö ja hiiri on asetettu liian lähelle reunaa, jolloin periaatteessa oikealla korkeudella olevia työkaluja joudutaan käyttämään epäergonomisesti nojaamalla ranteita joko työtason reunaan tai kannattelemalla käsiä ilmassa.

Launis (2011, 153) esittää mielestäni hyvät nyrkkisäännöt työpisteen laitteiston asettelun. Launis kirjoittaa työkohteiden, kuten näyttöjen, muiden katselukohteiden ja ohjainten sijoittelusta työtasosta riippumattomissa ratkaisuihin. Hänen mukaansa pelkäänsä katseltavat kohteet, kuten näytöt, tulisi asettaa pohjautuen ainoastaan katseluvaatiuksiin. Käsiliikkeiden kohteet joita ei tarvitse nähdä, esimerkiksi DAW:n erilliset hallintaohjaimet, tulisi sijoittaa parhaiden käsiliikkeiden perusteella. Työvälineet, joita paitsi käytetään käsin ja joiden tulee olla myös nähtävissä, sijoitetaan siten, että löydetään kompromissi katselumukavuuden ja käsien liikkeiden mukavuuden väliltä. Tällaiseksi kohteeksi voitaisiin hyvin lukea esimerkiksi konsoli. Olennainen kysymys laitteiden asettelussa työpisteeseen on myös se, miten laitteet asetellaan siten, että ne ovat käsien ulottuvilla ilman, että työntekijän tarvitsee nojautua pois sweet spotista.

5.2.1 Työpisteen jakaminen työskentelyalueiksi

Launis esittää mielestäni erinomaisen ajatuksen työpisteen jakamisesta erillisiksi toiminnallisiksi työskentelyalueiksi. Kuvassa 38 havainnollistetaan eri työskentelyalueiden mahdollista sijoittumista työpisteeseen. Launoksen mukaan työskentelyn kohteet tulee

sijoittaa työskentelyalueille hierarkkisesti siten, että alueelle 1 asetetaan eniten käytetyt työkohteet, alueelle 2 usein muttei jatkuvasti käytettävät työkohteet ja alueelle 3 tulisi sijoittaa vain harvakseltaan käytettäviä työvälineitä tai laitteita, koska niiden käyttämiin tarvitsee työntekijän kääntyillä, kumartua tai kiertää vartaloaan. (Launis 2011, 160-161.)



Kuva 38 Työskentelyalueet työpisteessä ylhäältä esitettynä (Launis & Lehtelä 2011, 161. Ergonomia. Työterveyslaitos.)

Työskentelyalueiden keskeiset työkohteet tulisi sijoittaa siten, että tärkeimmät työkohteet sijaitsevat alueella 1 siten, että olkavarsi on pystysuorassa. Työskentelyalueen yläraja on hartian korkeudella ja alaraja noin istuimen korkeudella. Alueelle 2 sijoitettavien kohteiden työskentelykorkeuden tulisi olla enintään silmän korkeudella ja alimmillaan hieman istuimen alapuolella. Tälle alueelle tulisi sijoittaa muut kuin alueelle 1 sijoitettavat tärkeät tai usein käytettävä hallintalaitteet. (Launis 2011, 160.)

Työskentelyalueet eivät kuitenkaan aivan suoraan sovellu äänityöpisteen suunnitteluun. Launin kuvassa 38 esitetyn mallikuvan perusteella työskentelyalueiden syvyys on suurimmillaankin vain 50 cm työtason reunasta. Kuitenkin monet konsolit ovat fyysiseltä kooltaan jo huomattavasti tätä syvempiä. Vaihtelu jopa keskikokoisten konsolien koossa on kuitenkin suurta; esimerkiksi aikaisemmin esimerkkinä käytetty Avid C|24 DAW-ohjain on 75,7 cm syvä (Avid C|24, Avid, 09.04.2014), Tascamin DM-3200 – digitaalisen äänityskonsoli ylittää syvyydessä jopa 83 cm (Tascam DM-3200, Tascam,

09.04.2014) ja SSL:n Nucleus DAW-ohjaimen syvyys on vain 38,5 cm (Nucleus, Solid State Logic, 09.04.2014)

Selkeimmin työskentelyalueille sijoittuva kohde on työpisteen konsoli. Suuressa osassa työpiste- ja työtilakokonaisuuksia onkin vaatimuksena konsolin asettaminen alueelle 1. Tätä puoltavat jo konsolin jatkuva käyttötarve, mutta myös konsolin suuri tai suurehko koko sekä konsolilla tehtävien työvaiheiden pitkät kestot. Konsolien kohdalla olkavarren asennolle asetetut suositukset eivät kuitenkaan kaikissa tapauksissa täyty konsolin syvyyden vuoksi, sillä myös konsolin kauemmissa osissa olevia painikkeita ja kytkimiä tulee voida käyttää ongelmitta. Launis (2011, 160) mainitsee kuitenkin, että olkavartta voidaan pitkäaikaisesti kohottaa enintään 20°. Konsoli tulisikin pyrkiä asettamaan mahdollisimman suurelta osin alueelle, johon kädet yltävät 20° kulmassa.

Konsolia ongelmallisempia sijoituskohteita ovat työpisteen tietokoneen hiiri ja näppäimistö. Mikäli alueelle 1 on tarkoitus sijoittaa eniten käsiteltävät työvälineet ja kohteet, kuuluvat myös hiiri ja näppäimistö monessa työvaiheessa näihin. Toisaalta hyvin konsolipainotteisessa työssä tietokoneen hallintalaitteet sijoitettaisiin Launoksen asettamien suositusten perusteella alueelle 2. En kuitenkaan näe hiiren ja näppäimistön sijoittamista työpisteen sivulle suositeltavana, sillä työpisteen näytöt, joiden kautta tietokonetta ja sen ohjelmistoja käytetään, sijaitsevat kuitenkin työpisteen takalaidalla. Tällöin työntekijä joutuisi jatkuvasti kääntämään kehoaan työpisteen toiselle laidalle samalla, kun katsoo työpisteen takalaidalla sijaitsevia näyttöjä.

Kuten aikaisemmin esitin kuvan 37 yhteydessä, ovat hiiri ja näppäimistö sijoitettu joissain työpisteissä konsolin ja käyttäjän väliin alueelle 1. Aiemmin osiossa 2.4.2 esimerkkinä olleessa C24 Editing Desk -konseptissa näppäimistölle ei ole varattu erillistä tilaa lainkaan, vaan se on esimerkkikuvan mukaisesti sijoitettu työpisteen reunalle, konsolin eteen. Tällöin näppäimistö on usein liian lähellä reunaa ja käsien asento huono tai konsoli on vaihtoehtoisesti liian kaukana käyttäjästä. Ongelmaa on yritetty joissakin markkinoilla olevissa työpistekalusteissa ratkaista näppäimistölle ja hiirelle tarkoitettulla työpisteen tason alle sijoitettavalla liukutasolla. Ratkaisu vie kuitenkin työpisteen jalkatilaa ja on nähdäkseni epäkäytännöllinen varsinkin äänityöntekijöille, jotka tekevät suuren osan työstä hiiren ja näppäimistön avulla – näppäimistötason rullaaminen edestakaisin työn aikana hidastaa työtä ja tekee siitä vähemmän soljuvaa.

Mielestäni olisi edellä mainituista syistä perusteltua etsiä näppäimistölle ja hiirelle sijoituspaikkaa konsolin molemmilta puolilta, Launiksen esittelemien alueiden 1 ja 2 rajalta. Konsolin välittömässä läheisyydessä sijaitsevien hiiren ja näppäimistön etäisyys ei olisi erityisen suuri verrattuna konsolin sijoitteluun ja siten hiiren ja näppäimistön käsittely olisi kohtalaisen mukavaa suuremman tilan ja työtason reunan antaman rannetuen ansiosta.

Joissakin työtehtävissä saattaa näppäimistön sijoittelu toiselle sivulle kuitenkin aiheuttaa ongelmia työntekijöille, jotka ovat tottuneet käyttämään näppäimistöä jatkuvasti kahdella kädellä tai jotka eivät yllä kätensä koon puolesta käyttämään yhdistelmäkomentoja yhdellä kädellä. Markkinoilla on kuitenkin jonkin verran yhdelle kädelle suunniteltuja erityisnäppäimistöjä (Frogpad2, Frogpad2, 08.04.2014), yhden ja kahden käden yhdistelmänäppäimistöjä (Half-Qwerty..., Matias, 08.04.2014) sekä tavanomaista hie-man pienikokoisempia tavallisen näppäimistöasettelun näppäimistöjä (Apple Wireless..., www-sivut, 08.04.2014), joiden avulla yhden käden näppäimistötyöskentelyä voidaan helpottaa.

5.2.2 Virtakytkimien asettelu ja kaapelointi

Työturvallisuuden kannalta haluaisin kiinnittää myös huomiota työpisteen pääkytkimien sijoitteluun. Erityisesti monitorien virran pääkytkimen tulisi sijaita työpisteessä tai sen välittömässä läheisyydessä. Äänityöpisteen työskentelyäänenvoimakkuus on usein melko luja, joka on välttämätöntä esimerkiksi elokuvan miksausvaiheessa. Hallinnassa oleva korkeakaan kuunteluvoimakkuus ei aiheuta äänityöntekijälle ongelmia, mutta mahdolliset vikatilanteet saattavat aiheuttaa vaaratilanteen. Olen itse ollut muutaman kerran tilanteessa, jossa työpisteen tietokone on kaatunut ja aiheuttanut monitoreihin erittäin lujan, melko korkean korvia riipivän, jopa kivuliaan äänen. Monitorit tulisi mielestäni voida sulkea nopeasti paitsi monitori-, niin myös kuulovaurioiden välttämiseksi.

Edellä mainitun kaltaisten tilanteiden varalta monitorien virtakytkin voitaisiin sijoittaa esimerkiksi työpisteen etuosaan työtason alareunaan tai lähimmän räkkilaitteille tarkoitettun tilan yläosaan. Työpisteen työskentelyaluemalliin pohjautuen Launis (2011, 160) ehdottaakin, että erilaiset hätäpysäytyskytkimet tulisi sijoittaa alueelle 2. Myös työpisteen muiden laitteiden virtakytkin voisi sijaita työpisteen välittömässä yhteydessä, jolloin työpisteen käynnistäminen ja sammuttaminen onnistuvat suoraan työpisteestä.

Työpisteen laitteiston kytkemiseen tarvitaan lisäksi useita kaapeleita, joiden avulla muun muassa reititetään signaalia työpisteen laitteista toisiin. Erilaisten kaapelien, mukaan lukien laitteiden virtakaapelit sekä tiedonsiirtokaapelit, määrä nousee pienissäkin laitteistokokoonpanoissa useisiin kymmeneen erillisiin kaapeleihin ja mikäli työpisteessä on vielä erilliset kytkentätaulut signaalien reitittämiseen, puhutaan parhaimmillaan jopa sadoista kaapeleista. Kaapeleiden toimiva kulku työpisteessä on nähdäkseni erittäin tärkeä osa onnistunutta työpistettä.

Kiinteät kaapelit eri laitteiden ja laitteiden sijoituspaikkojen välillä kannattanee kätkeä työpisteen rakenteisiin. Esimerkiksi eri laitekaappien välillä kulkevat reitityskaapelit kytkentätaulusta toiseen voidaan kätkeä siististi esimerkiksi työpisteen tason alapinnalle. Kaapelointia saatetaan kuitenkin muuttaa esimerkiksi laitteiston vaihtuessa tai jonkin kaapelin vioittuessa, joten kaapeleita ei voida kuitenkaan kiinnittää täysin kiinteästi. Markkinoilla on valmiita kaapelien kuljettamiseen tarkoitettuja kaapelikouruja, kuten tietokonepöydille suunniteltu kouru kuvassa 39. Kaapelikourut tulee lisäksi voida avata kaapelien irroittamista tai vaihtamista varten.



Kuva 39 Kaapelit järjestettynä kaapelikouruun
(CableOrganizer.com, www-sivut, haettu 19.04.2014)

Usein siirrettävät kaapelit, kuten mikrofonien tai kytkentätaulujen kaapelit sekä myös kytkentätaulut, tulee sijoittaa samoin perustein kuin muutkin kohtalaisen usein käytettävät laitteet. Niiden tulee olla käytettävissä ilman erillisiä järjestelyjä. Työpisteen sisäistä kaapelointia, mikäli kaapelointi on suunniteltu hyvin, ei kovinkaan usein tarvitse muuttaa työtehtävän aikana. Kytkettäessä laitteita toisiinsa esimerkiksi työtehtävän vaihduttua on kuitenkin hyvä, että kytkentätaulut ja mikrofonien sisäänmenot ovat helposti käsiteltävissä.

Laitteille suunnitellut kaapit tai koteloinnit kannattanee lisäksi suunnitella myös siten, että laitteiden takaosiin pääsee käsiksi esimerkiksi irrottamalla kotelon takaosan kaapeleiden vaihtamista tai uuden laitteen asentamista varten. Äänieristetyin koteloinnissa rakenne kannattaisi mielestäni suunnitella siten, että laitteistokokonaisuus voidaan vetää ulos kaapista esimerkiksi raiteilla, jotta mahdollisimman monta sivua kotelosta voidaan valmistaa mahdollisimman tiiviiksi äänen vuotamisen ehkäisemiseksi. Kun kaapeleiden käytännöllinen vaihtaminen on huomioitu jo suunnitteluvaiheessa onnistuu vaihto käytännöllisesti.



Kuva 40 Räkkiin asennettava virranjakaja (Furman, www-sivut, haettu 19.04.2014)

Työpisteen laitteiden virtakaapelit voidaan kytkeä esimerkiksi erillisiin räkkeihin asennettaviin virranjakajiin, kuten kuvassa 40 olevaan Furmanin kymmenpaikkaiseen jakajaan. Tällöin työpisteeseen tarvitsee tuoda vähemmän virtakaapeleita seinäpistokkeista, jolloin kaapelit eivät sotkeennu toisiinsa.

5.2.3 Näyttöjen ja valkokankaan asettelu

Näyttöjen ja valkokankaan sijoittelua tulee aiemmin läpikäydyn lisäksi tarkastella työergonomian kannalta. Kuvassa 41 näemme konsolin ja hallintalaitteiden epäergonomisen asettelun lisäksi myös, miten työpisteen näytöt on aseteltu huomattavasti eri korkeuksille toisiinsa nähden. Lisäksi suurinkaan näyttö ei vastaa monitorointia kuva-alaltaan, josta on haittaa äänityön työvaiheille ja äänen asettelulle äänikenttään, kuten esitin Tomlinson Holmaniin viitaten luvussa 3.3.2. Työskennellessä kyseisessä työpisteessä tarvitsee liikuttaa päätään huomattavasti eri näyttöjen välillä samalla, kun työasento on jo aikaisemmin mainituista syistä epäergonominen. Pääongelma näyttöjen ja kankaiden kanssa on, miten laitteet asetellaan siten että ne ovat helposti katseltavissa, mutta eivät esimerkiksi kuuntelumonitorien tiellä.



Kuva 41 Tursaan näytöt on aseteltu huomattavasti eri korkeuksille toisiinsa nähden

Launiksen ja Lehtelän (2011, 170) mukaan työpisteessä olevien näyttöjen sijoituskorkeuden tulisi olla säädettävässä työtasossa noin 50-80 cm välillä. Työpisteen säädöllä on kuitenkin tarkoitettu vain istumatyön säätöjä, eikä näissä ole huomioitu seisomatyön mahdollisuutta. Nähdäkseni työpisteessä, jossa työpiste voidaan säätää joko istuma- tai seisomatyöhön, tulisi näytön kuitenkin nousta hieman tätä korkeammalle vastaamaan seisoma-asentoa. Launis määrittelee lisäksi näytölle varatun tason tai tilan syvyydeksi noin 30 cm.

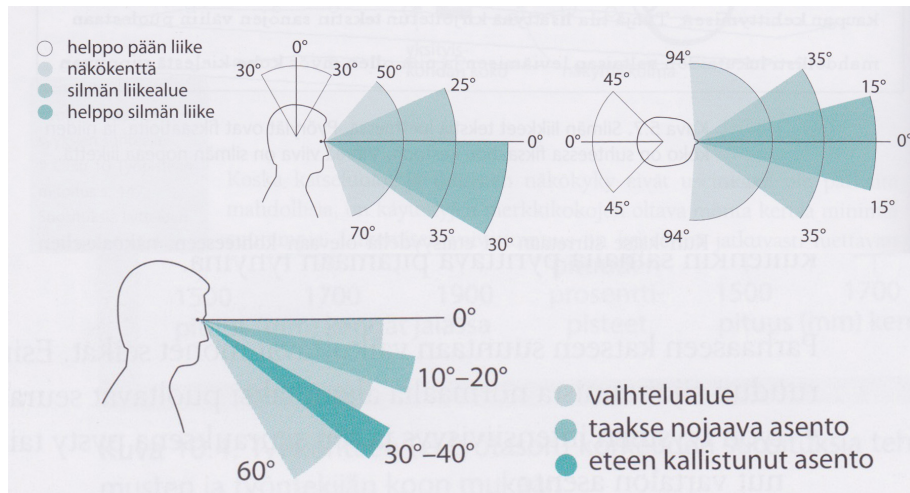
Videokuvan toistamiseen tarkoitettun kuva-alan, valkokankaan tai suuren näytön, paikka tulee suunnitella siten, että videokuvaa voidaan seurata helposti eri työtehtävien yhteydessä ilman tarvetta kääntyilyyn. Käytännössä tämä tarkoittaa mahdollisuutta katsoa kuvaa ja käyttää tärkeimpiä äänityöhön käytettäviä laitteita siten, että rintamasuunta on suurimman osan ajasta kohti kuva-alaa normaalin työasennon häiriintymättä. Tällä ehkäistään epäergonomisen jatkuvan kääntyilyn lisäksi myös luvussa 4.1.2 esiteltyjen kehon eri asentojen aiheuttamia heijasteita ja niiden vaikutusta kuunteluun. Kehon eri asentojen aiheuttamien heijasteiden merkitys lienee tosin kyseenalainen, sillä harvassa muussa kuin äänityötilassa sijaitsevassa katseluympäristössä kehon asento on täysin kohtisuorassa kuva-alaan.

Näyttöjen, valkokankaan ja muiden katselukohteiden, kuten esimerkiksi erillisten mittareiden sijoitteluun voidaan mielestäni käyttää hyvin Launiksen (2011, 155) määrittelemiä katselukohteiden sijoittelun perusteita, jonka lähtökohdana on silmän sijainti nor-

maalissa työasennossa tai yleisesti ajateltuna 50 cm työtason pinnasta ja 20 cm tason reunasta taaksepäin (Launis 2011, 157). Launin mukaan katselukohteet tulee sijoittaa näkökenttään siten, että huomioon otetaan katseen optimaalinen suunta vaakatasoon nähden, suurin mahdollinen katselusektori ja suurin mahdollinen katseluetäisyys.

Katseen suunnalla vaakatasoon nähden tarkoitetaan sitä, että katselukohteen ollessa käsiliiikkeistä riippumattomasti sijoitettuna, tulee katselukohde asettaa pään asennon kannalta parhaaseen suuntaan. Optimaaliseen katseen suuntaan vaikuttavat monet tekijät. Esimerkiksi katselukohteen sijoittamista katseen vaakatasoon nähden alemmaksi puoltavat mm. työn intensiivisyyden aiheuttama eteen kallistunut vartalon asento, tarve katsoa työvälineitä tai materiaaleja työn aikana, katselukohteen suuri koko tai sijoittaminen verrattain etäälle. Katselukohteen sijoittamista katseen vaakatasoa korkeammalle puoltavat työn verkkaisuus, taakse nojaava asento tai pitkäaikainen ruutuun keskittyminen. (Launis 2011, 155)

Launis (2011, 156) korostaa, että kiertyneiden asentojen välttämiseksi keskeisten katselukohteiden pitää olla suoraan työntekijän edessä. Hänen mukaansa kaikkien katselukohteiden tulisi myös pääsääntöisesti sijaita katseen vaakatason alapuolella ja alimmillaan 60° katselusuunnan vaakatasosta katsottaessa. Äänityöpisteen tapauksessa tähän tekee poikkeuksen valkokangas, jonka sijoittaminen on usein kokonsa puolesta, edes kuva-alan keskipisteestä laskien, katseen vaakatason alapuolelle mahdotonta. Valkokankaan, kuten muidenkin ylempänä sijaitsevien kohteiden, mukava katsominen on kuitenkin mahdollista, kun sen asettelu suhteessa työpisteeseen ja työasentoon huomioi pään helpon liikkumisen sekä työpisteen keskeisen katseen suunnan (Launis 2011, 98 ja 156).



Kuva 42 Ihmisen näkökenttä sekä silmien ja pään helpot liikuttelualueet sekä katseen suunta asennosta riippuen. (Launis & Lehtelä 2011, 98. Ergonomia. Työterveyslaitos.)

Monitoroinnin ja suurimman kuva-alan olla toisiaan vastaavat. Kuten aiemmin esitin ITU-standardiin perustuen, tulee monitorointi sijaita 60° kulmassa katseen 0° -akselista laskien. Vertaamalla monitoroinnin optimaalista 60° kulmaa kuvan 42 yläosan näkökaavioon, havaitaan monitoroinnin asettuvan silmien tavalliselle liikealueelle. Kun monitorointi ja kuva-ala saadaan sovitettua molemmat 60° katselu- ja kuuntelukulmaan vastaamaan toisiaan, on paitsi monitorointi parhaimmillaan, niin myös koko kuva-ala katsottavissa silmien liikkeillä. Monitoroinnin ja kuva-alan yhtenevyydellä parannetaan siis myös työergonomiaa välttämällä turhia liikkeitä ja kääntyilyä tarvetta.

asento	katseen suunta vaakasuunnasta alaspäin
Istuttaessa pystyssä tai käsillä pöytään nojautuen - esim. käsin kirjoittaminen tai piirtäminen	$20-60^\circ$
Istuttaessa lievästi (n. 10°) taakse nojaavassa asennossa - esim. kuvaruutu tavallisessa toimistotyössä	$5-35^\circ$ (kuvaruudun keskipiste noin 20°)
Istuttaessa voimakkaasti (n. $20-30^\circ$) taakse nojaavassa asennossa - esim. kuvaruutu CAD-suunnittelussa tai valvomotyössä	$0-30^\circ$ (kuvaruudun keskipiste noin 15°)
Seistessä - esim. valvomopaneelit, koneiden instrumenttipaneelit	$10-40^\circ$

Taulukko 2 Keskeisen suunnan suosituksia eri asennoissa, vertailukohteena katseen vaakasuunta. (Launis & Lehtelä 2011, 156. Ergonomia. Työterveyslaitos.)

Lisäksi monitoroinnin ja kuva-alan yhtenäisyydellä vähennetään työvaiheita. Kun työpisteen kuva-ala ja monitorointi toimivat yhteen ei ole tarvetta ylimääräisille työvaiheille, kuten monitorien siirtämiselle tai panoroinnin tarkistamiseen toisilla monitoreilla. Monitoroinnin ja kuva-alan yhtenäisyydellä vältetään samalla siis työpisteestä ja sen laitteista syntyviä ristiriitoja lopputuotteen visuaalisten ja äänellisten elementtien asettelussa suhteessa kuvaan.

5.3 Työpisteen valaistus

Vaikka työpisteen valaistus onkin suurelta osin yhteneväinen työtilan valaistuksen kanssa, eikä siten suoranaisesti liity työpistekalusteen suunnitteluun, tulisi mielestäni työpisteen omaan valaisuun kiinnittää huomiota työergonomian kannalta.

Lehtelä ja Launis (2011, 266) määrittelevät valaistuksen tarkoitukseksi hyvän valaistuksen työtehtävien suorittamiseksi, turvallisuutta vaarantavien kohteiden helpon havaittavuuden mahdollistamisen, tilan jäsentämisen, huomion ja liikkumisen ohjaamisen ja ympäristön esteettisyyteen vaikuttamisen sekä työnmukaisen vireyden ylläpitämisen. Hyvän valaistuksen perusteet ovat heidän mukaansa valaistuksen eri osatekijöiden tasapainoa työn ja työntekijän mukaan. Valaistuksen osatekijöitä ovat voimakkuus, tasaisuus, pintojen valotiheys eli luminanssi, valon suunta ja häikäsemättömyys, sekä väriominaisuudet ja luonnonvalon käyttö. (Launis & Lehtelä 2011, 266.)

Haluaisin kiinnittää huomiota erityisesti tilan ja työpisteen valaistuksen säädettävyyteen. Launin ja Lehtelän (2011, 267) mukaan valon tarve koetaan hyvin yksilöllisesti ja siihen vaikuttavat mm. valaistuksen aiheuttama häikäisy, valolle asetetut eri vaatimukset työtehtävissä, näkökyky sekä henkilökohtaiset mieltymykset.



Kuva 43 Hillityksi säädetty valaisu tekee työtilasta tunnelmallisen. Myös laitteiden monitorit sekä mittarit luovuttavat valoa tilaan.
(Solid State Logic, www-sivut, luettu 09.04.2014)

Itse koen tarpeelliseksi mahdollisuuden himmentää työtilan valaistusta esimerkiksi kuvamateriaalin katselun ajaksi tai työstettävän materiaalin tunnelman mukaan, kuten kuvassa 43. Jenny Priiki on vuonna 2013 valmistuneessa opinnäytetyössään *Leikkaajan työhyvinvointi* haastatellut leikkaaja Ben Merceriä leikkausyksikön valaistuksesta. Priikin mukaan myös Mercer on puoltanut valaistuksen säädettävyyttä omakohtaisten tunnetilojen ja materiaalin vaatimusten mukaan (Priiki 2013, 29-30). Näen, että Mercerin näkemys pätee myös äänityöpisteen valaistukseen, sillä vaikka tekniset työtehtävät eroavat toisistaan, on erityisesti elokuvan äänisuunnitteluprosessi verrattavissa leikkaukselliseen tarinankerrontatyöhön, jossa tunnelmalla on suuri merkitys.

Huomiota tulee kiinnittää myös työpisteen laitteistojen ja työtason valaisuun. Työpisteessä käytettävissä laitteissa on lähes poikkeuksetta pienikokoisia merkintöjä, kuten mitta-asteikkoja ja lukemia, josta näemme malliesimerkin kuvasta 44. Pienikokoisen tekstin lukeminen hämärässä rasittaa silmiä. Erityisesti työtason alapuolelle mahdollisesti sijoitettavat laiteräkit kannattaneen varustaa erillisillä valaisimilla laitteiden esteettömän käytön edistämiseksi.



Kuva 44 Gainraider -kompressorissa on paljon pienikokoista tekstiä eri potikoiden yhteydessä. (Signal Audio, www-sivut, luettu 05.04.2014)

Äänityöpisteessä käsitellään yleensä myös jonkin verran paperia esimerkiksi käsikirjoitusten, muistinpanojen, partituurien tai nuottien muodossa. Kuten laitteiden käytönkin, niin myös paperien käsittelyn kannalta työpisteen riittävä valaisu on tärkeää vireystilan ylläpitämiseksi ja silmien väsymisen ehkäisemiseksi.

Työpisteen valaisun kannalta olennaista on valaisun sijoittaminen siten, ettei se aiheuta heijastuksia katseltaviin kohteisiin, esimerkiksi näyttöihin tai laitteiden kiiltäviin pintoihin. Lehtelä ja Launis (2011, 270) määrittelevätkin valonlähteiden hyväksi sijainneiksi kohdat, joissa valonlähteet eivät heijastu työkohteesta, laitteista tai kalusteista. Kirkkaita heijastumia voidaan välttää käyttämällä epäsuoria valonlähteitä sekä yhdistämällä sekä yleisvaloa että paikallista työpistevaloa (Launis 2011, 275). Lisäksi valonlähteiden ei tulisi olla suojaamattomia näkökentässä, eikä valonlähteen ja työalueen välissä ole varjoja aiheuttavia esineitä.

Mikäli työpisteen rakenteisiin voitaisiin siis asentaa valaisumahdollisuus esimerkiksi laiterakkeja, konsolia ja työtasolla käytettäviä hallintaohjaimia sekä asiakirjoja varten, voitaisiin tätä valaistusta säätämällä vaikuttaa myös sellaisten tilojen valaisuun, jossa työpistettä lukuun ottamatta ei ole muita säädettäviä valaisimia. Työpisteen sisäiset valaisimet voitaisiin nähdäkseni suunnitella siten, että työpisteen työtason alapuolella sijaitsevat laitteet tulisivat selkeämmin näkyviin ja siten helpommin käytettäviksi. Lisäksi työtason yläpinnalla sijaitsevat valaisimet voisivat olla esimerkiksi työtason takalaitaan asennettuja epäsuoria valonlähteitä, jotka antavat työtasolle yleisvaloa sekä valaisevat työtasolle sijoitetut hallintalaitteet.

6 POHDINTA

Asetin opinnäytetyöni tavoitteeksi kerätä laajan tietopohjan työpistekalusteen suunnitteluun. Mielestäni onnistuin tavoitteessani, sillä opinnäytetyössäni olen koonnut perustiedot äänityön eri osa-alueista, tiloista, laitteistoista ja monitoroinnista. Lisäksi olen sivunnut akustointia ja ergonomiaa työpisteen näkökulmasta. Työni ei kuitenkaan luonnollisesti kata lähellekään kaikkea äänityöhön liittyvää tietoa sillä alan kenttä on valtava. Opinnäytetyöni kokoaa kuitenkin mielestäni kattavan tietopaketin äänityöpisteen kannalta olennaisesta tiedosta, jonka perusteella työpistekalusteen suunnittelu voidaan aloittaa.

Ennen työni aloittamista tavoitteenani oli etsiä parannuksia työpisteissä havaitsemiini puutteisiin, erityisesti rasittaviin työasentoihin ja laitteiston puutteellisiin asettelumahdollisuuksiin. Löysinkin opinnäytetyöni aikana runsaasti tietoa, jonka avulla näitä ongelmia voidaan välttää työpisteprototyypin suunnitteluprosessissa. Tutkimusprosessin aikana havaitsin kuitenkin, että toimivan työpisteen kehittämisessä tulee huomioida myös useita muita tekijöitä. Havaitsin myös, että laitteiden asettelu työtasolle ei ehkä ole suurin työpistekalusteen kehittämiseen liittyvä haaste.

Työni työpisteen kannalta ehkä tärkeimmäksi sisällöksi muodostuikin työn aikana monitoroinnin asetteluun liittyvät mitoitukset ja huomiot. Monitoroinnin toimivan asettelun mahdollistaminen onkin nähdäkseni merkittävin yksittäinen äänityöpisteen fyysiseen suunnitteluun vaikuttava tekijä, sillä monitorointi määrittelee työpisteen fyysistä kokoa ja rakennetta 360° äänityöntekijän ympärillä. Toimiva kuuntelu on äänityön perusedellytys, jonka ehdoilla työpiste tulee suunnitella; monitoroinnin asettelu vaikuttaa kaikkiin ratkaisuihin, joita tehdään työpistettä suunniteltaessa. Monitoroinnin asettamat haasteet näkyvätkin rakenteeseen vaikuttavien tekijöiden lisäksi myös tarpeena huomioida työpiste osana työtilan akustiikkaa.

Työni aikana törmäsin myös työpisteessä mahdollisesti hyödynnettäviin ratkaisuihin, joihin en aiemmin ollut kiinnittänyt huomiota. Työpisteen kuunteluun vaikuttavien heijasteiden ja muiden akustisten ominaisuuksien käsittelyn yhteydessä ilmeni myös tarve huomioida työpisteen laitteet melunlähteinä. Sisällytinkin työhöni vastoin ennakkoletuksiani myös äänieristämistä käsittelevää perustietoa. Konkreettisen äänieristyksen käyttäminen osana työpisteen rakenteita, absorboivien materiaalien ohella, oli ilmisel-

vyydestään huolimatta yllättävin opinnäytetyöni myötä esiin tullut ratkaisuehdotus parempaan äänityöpisteeseen.

Käytännöllisyyden kannalta laitteiden, erityisesti konsolin ja työpisteen näyttöjen sekä suuren kuva-alan, asettelu osoittautui monitahoiseksi ja työpisteen ergonomian kannalta merkittäväksi haasteeksi. Näiden laitteiden asettelu ja ylipäänsä asettelun mahdollistaminen vaatii monien työpisteen osien yhteensovittamista paitsi fyysisiin ratkaisuihin, niin myös monitorointiin. Onnistuneeseen työpistekalusteeseen vaaditaankin, että kaikki edellä mainitut työkalut saadaan sijoitettua ergonomisesti työpisteeseen ilman, että laitteet häiritsevät toisiaan tai ovat toistensa tiellä.

Vaikka käsittelen työssäni äänityön eri työtehtäviä ja työn vaiheita työpisteen kautta, on työni perusteella kuva äänityön fyysisestä tekemisestä hieman teoreettinen. Äänityön työtehtävien tarkemman selvittämisen, kuten työasentojen tai miksaustyössä tehtävien liikkeiden kuvaamisen kirjallisesti, hyödyllisyys on mielestäni kuitenkin hieman kyseenalaista. Näenkin toimivammaksi vaihtoehdoksi toteuttaa äänityöpisteen suunnittelijan ja mahdollisesti myös ergonomian asiantuntijan kanssa joitakin tarkkailukertoja äänialan erilaisiin yrityksiin työpisteen prototyypin suunnittelun ja toteutuksen yhteydessä. Tällöin suunnittelija näkee omin silmin työssä käytettäviä liikkeitä ja liikesarjoja, jonka perusteella suunnitteluprosessia voidaan syventää.

Mielestäni työni onnistui lisäksi vähintäänkin kohtuullisesti ottamaan huomioon kohdeyhmänsä. Huolimatta paikoittain erittäin teknisestä ja monimutkaisesta tiedosta, sain nähdäkseni selitettyä tärkeimmät tiedot ymmärrettävästi ilman, että lukijalla tarvitsee olla laajoja pohjatietoja esimerkiksi äänialan työstä tai äänen fysiikasta. Työni jäi kuitenkin kohtalaisen raskaaksi luettavaksi runsaasta, eri aihealueita yhdistävästä tiedosta johtuen.

Tekemäni työ ei kuitenkaan tarjoa suoria vastauksia siihen, *miten* työpiste tulisi konkreettisesti toteuttaa. Työni tarjoaa kohtalaisen kattavan teoriapohjan ja viitekehyksen asioista, joita työpisteen suunnittelussa tulee huomioida. Lisäksi se tuo huonekalusuunnittelijan käsille äänityön luonteen aiheuttamia vaatimuksia työpistekalusteen suunnitteluun. Toimivan työpisteen konkreettiseen toteuttamiseen tarvitaankin kuitenkin laskelmia, testausta ja mittauksia, sekä vähintäänkin yksi prototyyppi.

Seuraavaksi onkin tärkeää toteuttaa keräämäni tiedon raameissa prototyypimalli, jonka avulla voimme aloittaa kalusteen testauksen käytännössä. Testaus on työpistekalusteen kannalta välttämätön työvaihe, sillä ajatustasolla hyvin suunniteltu konsepti ei välttämättä toimi käytännössä. Erityisesti työpisteen akustointia ei voida suunnitella vain paperilla, sillä esimerkiksi työpisteen rakenteissa käytettävien akustointiratkaisujen tehoa ei voida todistaa ilman testausta ja mittauksia.

Testauksen tarve pätee hyvin pitkälti myös työpisteen ergonomiaan. Vaikka julkisesti saatavilla on runsas tietokanta ergonomian tutkimuksessa löydetyistä suositusmitoista ja työasunnoista, ei esimerkiksi konsolin tai muiden hallintaohjainten asettelusta yhdessä muiden laitteiden kanssa ole saatavilla nimenomaan äänityöpistekalusteeseen täysin suoraan soveltuvaa informaatiota. Esitetyn perusteella työskentely äänityöpisteessä eroaa kuitenkin tavallista toimisto-, valvomo- tai päätetyöskentelystä, vaikka puitteet ovatkin osittain samankaltaiset. Vasta kokeilemalla työpistettä käytännön työssä voidaan varmistaa, että työpiste ajaa tehtävänsä osana äänityötä.

LÄHTEET

Kirjalähteet

Aaltonen, Jouko. 2011. Seikkailu todellisuuteen. Dokumenttielokuvan tekijän opas. Helsinki, Suomi: Like Kustannus Oy

Birkner, Christian. 2004. Practical Recording 5 Surround Sound. Bodmin, Yhdistyneet kuningaskunnat: SMT, Sanctuary Publishing

Crittenden, Roger. 1996. Film and Video Editing (2nd Edition). Florence, Yhdysvallat: Routledge.

Cox, Trevor J. D'Antonio, Peter. 2009. Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application. New York, Yhdysvallat: Taylor & Francis.

Everest, F. Alton, Pohlman, Ken C. 2009. Master Handbook of Acoustics – 5th Edition. New York, Yhdysvallat: The McGraw-Hill Companies

Everest, F. Alton. 2002. Psychoacoustics. Osio teoksesta Ballou, Glenn M. 2002. Handbook for Sound Engineers – Third Edition. Boston, Yhdysvallat: Focal Press, Elsevier Ltd.

Foreman, Chris. 2002. Sound System Design. Osio teoksesta Ballou, Glenn M. 2002. Handbook for Sound Engineers – Third Edition. Boston, Yhdysvallat: Focal Press, Elsevier Ltd.

Holman, Tomlinson. 2000. 5.1 Surround Sound Up and Running. 2nd Edition. Woburn, Yhdysvallat: Focal Press, Elsevier Ltd.

Jones, Doug. Szymanski, Jeff. 2002. Acoustical Treatment for Indoor Areas. Osio teoksesta Ballou, Glenn M. 2002. Handbook for Sound Engineers – Third Edition. Boston, Yhdysvallat: Focal Press, Elsevier Ltd.

Jones, Doug. 2002. Acoustical Noise Control. Osio teoksesta Ballou, Glenn M. 2002. Handbook for Sound Engineers – Third Edition. Boston, Yhdysvallat: Focal Press, Elsevier Ltd.

Kervinen Martti, Parkkila Irma. 2006. Fysiikka. Osio teoksesta Seppänen, Kervinen, Parkkila, Karkela & Meriläinen. 2006. maol taulukot. 2.-3. painos. Keuruu, Suomi: Otavan Kirjapaino Oy

Launis, Martti. Lehtelä, Jouni. 2011. Ergonomia. Työterveyslaitos. Tammerprint Oy.

Rossing, Thomas D. 1990. The Science of Sound - Second Edition. Yhdysvallat: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

Rumsey, Francis. 2001. Spatial Audio. Oxford, Yhdistyneet kuningaskunnat: Focal Press, Elsevier Ltd.

White, Glenn D. Louie, Gary J. 2005. The Audio Dictionary (3rd. Edition). Seattle, Yhdysvallat: University of Washington Press

E-kirjalähteet

Gottlieb, Gary. 2007. Shaping Sound in the Studio and Beyond - Audio Aesthetics and Technology. Boston, Yhdysvallat: Thomson Course Technology PTR.

Mooney, Jon W. 2012. JW Mooney's Practical Architectural Acoustic Notebook. Kalifornia, Yhdysvallat: Smashwords Inc

Newell, Philip. 2012. Recording Studio Design, 3rd Edition. Oxford, Yhdistynyt kuningaskunta: Focal Press, Elsevier Ltd.

Opinnäytetyöt

Priiki, Jenny. 2013. Leikkaajan työhyvinvointi. Opinnäytetyö. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Luettu 07.04.2014

Artikkelit yms.

Elen, Richard. 2002. All Bass Is Covered - Part 1 - A Dictatorial Approach to Bass Management in Surround Music Mixing. Alun perin julkaistu Surround Professional – lehden joulukuun numerossa 2002. Luettu 02.04.2014
<http://www.ambisonic.net/bassmgt1.html>

Genelec Community. 2009. Where to place Loudspeakers in a 5.1 Setup - Tip 8. Luettu 3.12.2013 <http://www.community.genelec.com/news/23/71/Where-to-place-Loudspeakers-in-a-5-1-Setup---Tip-8/>

Grimani, Anthony. 2005. Bass Management and the LFE Channel. Sound & Vision. Luettu 02.04.2014
<http://www.soundandvision.com/content/bass-management-and-lfe-channel>

Nazarian, Bruce C. 2013. Post Audio FAQ's. - Frequently Asked Questions about Film & Television Post-Production. FilmSound.org. Luettu 22.11.2013
<http://filmsound.org/AudiopostFAQ/audiopostfaq.htm>

Rutherford, Peter. Wilson Robin. Porous Absorbers. University of Nottingham. Educate – Environmental Design in University Curricula and Architectural Training in Europe. Luettu 18.12.2013
<https://www.educate-sustainability.eu/kb/content/porous-absorbers>

Schwind, David R. 1997. Room Acoustics: Basic Principles of Reflection, Diffusion and Absorption. Mix. Luettu 24.03.2014.
http://www.mixonline.com/online_extras/sound_absorbing_materials/

White Paul. 2013. Avid HD Native Thunderbolt. Sound on Sound. Luettu 06.04.2014
<http://www.soundonsound.com/sos/jan13/articles/hd-thunderbolt.htm>

White, Paul. 1998. Practical Acoustic Treatment, part 2. Sound on Sound. Luettu 24.03.2014. <http://www.soundonsound.com/sos/aug98/articles/practicalacoustic.html>

WWW-sivut

Apple Wireless Keyboard. Apple. Luettu 08.04.2014
<https://www.apple.com/keyboard/>

Avid C|24. Avid. Luettu 09.04.2014
<http://www.avid.com/US/products/c24/TechSpecs>

Define: 19" Rack. 2007. Server Rack FAQ. Luettu 30.04.2014
<http://www.server-racks.com/19-rack.html>

Define: Rack Hole Types. 2007. Server Rack FAQ. Luettu 30.04.2014
<http://www.server-racks.com/rack-hole-types.html>

Define: Rack Screws (10-32, 12-24, M6). 2007. Server Rack FAQ. Luettu 30.04.2014
<http://www.server-racks.com/rack-screws-10-32-12-24-m6.html>

Define: Rack Unit "U" or "RU". 2007. Server Rack FAQ. Luettu 30.04.2014
<http://www.server-racks.com/rack-unit-u-ru.html>

Frogpad2. 2014. Frogpad2. Luettu 08.04.2014
<http://www.frogpad2.com>

Genelec 7050B Aktiivinen Subwoofer. Genelec Oy. Luettu 02.04.2014
<http://www.genelec.fi/tuotteet/subwoofers/7050b/>

Half-Qwerty Keyboard. Matias. Luettu 08.04.2014
<http://half-qwerty.com>

Lawo mc256. Lawo.de. Luettu 27.11.2013
<http://www.lawo.de/products/broadcast-live-consoles/mc256.html>

Midi Controller Buying Guide. 2013. Sweetwater.com. Luettu 17.04.2014.
<http://www.sweetwater.com/insync/midi-controller-buying-guide/>

Nucleus. Solid State Logic. Luettu 09.04.2014
<http://www.solid-state-logic.com/music/nucleus/>

Tascam DM-3200. Tascam. Luettu 09.04.2014
<http://tascam.com/product/dm-3200/>

What is 5.1? 5dot1.com. Luettu 7.12.2013.
http://www.5dot1.com/what_is_5_1_.html

Kuvalähteet

Kuva 1 Neil Oseman, www-sivut. Haettu 19.04.2014
<http://neiloseman.com/?p=3425>

Kuva 2 Got Foley, www-sivut. Haettu 19.04.2014
<http://www.gotfoley.com>

Kuva 3 Studio Live Design, www-sivut. Haettu 19.04.2014
<http://livedesignonline.com/blog/neutrik-usa-makes-connections-cleveland-institute-music>

Kuva 4 Catamount Recording, www-sivut. Haettu 18.04.2014
http://www.catamountrecording.com/studio_b.html

Kuva 5 VocalBooth.com, www-sivut. Haettu 19.04.2014
<http://www.vocalbooth.com/applications/recording-booth/home-recording-booth/>

Kuva 6 Steven Klein's Sound Control Room, Inc, www-sivut. Haettu 03.12.2013
<http://www.soundcontrolroom.com>

Kuva 7 Avid, www-sivut. Haettu 14.04.2014
www-sivut, <http://www.avid.com/US/products/C24>

Kuva 8 Steven Klein's Sound Control Room, Inc, www-sivut. Haettu 03.12.2013
<http://www.soundcontrolroom.com>

Kuva 9 Alive HQ Recording Studios, www-sivut. Haettu 14.04.2014
<http://www.alivehqrecordingstudios.co.uk>

Kuva 10 M-Audio. Oxygen 88. Haettu 17.04.2014
http://www.m-audio.com/products/en_us/Oxygen88.html

Kuva 11 Souls of Sound, www-sivut. Haettu 18.04.2014
<http://dtsac3.blogspot.fi/2010/10/thx-certified-pm3-studio.html>

Kuva 12 Shuman Recording, www-sivut. Haettu 18.04.2014
<http://www.shumanrecording.com/mhz-studio-pix/control-room-OH-700.jpg>

Kuva 13 ADAM Professional Audio, www-sivut. Haettu 28.03.2014
<http://www.adam-audio.com/en/pro-audio/products/s7a-mk2/description>

Kuva 14 ADAM Professional Audio, www-sivut. Haettu 28.03.2014
<http://www.adam-audio.com/en/pro-audio/products/a7x/description>

Kuva 15 Avantone Pro, www-sivut. Haettu 28.03.2014
<http://www.avantonepro.com/Avantone-Passive-MixCube-Monitors-In-Black.html>

Kuva 16 Genelec Oy, www-sivut. Haettu 19.04.2014
<http://www.genelec.fi/ht/tuotteet/subwooferit/7050b/>

Kuva 18 Avid – Eleven Rack, www-sivut. Haettu 14.04.2014
http://www.avid.com/US/products/eleven-rack_2

Kuva 19 Sound Construction and Supply Inc. www-sivut. Haettu 14.04.2014
<http://www.custom-consoles.com/C24-Editing-Desk.php>

Kuva 20 Argosy. Argosy Dual 15-356. Haettu 07.04.2013
http://www.argosyconsole.com/html_internal/argosy_studiofurniture_workstation_Dual15356.html

Kuva 21 Genelec Community, www-sivut. Haettu 3.12.2013
<http://www.community.genelec.com/news/23/71/Where-to-place-Loudspeakers-in-a-5-1-Setup---Tip-8/>

Kuva 23 Genelec Community, www-sivut. Haettu 3.12.2013
<http://www.community.genelec.com/news/23/71/Where-to-place-Loudspeakers-in-a-5-1-Setup---Tip-8/>

Kuva 24 Genelec Community, www-sivut. Haettu 3.12.2013
<http://www.community.genelec.com/news/23/71/Where-to-place-Loudspeakers-in-a-5-1-Setup---Tip-8/>

Kuva 26 Laaksonen 2013, 4. Äänityön kivijalka. Riffi-julkaisut

Kuva 27 Doctrionics, www-sivut. Haettu 09.04.2014
http://www.doctrionics.co.uk/images/sig_07.gif

Kuva 28 Laaksonen 2013, 10-11. Äänityön kivijalka. Riffi-julkaisut

Kuva 29 Auralex Acoustics, www-sivut. Haettu 19.04.2014
http://www.auralex.com/acoustic_foam_wedgies/acoustic_foam_wedgies.asp

Kuva 30 GLBM Co., Ltd. www-sivut. Haettu 19.04.2014
http://www.woodacousticpanels.com/china-free_standing_wooden_perforated_acoustic_panel_low_formaldehyde-1529248.html

Kuva 31 Everest & Pohlman 2009, 204. Master Handbook of Acoustics. McGraw-Hill.

Kuva 32 Everest & Pohlman 2009, 208. Master Handbook of Acoustics. McGraw-Hill.

Kuva 33 Everest & Pohlman 2009, 260. Master Handbook of Acoustics. McGraw-Hill.

Kuva 34 Hofa, www-sivut. Haettu 18.04.2014
http://hofa-akustik.de/pages/startseite_eng/diffusor_en.php

Kuva 35 Rossing 1990, 639. Science of Sound. Addison-Wesley Publishing Company.

Kuva 36 Launis & Lehtelä 2011, 163. Ergonomia. Työterveyslaitos

Kuva 38 Launis & Lehtelä. 2011, 161. Ergonomia. Työterveyslaitos.

Kuva 39 CableOrganizer.com, www-sivut. Haettu 19.04.2014
<http://www.cableorganizer.com/surface-raceways/locking-channel.html>

Kuva 40 Furman, www-sivut. Haettu 19.04.2014
<http://www.furmansound.com/product.php?div=03&id=M-10xE>

Kuva 42 Launis & Lehtelä. 2011, 98. Ergonomia. Työterveyslaitos.

Kuva 43 Solid State Logic, www-sivut. Haettu 09.04.2014
<http://www.solid-state-logic.com/news/article.asp?ID=149&T=P>

Kuva 44 Signal Audio. Gainraider. Haettu 05.04.2014
<http://www.signal-audio.com/tube-compressor.htm>

Liitekuva 1 Server Rack FAQ, www-sivut. Haettu 14.04.2014
<http://www.server-racks.com/19-rack.html>

Liitekuva 2 Server Rack FAQ, www-sivut. Haettu 14.04.2014
<http://www.server-racks.com/rack-hole-types.html>

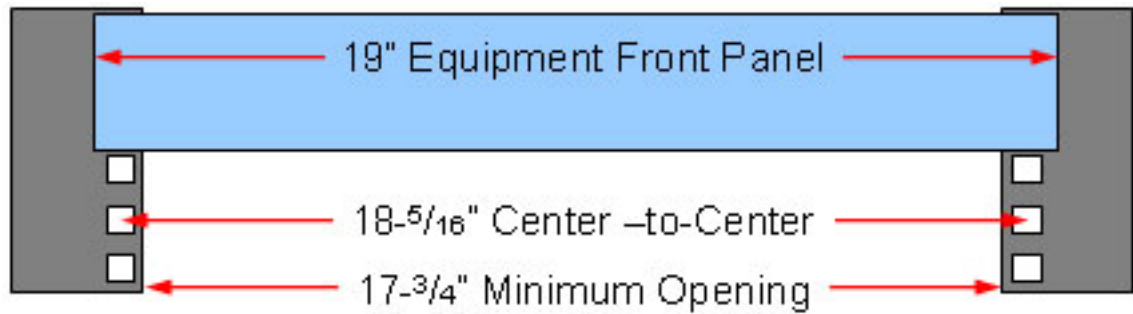
Liitekuva 3 Wikimedia Commons, www-sivut. Haettu 14.04.2014
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Server_rack_rail_dimensions.svg

Taulukkolähteet

Taulukko 1 Launis & Lehtelä 2011, 151. Ergonomia. Työterveyslaitos.

Taulukko 2 Launis & Lehtelä 2011, 156. Ergonomia. Työterveyslaitos.

Liite 1: Räkkitaitteiden kiinnitys



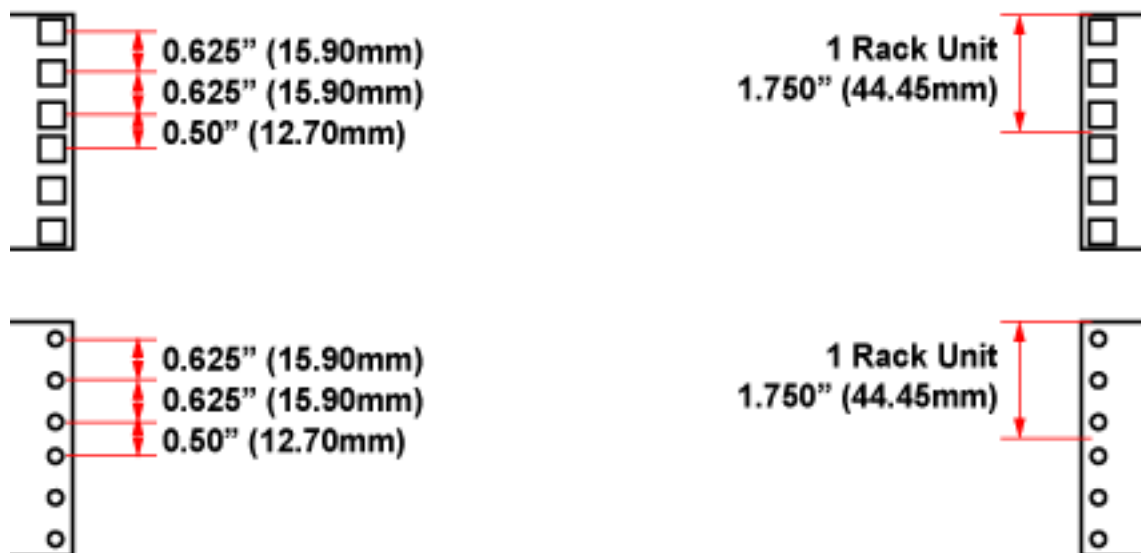
Liitekuva 1 19" Räkkin asettelu ja kriittiset mitat
(Server Rack FAQ, www-sivut, haettu 14.04.2014)

19" räkkin mitoista varsinaisesti mikään ei täsmää 19 tuumaan. 19" räkki –nimitys tulee räkkiin sovitettavien laitteiden etupaneelin leveydestä, joka on noin 19", kuten nähtävissä liitekuvasta 1. 19" räkkin lisäksi käytössä ovat myös äänilaitteissa harvinaisemmat 23" ja 24" räkkit, joiden mitat alla tuumina ja millimetreinä.

19" Rack = 18-5/16" (18.312") (465.1 mm)

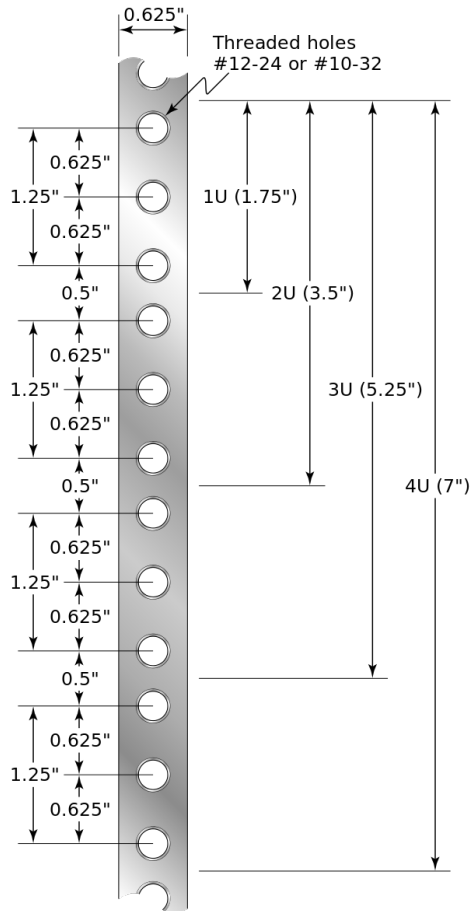
23" Rack = 22-5/16" (22.312") (566.7 mm)

24" Rack = 23-5/16" (23.312") (592.1 mm)



Liitekuva 2 Erityyppisten räkkin kiinnityksiä ja niiden mitoituksia.
(Server Rack FAQ, www-sivut, haettu 14.04.2014)

Räkkin kiinnitysrautojen rei'itys perustuu kolmen reiän sarjoihin, jotka muodostavat aina 1U kiinnityksen, eli 1,75" sarjan. Sarjan kulku nähtävissä liitekuvista 2 ja 3.



Liitekuva 3 Räkkiraudan standardisoitu mitoitus 19" räkissä.
(Wikimedia Commons, www-sivut, haettu 14.04.2014)

Räkkilaitteiden kiinnitykseen käytettävät ruuvit

Räkkilaitteiden kiinnityksessä käytettävissä koneruuveissa on jonkin verran vaihtelua. Käytettävän koneruuvien tyyppi riippuu räkien valmistusmaasta. Yleisimmin käytössä olevat kierteet ovat amerikkalaiset 10-32, 12-14 ja eurooppalainen M6. 12-24 on todennäköisesti yleisin amerikkalaisvalmisteisissa räkeissä käytetty kiinnitysruuvi, eurooppalaisvalmisteisissa kiinnitysruuvina on 12-24 tai M6. 10-32 kiinnitystä nähdään vanhemmissa räkeissä. (Define: Rack Screws...)

Liite 2: Akustiikkaan liittyviä laskentakaavoja

Taajuuden laskentakaava (Hz)

Ääniaallon taajuus hertseinä saadaan jakamalla kokoaaltojen lukumäärä sekunnilla; (Laaksonen 2013, 7.)

$A/S=F$, jossa A=kokoaaltojen lukumäärä, S=1 sekunti, F=taajuus

Aallonpituuden laskentakaava

Aallonpituus tarkoittaa tietyllä taajuudella esiintyvän ääniaallon yhden jakson aallonpituuden. Aallonpituus lasketaan jakamalla äänennopeus tiedetyllä taajuudella; (Laaksonen 2013, 13.)

$S/F=W$, jossa S=äänennopeus, F=taajuus, W=aallonpituus

Kaava jälkikaiunta-ajan laskemiseen

Jälkikaiunta-aika lasketaan ns. Sabinen kaavalla. Jälkikaiunta-aika lasketaan jakamalla painotettu huoneen tilavuus huoneen kokonaisvaimennusalueella sekä ilman aiheuttamalla vaimennuksella; (Laaksonen 2013, 19.)

$RT_{60}=0,161V/(A+4mV)$, jossa RT_{60} =jälkikaiunta-aika sekunteina, V=huoneen tilavuus kuutiometreinä, A=huoneen absorptio-ala, 4mV=ilman aiheuttama vaimennus.

$A=(\delta+S)$, jossa δ =pinta-alan vaimennuskerroin, S=kokonaispinta-ala neliömetreinä.

δ arvot ovat välillä 0-1, joka tulee materiaalin vaimennuskertoimesta. Vaimennuskertoimia eri taajuuksille löytyy esimerkiksi rakennusmateriaalien tiedoista.

4mV, ilman vaikutusta kuvaava osio vaikuttaa melko vähän kaavan lopputulokseen, eikä sitä aina edes käytetä kaavan yhteydessä. m saa 30% ilmankosteudella 20° lämpötilassa esimerkiksi arvot 2kHz = 0,012 ja 8kHz = 0,136.

Levyabsorberin laskentakaava

Levyabsorberin laatiminen tietylle taajuudelle voidaan laskea kaavalla, jossa huomioi-

daan levyn pintatiheys suhteutettuna levyn pinta-alaan ja ilmatilan syvyyteen; (White 1998.)

$F=60/\sqrt{MD}$, jossa F =taajuus, M =levyn massa kg/m^2 , D =ilmatilan syvyys metreissä.

Helmholtzin resonaattorin laskentakaava

Helmholtzin resonaattorin mittasuhteet tietylle taajuudelle voidaan laskea seuraavalla kaavalla (White 1998);

$R=200\sqrt{P/DT}$, jossa R =resonoiva taajuus, P =suuaukon ala jaettuna paneelin alalla kerrottuna sadalla, D =ilmatilan syvyys tuumina, T =etupaneelin paksuus lisättynä 0,8 kertaiseen suuaukon halkaisijaan tuumina.

QRD Diffuusorin sarjan laskentakaava

Diffuusorin sarja halutulle kuilunsyvyydelle lasketaan lausekkeella

$$S_n = n^2 \bmod(p)$$

Kaavassa mod viittaa QRD-nimityksen Residueen, jäännökseen. N on kuilun järjestysnumero, p on pariton alkuluku.

Kaavaa käytetään valitsemalla syvyys, jota diffuusorissa tahdotaan käyttää, esimerkiksi 21 cm. Tämän jälkeen valitaan pariton alkuluku, kuten 7. Kuilujen välinen pienin ero määritetään jakamalla haluttu syvyys valitulla alkuluvulla, tässä tapauksessa $21 / 7 = 3$ cm.

Kun tiedetään kuilun enimmäissyvyys (21 cm), kuilujen enimmäismäärä (7) ja syvyyden enimmäismuutos (3cm), voidaan laskea kaava $S_n = n^2 \bmod(p)$ esimerkiksi taulukoidulla (sarjoja on 7, ensimmäinen on 0);

Järjestysnumero	Jäännös	Kerroin (muutos)	Kuilun syvyys (cm)
0	0	3 cm	0
1	1	3 cm	3
2	4	3 cm	12
3	2	3 cm	6
4	2	3 cm	6
5	4	3 cm	12
6	1	3 cm	3

Taulukko 3 $S_n = n^2 \bmod(p)$ tulokset taulukoituna edellä määritetyillä arvoilla.

Kuilun leveys määrittää sen, mille taajuudelle QRD-diffuusori vaikuttaa. Korkeiden taajuuksien diffuusio rajoittuu puolen aallonpituuden kuilunleveyteen, eli mitä kapeampia kuiluja, sitä korkeampiin taajuuksiin diffuusori vaikuttaa.

Neljännesaallonpituutta vastaavan taajuuden laskentakaava

Neljännesaallonpituutta vastaava taajuus lasketaan jakamalla äänen nopeus monitorin ja sen takana olevan seinän välisellä etäisyydellä; (Laaksonen 2013, 45.)

$f_c = c/4d_x$, jossa f_c =vaimentuvien taajuuksien keskipiste, c =äänen nopeus (344 m/s) ja d_x = monitorin ja sen takana sijaitsevan seinän välinen etäisyys.

TL-arvon laskentakaava

TL-arvo voidaan laskea kaavalla; (Jones 2002, 48.)

$TL = 10 \log(P_{\text{incident}}/P_{\text{transmitted}})$, jossa TL=siirtymähäviö, P_{incident} =suora ääni, $P_{\text{transmitted}}$ =esteen läpi välittynyt ääni

Ääniesteen vaimennuksen laskentakaavat

Ääniesteen massan vaimennus lasketaan kaavalla; (Jones 2002, 48.)

$TL = 14,5 \log M + 23$, jossa TL=siirtymähäviö, M =esteen pinnan tiiviys paunoina neliöjälalla.

ja kaavaa voidaan painottaa halutulla taajuudella;

$TL = 14,5 \log(Mf) - 16$, jossa f =taajuus hertseinä.