



PIRKANMAAN
AMMATTIKORKEAKOULU

AUDIOMASTEROINNIN PERUSKÄSITTEITÄ

Jussi Suonikko

Opinnäytetyö
Toukokuu 2009
Musiikin koulutusohjelma
Musiikkiteknologian
suuntautumisvaihtoehto
Pirkanmaan ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Pirkanmaan ammattikorkeakoulu
Musiikin koulutusohjelma
Musiikkiteknologian suuntautumisvaihtoehto

SUONIKKO, JUSSI:
Audiomasteroinnin peruskäsitteitä.

Opinnäytetyö 60 s.
Toukokuu 2009

Masterointi on äänilevyn valmistamisen viimeinen taiteellistekninen työvaihe, jossa musiikki optimoidaan erilaisille äänentoistolaitteistoille ja valitulle julkaisuformaatile sopivaan muotoon. Työvaihe on laadukkaan lopputuloksen kannalta välttämättömyys, mutta vähemmän tunnettu kuin äänilevyn muut työvaiheet, kuten äänittäminen ja miksaaminen.

Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää audiomasteroinnin peruskäsitteitä tutkimalla työvaihetta eri näkökulmista. Opinnäytetyössä selvitettiin masteroijan roolia äänitetuotannossa, masterointityön historiaa, masteroinnissa käytettyä tekniikkaa ja sen käyttötapoja sekä ääniteformaattien kehitystä ja vaatimuksia. Tarkoituksena oli vastata kolmeen peruskysymykseen: mitä on masterointi, miksi masteroidaan ja miten masteroidaan?

Vaikka masterointi on vähemmän käsitelty työvaihe niin musiikkiteknologian opetuksessa kuin äänialan kirjallisuudessaakin, se ei tarkoita sitä, ettei työtä voisi äänitekniikkaa tunteva henkilö oppia tai tehdä. Masterointi on osin taiteellinen prosessi, mutta toisaalta myös hyvin suoraviivainen ja tekninen asiakaspalvelutyö. Ammattiäänittäjien ja -miksaajien sekä musiikkiteknologian opiskelijoiden ja harrastajien lisäksi masterointityön pääpiirteiden tuntemisesta on paljon hyötyä myös äänilevyjä tuottaville tahoille.

Asiasanat: Masterointi, audio, äänitekniikka, ääniteformaatti, äänitetuotanto.

ABSTRACT

Pirkanmaan ammattikorkeakoulu
Pirkanmaa University of Applied Sciences
Degree Programme in Music
Option of Music Technology

SUONIKKO, JUSSI:
Basics of audio mastering.

Bachelor's thesis 60 pages.
May 2009

Audio mastering is the last step in producing a music recording. It is both a creative and a technical work which is done to optimize the recording so that it is suitable for the chosen audio delivery format and that it will play back as consistently as possible in different listening environments.

The goal of this thesis was to explain the basics of mastering by exploring the subject from different points of view such as the role of the mastering engineer and the history of mastering. Part of my thesis also explains the basic audio tools and their uses in mastering as well as the requirements and historical development of different audio formats.

Mastering is a less discussed step both in the teaching of music technology and in literature concerning audio work. It can, however, be learned by people familiar with audio engineering. Although mastering is a creative process, it is also straightforward customer service. Besides for professional recording and mixing engineers, knowing the basics of mastering is useful for students and enthusiasts of music technology and people producing recordings.

Key words: Mastering, audio, sound technology, audio format, record production.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	6
2 MITÄ ON MASTEROINTI?.....	7
2.1 Miksi masteroidaan?.....	7
2.2 Masteroijan rooli.....	8
2.3 Masteroinnin historia.....	10
2.3.1 1900-luvun alku.....	10
2.3.2 Vinyyliaika.....	10
2.3.3 CD-aika.....	11
2.3.4 Volyymisota	12
2.3.5 Verkkojakelu ja monikanavaformaattit.....	15
3 MASTEROIJAN STUDIO JA TYÖKALUT.....	16
3.1 Studiotila.....	16
3.2 Monitorointi.....	16
3.3 Digitaalinen audiotyöasema.....	18
3.4 Signaaliprosessorit.....	18
3.5 Mittarit.....	19
3.5.1 Tasomittarit.....	19
3.5.2 Spektrianalysaattorit.....	20
3.5.3 Vaihemittarit.....	21
4 MASTEROINTITYÖN VAIHEITA.....	24
4.1 Taajuuskorjaus eli ekvalisointi.....	24
4.1.1 Yli- ja alipäästösuotimet.....	25
4.1.2 Hyllykorjaimet.....	26
4.1.3 Kellokorjaimet.....	28
4.1.4 Vaihelineaariset ekvalisaattorit.....	29
4.1.5 Dynaamiset ekvalisaattorit.....	29
4.2 Dynamiikkaprosessointi.....	30
4.2.1 Kompressointi.....	32
4.2.2 Limitointi.....	33
4.2.3 Ekspansointi.....	33
4.2.4 Normalisointi.....	34
4.3 Muu prosessointi.....	34
4.3.1 Kohinanpoisto.....	35
4.3.2 Stereokuvan tasapaino.....	36
4.3.3 Kaiut.....	36
4.4 Editointi.....	37
4.5 Kappalejärjestys ja kappaleiden välit.....	38
4.6 Ditherointi.....	40
4.7 PQ-koodaus.....	41
4.7.1 ISRC-tallennekoodit.....	42
4.7.2 CD-text.....	43
4.8 Lopullisen masterin valmistus ja tarkistus.....	44

	5
5 NYKYISET ÄÄNITEFORMAATIT.....	45
5.1 Vinyylilevy.....	45
5.1.1 Masterlevyn kaiverrus.....	45
5.1.2 Vinyylilevyn tekniset rajoitteet.....	46
5.2 C-kasetti.....	47
5.3 Audio-CD.....	48
5.4 Verkkojakelu.....	50
5.4.1 Häviölliset tiedostomuodot.....	50
5.4.2 Häviöttömät tiedostomuodot.....	53
5.5 Monikanavaformaattit.....	54
6 PÄÄTÄNTÄ.....	55
LÄHTEET.....	58

1 JOHDANTO

Masterointi on työvaihe, jonka jokainen äänitettä julkaiseva taho tulee kohtaamaan viimeistään tuotannon loppuvaiheessa. Se on kuitenkin esimerkiksi äänitystä ja miksaamista vähemmän tunnettu prosessi. Joitakin lehtiartikkeleita lukuun ottamatta masteroinnista ei ole julkaistu Suomessa mitään kirjallisuutta ja suomenkielisissä äänialan kirjoissakin aihetta sivutaan yleensä melko niukasti. Kotimaisessa musiikkiteknologian opetuksessa masterointiin keskitytään myös hyvin vähän verrattuna musiikkiäänitteen muihin työvaiheisiin. Uskon tämän johtuvan masteroijien verrattaen varsin pienestä ammattikunnasta sekä siitä, että ammattimainen masterointi vaatii osin omat työkalunsa ja studionsa, eikä masterointistudion rakentaminen opetuskäyttöön olisi taloudellisesti mahdollista.

Opinnäytetyöni on tarkoitus olla tietopaketti, joka selvittää masteroinnin perusasioita. Olen valmistumassa musiikkiteknologian opettajaksi ja huomannut, että masteroinnista ei ole juurikaan olemassa oppimateriaaliksi soveltuvaa suomenkielistä luettavaa. Toivon opinnäytetyöni auttavan siltä osin itseäni, ja miksei myös muita saman alan opettajia, oppimateriaalin suunnittelussa ja valmistamisessa. Ajattelen työni sisältävän myös hyödyllistä perustietoa niin äänialan opiskelijoille ja harrastajille, kuin myös artisteille ja esimerkiksi pienlevy-yhtiöiden julkaisijoille ja levytuottajille.

Opinnäytetyöni on rajattu käsittelemään audioalan ja ääniteformaattien historiallista kehitystä, sekä yleisesti käytössä olevaa audiotekniikkaa ja sen käyttötapoja masteroinnin näkökulmasta. Pyrin työssäni vastaamaan kysymyksiin: mitä on masterointi, miksi masteroidaan ja miten masteroidaan? Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta työni keskittyy stereofoniseen äänilevyyn.

Työvaihe, josta tässä työssä enimmäkseen puhutaan, on tarkasti ottaen nimeltään esimasterointi tai premasterointi. Varsinainen masterointi tapahtuu vasta äänilevyä painettaessa tehtaalla. Esimasteroinnista puhuttaessa käytetään musiikkialalla kuitenkin yksioikoisesti, niin kirjallisuudessa kuin puhekielessäkin, lähes aina nimitystä masterointi.

2 MITÄ ON MASTEROINTI?

Masterointi on äänilevyn valmistuksen työvaihe, jossa valmiiksi miksatuista kappaleista pyritään muodostamaan mahdollisimman tasapainoinen ja ehyt kokonaisuus sekä optimoimaan se soveltuvaksi mahdollisimman monelle erilaiselle äänentoistolaitteistolle. Tämän jälkeen masteroija saattaa lopputuloksen levymonistusta tai muuta jakelua varten tarvittavaan muotoon. Masterointi on sekä luova ja taiteellinen, että täysin tekninen työvaihe, jonka tekee yleensä äänitteiden muuhun valmistukseen liittymätön, erillinen äänityöläinen. (Katz 2007, 12; Owsinski 2008, 3.)

2.1 Miksi masteroidaan?

Äänilevyjen kirjo on hyvin laaja. Erilaisilta yhtyeiltä ja artisteilta julkaistaan studio- ja kokoelmalevyjä sekä konserttitallenteita. Studiolevyjen uusintapainoksiin voidaan ekstrakappaleiksi lisätä live-versioita. Kokoelmalevy saattaa sisältää saman artistin musiikkia jopa eri vuosikymmeniltä. Kokoelmalevyjä ovat myös elokuvien soundtrack-levyt, erilaisten musiikkilehtien, levy-yhtiöiden ja muiden julkaisijoiden kautta ilmestyvät kokoelmat ja näytelevyt. Joiltakin artisteilta voidaan myös julkaista koko uran kattava usean levyn kokoelmapaketti.

Yksittäiset kappaleet saattavat päätyä levyille siis hyvinkin erilaisista lähtökohdista. Harvemmin albumin kaikki kappaleet ovat peräisin samoista äänitys- ja miksaussessioista edes studiolevyillä. On yleistä, että levyn kappaleilla on useampi äänittäjä sekä miksaaja ja että niitä on työstetty myös eri studioissa. Kappaleiden välille muodostuu tällöin eroja äänensävyissä ja äänekkydessä.

Tallenneformaattien kirjo on nykyään myös laaja. CD-levy on edelleen myydyin fyysinen äänitallenne, mutta verkon kautta ladattavat musiikkitiedostot ovat kasvattaneet jatkuvasti suosiotaan ja nousseet uhkaamaan CD:n asemaa. Jotkut artistit haluavat edelleen julkaista musiikkiaan lisäksi vinyylilevyllä. Ajoittain julkaisuja ilmestyy jopa C-kasetilla. Markkinoilla ovat myös monikanavaformaattit SACD ja DVD-Audio, jotka ovat puolestaan audiofiilien suosikkeja.

Jokaisella formaatilla on omat tekniset vaatimuksensa ja rajoituksensa. Äänitteen lopullinen julkaisumuoto vaikuttaa levymonistamoon toimitettavaan materiaaliin ja samalla myös masterointiin. Esimerkiksi vinyylilevyn masterointiin liittyy levyn mekaanisen äänentoiston takia asioita, jotka vaikuttavat soivan äänen taajuuksien käsittelyyn. CD-monistusta varten valmistetun masterin tulee puolestaan olla CD-audion tekniset yksityiskohdat määrittävän Red Book -normin mukainen. Myös verkkojaketussa yleisimmin käytetyistä MP3-tiedostoista on mahdollista saada laadukkaamman kuuloisia, mikäli ne masteroidaan erikseen formaattia silmällä pitäen.

Tässä viimeisessä työvaiheessa erilaisista kappaleista saadaan yhtenäisesti soiva kokonaisuus ja valitun formaatin jakelua tai monistusta varten kelpaava tuote. Masteroinnissa parannellaan yleensä soivaa lopputulosta esimerkiksi tasoittamalla kappaleiden välisiä sävy- ja volyymieroja. Samalla se on viimeinen mahdollisuus levyn kappaleiden yleissoundin paranteluun. Mahdollisimman laadukkaalta kuulostava levy on luonnollisesti tärkeää artisteille taiteellisesti ja levy-yhtiölle kaupallisesti. On kuitenkin hyvä muistaa, että soundien laadukkuus on aina subjektiivista, eivätkä kaikkien äänitteen tekijöiden näkemykset välttämättä kohtaa. Masteroinnin lähtökohta on siis saattaa tallenne julkaisuformaatile teknisesti sopivaksi. Tämän lisäksi se on julkaisun loppuviimeistely.

2.2 Masteroijan rooli

Masteroija aloittaa työnsä, kun äänitteen kappaleet ovat äänityksen ja miksauksen osalta valmiit. Masteroija ei yleensä enää tee töitä moniraitasessioiden kanssa vaan työstää kappaleiden valmiita stereoraitoja. Joskus masteroijalle saatetaan myös antaa stereoraidasta irrallisena esimerkiksi kappaleen laulu- tai bassoraita, joskus jopa jokaisen soitinryhmän stereoraidat erikseen, jos se nähdään masterointityön kannalta tarpeelliseksi. Masteroija ei yleensä liity äänitteen muuhun valmistusprosessiin vaan aloittaa työnsä miksauksen loputtua. On eduksi, että masteroija kuulee valmiin materiaalin objektiivisesti ”tuorein korvin”. Tällöin hän yleensä lähestyy projektia toiselta kantilta ja huomaa helpommin erilaisia asioita äänitteessä kuin alusta asti tuotannossa mukana olleet henkilöt.

Jokainen masterointiprojekti on yksilöllinen ja masteroijan on syytä keskustella esimerkiksi levyn tuottajan, miksaajan tai itse artistin kanssa projektin tavoitteista ja masterointiratkaisuista. Musiikkityyli vaikuttaa masterointiin paljon. Raskasta rockia ja länsimaista taidemusiikkia äänitetään, miksataan ja masteroidaan eri lähtökohdista. Hyvin tehdyt saman musiikkityylin aiemmat julkaisut voivatkin joskus toimia hyvänä referenssinä, mikäli musiikin laji on masteroijalle vierasta.

Levyn tuottajalle tai artistille on viimeistään ennen masterointia muodostunut käsitys yksittäisistä kappaleista muodostuvasta kokonaisuudesta. Masteroija tarkistaa kappaleiden välisiä dynaamisia ja sävyllisiä suhteita kompressoimalla ja ekvalisoimalla sekä laittaa kappaleet haluttuun järjestykseen. Hän tekee lisäksi kappaleille sopivat alku- ja loppuhäivytykset (*fade in, fade out*) ja huolehtii, että kappaleiden väliin jää niiden luonteesta ja musiikkityylistä riippuen sopivasti aikaa. Lisäksi masteroijalla on liuta muita keinoja parannella soivaa lopputulosta. Hän voi tarvittaessa esimerkiksi yrittää poistaa levyllä olevia häiriöääniä, manipuloida stereokuvaa, lisätä yleiskaikua tai jopa joitain efektejä.

Ammattimasteroija tarvitsee miksaajan tavoin perusteellista perehtymistä audiolaitteiden toimintaan ja eri ääniteformaattien teknisiin vaatimuksiin. Lisäksi masteroijalle on hyödyllistä tietää, mitä tapahtuu äänitys- ja miksausvaiheissa. Erilaisten musiikkityylien tuntemus ja harrastuneisuus äänitteiden kuuntelussa auttaa masterointityössä, aivan kuten äänittämisessä ja miksaamisessakin. Masteroijan tärkein työväline on kuitenkin ”terveet korvat” ja taito kuunnella musiikkia analyyttisesti. Masterointi on pohjimmiltaan asiakaspalvelutyötä, jossa joutuu usein tekemään kompromisseja omien mieltymysten ja asiakkaan toiveiden välillä.

Masteroijan rooli on otettava huomioon myös levyn budjettia mietittäessä. Masterointi on virallisesti julkaistavilla äänilevyillä välttämätön työvaihe ja työn teettäminen ammattistudiossa maksaa. Eri masteroijat käyttävät erilaisia laitteita ja ovat miksaajien tavoin mieltyneitä erilaisiin musiikkityyleihin ja soundeihin. Oikean masteroijan löytämiseksi voi olla viisasta tutustua projektiin valittavan masteroijan aiempiin töihin (Huber & Runstein 2005, 544).

2.3 Masteroinnin historia

2.3.1 1900-luvun alku

Ennen 1920-lukua muusikot soittivat ja lauloivat äänitettäessä suoraan suureen akustiseen torveen, jonka toinen pää oli suunnattuna värähtelevään kalvoon. Kalvoon yhdistetty kaiverrin liikkui torvesta kalvolle välittyvän energian liikuttamana ja kaiversi ääni-informaation sorviin kiinnitetyn levy- tai lieriömasterin pinnalle reaaliajassa. Nämä levy- ja lieriömasterit valmistettiin perinteisesti joko pehmeästä metalliseoksesta tai vahasta. (Ballou 1998, 917; Larmola 2007, 26.) Levy oli siis valmis monistettavaksi heti äänityksen jälkeen eikä erillistä masterointia vielä tänä aikana tunnettu. Äänen sähkövärähtelyksi muuttavan mikrofonin keksiminen johti torvien hylkäämiseen. Mikrofonin signaali sähköisesti vahvistettuna ohjasi kaiverrinta. (Ballou 1998, 917.)

2.3.2 Vinyyliaika

Vuonna 1948 kaupallisille markkinoille tuli ensimmäinen avokelanauhuri, joka aiheutti murroksen äänitystekniikassa. Vinyylilevyt olivat yleistyneet samoihin aikoihin. Äänitysstudiosta tulevat nauhat oli nyt siirrettävä vinyylilevyn painamista varten lakkalevyille. (Bassal 2005; Larmola 2007; Owsinski 2008, 4.) Tässä vaiheessa masteroinnissa ei vielä ollut kyse äänenlaadun parantelusta vaan siitä, että siirtovaiheessa mahdollisimman vähän ääni-informaatiosta pääsisi katoamaan. Tämä siirtotyö teetettiin yleensä harjoittelijoilla ja assistenteilla, sillä sitä ei pidetty tärkeänä luovana prosessina, mutta kuitenkin hyvänä harjoituksena korville. Moni tämän ajan äänityöläisistä aloittikin uransa masteroimalla. (Stubblebine.)

Moniraitaäänityksen kehittyminen ja stereolevyjen yleistyminen 1950-luvun lopulla aiheuttivat masterointityön lopullisen eriytymisen muusta studiotyöstä. Stereovinyylilevyn masterointi vaati erityisosaamista jo sen verran, että se riitti työllistämään masteroijia. (Larmola 2007; Owsinski 2008, 4.) 1960-luvulla alkoivat levy-yhtiöistä itsenäiset äänistudiot yleistyä ja samalla myös masteroijat halusivat itsenäistyä. Masterointityön arvostus nousi ja se sai tärkeämmän roolin myös osana

äänilevyn valmistuksen luovaa prosessia. Masteroijat alkoivat siirtovaiheessa käsitellä myös äänen taajuusvastetta ja dynamiikkaa parantaakseen levyn äänenlaatua (Bassal 2005; Owsinski 2008, 5). Vinyylilevyn kaiverruksessa oli kuitenkin otettava huomioon formaatin tekniset rajoitukset. Masteroija joutuikin usein tekemään kompromisseja äänenvoiman, levyn ajallisen keston ja pohjakohinan kanssa. Parhaat vinyylimasteroijat loivat itselleen mainetta pystyessään parhaisiin mahdollisiin lopputuloksiin formaatin teknisten rajojen sisällä (Graham 1999). Masteroijia oli kuitenkin esimerkiksi Amerikan yhdysvalloissa vielä 1970-luvun lopussa varsin vähän. The Billboard Studio Directoryn mukaan vuonna 1978 masteroijia oli noin 150, joista osa teki edelleen pelkkiä siirtoja nauhalta lakkamasterille. (Stubblebine.)

C-kasetin ilmestyttyä samat masteroijat tekivät myös kasettimonistukseen sopivan masternauhan. Vaikka C-kasetti olikin pienen kokonsa ja kopioitavuutensa vuoksi aikanaan merkittävä uusi ääniformaatti, ei se masterointityöhön tuonut juurikaan muutosta. Tavallista oli säätää tasoja ja ekvalisoida sekä kompressoida ääntä kasetin dynaamisten rajoitteiden kompensoimiseksi. (Graham 1999.)

2.3.3 CD-aika

Vuonna 1982 CD-levy tuli markkinoille ja toi useita teknisiä parannuksia äänenlaatuun. Äänityöläiset ja audiofiilit olivat uudesta formaatista innoissaan. Levyjen dynamiikka-alue kasvoi ja taustakohinan määrä väheni. (Jones 2005.) Vinyylilevyille ominaisista rahinoista ja räpsähtelyistä päästiin myös eroon. AM-radion väistyminen ja stereolaitteistojen yleistyminen erityisesti autoissa puolestaan vapautti masteroijat monosummaamisen tarpeesta. Samalla myös stereokuvan manipulointi, esimerkiksi sen levittäminen, tuli mahdolliseksi.

Uuden formaatin mahdollisuuksia ei kuitenkaan heti osattu käyttää hyväksi. CD:n ensiaskeleet olivat hieman kömpelöt ja monet ensimmäiset CD:t tehtiin nopeasti suoraan vinyylilevyjä varten valmistetuilta masternauhoilta, jotta levy saatiin markkinoille mahdollisimman pikaisesti. Lisäksi osa varhaisista CD-soittimista oli tässä vaiheessa vielä heikkolaatuisia. Huonolaatuiset levyt ja soittimet tahrasivat CD:n mainetta sen alkuaikoina. (Larmola 2007, 26.) 1990-luvulle tultaessa CD-levy

oli kuitenkin tullut audioalan ihmisille jo tutuksi. Sen heikkoudet ja vahvuudet tiedettiin ja tänä aikana tehtiinkin paljon hyvän kuuloisia levyjä. CD-levyn syrjäytettyä vinyylin myynnissä 1990-luvulla asiat muuttuivat ja osin markkinavoimien painostuksesta alkoi niin sanottu volyymisota (Southall 2006). Volyymisota eli äänenvoimalla kilpailu (käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa) on vaikuttanut masterointityön ulkoiseen kuvaan ehkä enemmän kuin mikään muu yksittäinen tekijä.

CD-levyn myötä masteroijat joutuivat siirtymään osin digitaalimaailmaan, mutta käyttivät pääosin kuitenkin edelleen vinyyliajan työkaluja ja menetelmiä. Vuonna 1989 esiteltiin ensimmäinen Sonic Solutionsin kehittämä esimasterointiohjelma tietokoneelle ja masterointi alkoi siirtyä digitaalitekniikan puolelle.

Ennen 1990-luvun loppua masterointi oli myös nykyistä tärkeämpi linkki äänitys/miksausstudion ja levymonistamon välillä. Monistamot hyväksyivät monistusta varten vain tietynlaisia digitaalisia nauhoja, joiden koostaminen vaati herkkiä ja kalliita laitteita sekä ylläpitoa, joihin äänitysstudioilla ei ollut oman laitteiston lisäksi intoa panostaa. (Bassal 2005.)

2.3.4 Volyymisota

Huomattavin yksittäinen korvinkuultava muutos masterointityössä on CD-levyn markkinoille tulon jälkeen ollut levyjen äänekkyyden eli yleisvolyymin huomattava nousu. Tämä on havaittavissa erityisesti pop- ja rockmusiikin tallenteilla. Ilmiö on nimetty volyymisodaksi (*loudness war*, *loudness race*, *volume war* tai *level war*).

Jo vinyyliaikana levyjulkaisijat ja artistit kilpailivat volyymilla. Oma kappale haluttiin saada soimaan mahdollisimman äänekkäästi kokoelmalevyllä. Myös esimerkiksi 1980-luvun diskomusiikissa kilpailtiin normaalin LP-levyn kokoisella maxi-singlellä, jonka molemmin puolin oli kaiverrettuna vain yksi 3-5 minuutin kappale. Näin lyhyillä levyillä ajallinen kesto ei vaikuttanut kaiverrustasoon ja maxi-singlet pystyttiin kaivertamaan jopa 10 dB normaalia LP-levyä äänekkäämmiksi. Laadullisesti päästiin hyviin tuloksiin, sillä vinyylin räpsyt ja kohina putosivat kuulumattomiin. Toisaalta kaikki levysoittimien soittorasiat eivät pystyneet toistamaan tällaista levyä hyppäämättä pois urasta. (Laaksonen 2009.) Tavallista LP-levyä työstäessään

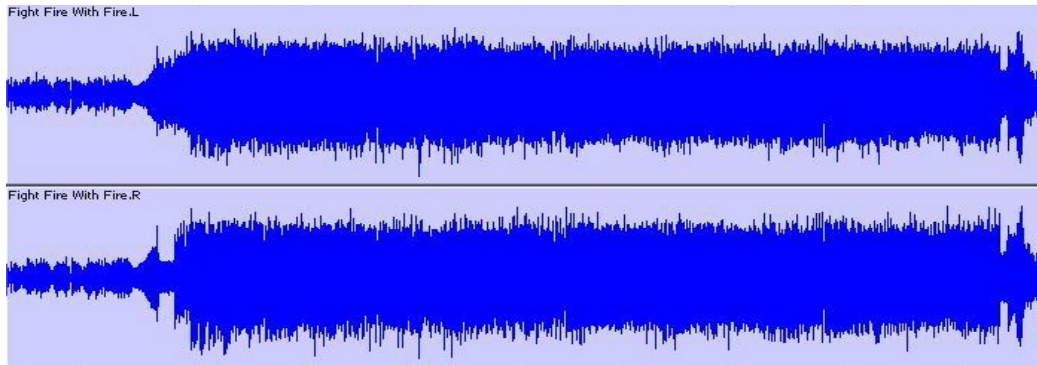
masteroijan oli kuitenkin suhteutettava volyymitasot myös levyn ajalliseen keston ja mekaaniseen äänentoistoon. CD-levy uutena formaattina oli vapaa näistä rajoitteista. Vinyyli oli kuitenkin vallitseva formaatti vielä 1980-luvun lopulle, eikä CD-levyjen äänekkyteen vielä tällöin kiinnitetty kovinkaan paljoa huomiota. CD:llä ei haluttu kilpailla vinyylin kanssa. CD:n ohitettua vinyylin myyntiluvuissa alkoi ilmestyä yhä äänekkäämpiä CD-levyjä.

Äänenpaineen nostaminen digitaalitalenteella on tietyn rajan jälkeen mahdollista ainoastaan musiikin dynamiikan kustannuksella. Rajusti kompressoimalla ja limitoimalla saadaan luonnollisen dynamiikan, joka on yksi musiikin tärkeimpiä ulottuvuuksia, tilalle jatkuvasti samalla voimakkuudella soivaa ääntä. Tällaisen äänitteen pidempi yhtäjaksoinen kuunteleminen on kuulijalle raskasta. Suurissa määrin ylikompressio ja niin sanottu tiiliseinälimitointi (*brick-wall limiting*) aiheuttaa myös korvinkuultavaa äänenlaadun heikentymistä, joskus jopa digitaalista säröytymistä. Yhtenä tärkeimpänä parannuksena aiempiin formaatteihin oli CD-levyn alun perin tarkoitus tarjota äänilevyille laaja dynamiikka-alue. Kyseessä on siis kehitys äänenlaadullisesti ja musiikillisesti huonompaan suuntaan.

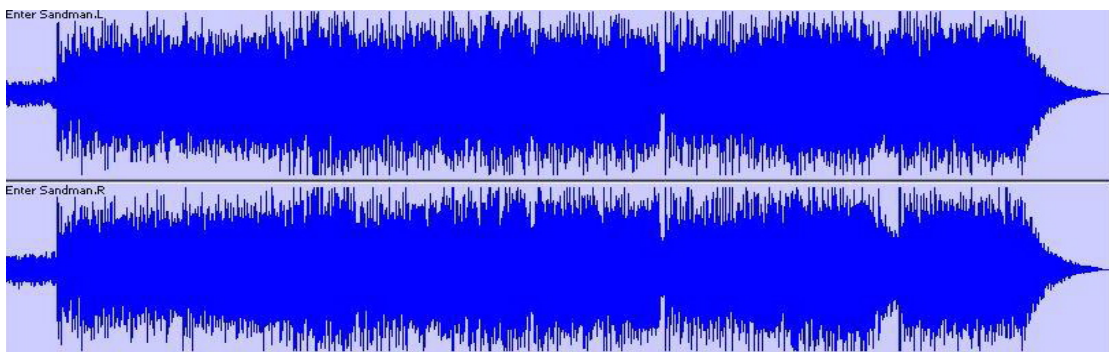
Syitä nurinkuriseen kehitykseen uskotaan olevan monia. On esitetty, että esimerkiksi autossa ja ravintolassa voimakkaasti kompressoitu musiikki kuuluu paremmin taustametelin yli tai että hiljaisella volyymillä kuunneltaessa ei hiljaisia osia saada kuuluviin levyllä, jolla on laaja dynamiikka-alue. Jotkut jopa syyttävät yksittäisiä yhtyeitä ja artisteja kuten Oasisia ja Iggy Popia volyyimisodan aloittamisesta (Sherwin 2007; Anderson 2007).

Painavin syy lienee kuitenkin muualla. 1970-luvun puolivälissä, ennen CD-aikaa, huomattiin, että radiokanavaa hakiessaan kuulija pysähtyi mieluiten sellaisen kanavan kohdalle, jolta ääni kuului voimakkaimmin. Kun kuulijoilta kysyttiin miksi he valitsivat kanavan, vastasivat he, että se kuulosti parhaimmalta. (Bassal 2005; Larmola 2007, 26.) Sama ilmiö voidaan havaita kuunneltaessa musiikkia usean levyn jukeboxilla tai MP3-soittimen shuffle-toiminnolla. Äänekkään musiikin jälkeen alkava hiljaisempi musiikki kuulostaa aluksi heiveröiseltä ja pieni nosto kappaleen äänekkydessä saa sen usein kuulostamaan hetkellisesti hieman paremmalta. Luonnollinen jatkumo tälle huomiolle on ollut ajatus, että jos pieni nosto kuulostaa hieman paremmalta, suuri nosto kuulostaa paljon paremmalta. Ja mikäli oma

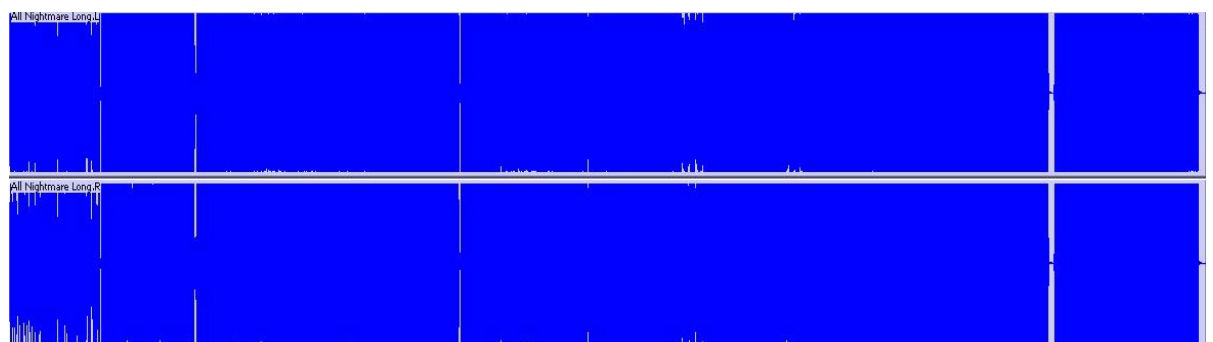
kappale soi kovemalla, eli kuulostaa paremmalta kuin kilpailijan, se luonnollisesti myös myy enemmän. (Diament.) Puhtaasti kaupallinen ajattelu onkin varmasti yksi suurimmista syistä volyymisodan takana ja kilpailu on siirtynyt masteroijien ulottumattomiin muualle äänitteiden tuotantoportaisiin (Rowan 2002; Vestman 2006).



KUVA 1. Metallican Fight Fire With Fire -kappaleen aaltomuoto vuodelta 1984.



KUVA 2. Metallican Enter Sandman -kappaleen aaltomuoto vuodelta 1991.



KUVA 3. Metallican All Nightmare Long -kappaleen aaltomuoto vuodelta 2008.

Yllä olevat kuvat toimivat esimerkkinä dynamiikan katoamisesta kaupallisilla äänitteillä. Ero äänenpaineen keskimääräisen tason ja kovimpien signaalipiikkien välillä on äänitteillä vielä vuonna 1985 ollut 18 dB, kun se nykyisin on vaivaiset 3 dB.

Toisin sanoen äänitteet soivat dynamiikan kustannuksella nykyään noin 15 dB kovemmallalla 1980-luvun äänitteisiin verrattuna.

Yleinen harhakäsitys on myös se, että mitä kovemmallalla kappale soi levyllä, sen kovemmallalla se soi radiossa ja että kappaleesta tehdään masteroimalla se mahdollisimman lujalle niin sanotusti "radio ready". Radioasemat kuitenkin kompressoivat lähetettävää musiikkia voimakkaasti saadakseen juontajan puheen ja musiikin yhtä selvästi kuuluville sekä saavuttaakseen mahdollisimman suuren taajuuspeiton. Ylikompressoitujen kappaleiden saattavatkin radiossa tapahtuvan lisäkompressoinnin jälkeen kuulostaa jopa alkuperäistä ohuemmilta ja hiljaisemmilta.

Peter Mew, Lontoon Abbey Road -studioiden masteroija, on arvellut nykytrendin olevan yksi syy CD-levyjen reilusti laskeneisiin myyntilukuihin (Larkin 2007; Sherwin 2007). Syksyllä 2008 volyyminvaihdon vaikutus nousi viimeistään levyjä ostavan yleisön tietoisuuteen Metallica'n Death Magnetic -levyn aiheuttaman keskustelun ansiosta. Yhtyeen kannattajat ärtyivät ylikompressoituihin levyihin ja internet-vetoomuksella vaadittiin maailmanlaajuisesti jopa levyn uudelleen masterointia. Yllättäen paria kuukautta myöhemmin julkaistu Guns 'n' Rosesin Chinese Democracy -levy ei kuitenkaan enää jatkanut kilpailua vaan oli dynamiikaltaan selkeästi elävämpi levy.

2.3.5 Verkkojakelu ja monikanavaformaattit

1990-luvun puolivälissä MPEG-1 Audio Layer 3 eli MP3-tiedostot alkoivat levitä internetissä. Käytettävyytensä ja pienen tiedostokokonsa ansiosta ne ovat mullistaneet musiikkiteollisuutta ja suuri osa julkaisuista on nykyään saatavilla verkon kautta myös MP3-muodossa. MP3-tiedostojen pieni koko perustuu niin sanottuun häviölliseen datapakkaukseen, jossa tiedostosta poistetaan ääneksiä, joiden uskotaan olevan kuulijalle vähemmän tärkeitä (lisää aiheesta luvussa 5.4). Aivan kuten aiempienkin formaattien kohdalla, oli masteroijien opittava saamaan parasta jälkeä aikaan myös häviöllisistä tiedostoista (Owsinski 2008, 5).

Vuosituhaten vaihteessa monikanavaääni eli 5.1 surround, suuremmat bittiresoluutiot sekä näytteenottotaajuudet toivat markkinoille uusia ääniteformaatteja ja monipuolistivat äänitys- ja miksaustyön ohella myös masterointia (Owsinski 2008, 5).

3 MASTEROIJAN STUDIO JA TYÖKALUT

3.1 Studiotila

Masterointistudio on yleensä oma, äänitys- ja miksausstudiosta erillinen studiosa, joka on akustointia ja kaiuttimia myöten juuri masterointityötä varten suunniteltu. Laadukkaat kaiuttimet oikein sijoiteltuna hyvässä akustoidussa tilassa ovat masterointityön kannalta välttämättömyys.

Studiotilan akustiikka on liian laaja aihe käsiteltäväksi perusteellisesti tässä työssä enkä siksi pysty pureutumaan siihen kovin tarkasti. Suurelta osin masterointistudion akustisiin ominaisuuksiin pätevät kuitenkin samat lainalaisuudet kuin äänitysstudioon. Studion on esimerkiksi oltava reilun kokoinen, jotta matalillakaan taajuuksilla ei tilaan pääse muodostumaan huoneresonansseja eli niin sanottuja seisovia aaltoja. Isossa tilassa kaiuttimet voidaan lisäksi sijoittaa mahdollisimman kauas seinistä, jotta seinistä, katosta ja lattiasta saapuvat ensiheijasteet eivät olisi liian voimakkaita. Tämä on suositeltavaa myös matalien taajuuksien seinäheijasteiden ja suoran äänen summautumisen välttämiseksi. Suoran äänen kanssa summautuvat myötävaiheiset heijasteet korostavat kaiuttimen bassotoistoa ja vastavaiheiset heijasteet puolestaan aiheuttavat bassovasteeseen kuoppia. Tasainen bassotoisto saavutetaan sijoittamalla kaiuttimet matalimman toistettavan aallonpituuden puolikasta kauemmas seinistä. Kaiuttimet voidaan myös upottaa kokonaan seinään, jolloin koko ongelma häviää. (Laaksonen 2009.)

Äänitysstudion tavoin masterointistudion on oltava taustamelultaan mahdollisimman hiljainen, studiossa on oltava mahdollisimman vähän heijastavia pintoja eikä kaiuttimien ja kuulijan välissä saa olla mitään esteitä. (Katz 2007, 83; Shepherd 2008a.) Yleensä studion akustointi on syytä teettää akustointialan ammattilaisella.

3.2 Monitorointi

Masterointi on paikoin kirurgimaista tarkkuustyötä ja kaiuttimet ovat masteroijan mikroskooppi (Katz 2007, 83). Kaiuttimien tarkkuus on erityisen tärkeää, jotta

pienetkin "virheet" äänessä paljastuvat kuuntelussa. Äänityksen ja miksausken monitorointiin yleisimmin käytettyjä aktiivisia lähikenttämonitoreja ei yleensä ammattimaiseen masterointistudioon ensi kädessä suositella, mutta niitäkin käytetään. Lähikenttämonitorit ovat tavallisia kotikaiuttimia tarkempia, mutta masterointiin paremmin soveltuvat kaiuttimet ovat taajuusvasteeltaan tasaisempia ja stereokuvan sekä dynamiikan toistoltaan vieläkin tarkempia ja hyvin analyttisiä kaiuttimia.

Masterointistudioon on valittava kyseiseen tilaan parhaiten sopivat kaiuttimet ja masteroijan on luonnollisesti opetettava tuntemaan kuunteluolosuhteensa tarkasti. Kaiuttimien taajuustoiston tulee olla mahdollisimman tasainen koko ihmiskorvan kuuloalueella eli 20 Hz – 20 kHz välillä ja usein ne yltävät kuuloalueen ulkopuolelle infra- ja ultraääniin asti. Erityisesti huomiota tulee kiinnittää matalien bassotaajuuksien toistoon, varsinkin silloin, kun masteroitavana on musiikkia, jossa bassolla on tärkeä rooli. Tästä syystä masterointikaiuttimet ovat yleensä suurikokoisia tai erillisellä subwooferilla varustettuja. Joskus subwoofereitakin saattaa olla kaksi matalien taajuuksien stereotoistoa varten. Kaiuttimien ja varsinkin subwooferin sijoittelussa tulee olla tarkkana, jotta stereokuva toistuu oikein eikä siinä ole aukkoja. Hyvissä kuunteluolosuhteissa stereokuva on selkeä ja hyvin erotteleva. Passiivisille kaiuttimille tarvitaan luonnollisesti laadukas vahvistin. Kaiuttimien ja vahvistimen tulee lisäksi olla riittävän suuritehoisia, jotta dynamiikka toistuu tarkasti eikä ääni säröydy kovemmalla äänenpaineella. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että masterointi olisi tarkoitus tehdä kovalla äänenpaineella.

Niin sanottuja referenssikaiuttimia masterointityössä käytetään vähemmän kuin miksatessa, mutta valmiin masterin kuunteleminen toisenlaisilla kaiuttimilla on suositeltavaa. Kuulokkeita käytetään myös vähemmän, mutta kappaleiden alku- ja loppuhäivytysten tarkistamisessa ja valmiin masterin tarkistuskuuntelussa ne ovat hyvä apuväline.

Neutraaliutensa vuoksi masterointikaiuttimet saattavat kuulostaa jopa tylsiltä ja miksausvaihtimissa hyvältä kuulostavat levyt huonommilla masterointistudiossa. Mikäli levy kuulostaa hyvältä masterointikaiuttimissa se soveltuu hyvin myös mita erilaisimmille kaiuttimille ja kuunteluolosuhteille. Oikeanlaisella monitoroinnilla masterointityö on huomattavasti helpompaa silloin, kun hienovaraisemmatkin

taajuuskorjaukset, dynamiikkaprosessointi ja muutokset stereokuvassa ovat selkeästi havaittavissa. Huonoissa kuunteluolosuhteissa masteroija saattaa erehtyä esimerkiksi tekemään vääränlaisia taajuuskorjauksia kaiuttimien värittyneen taajuusvasteen vuoksi. (Katz 2007, 83–87; Owsinski 2008, 18–20; Shepherd 2008b.)

3.3 Digitaalinen audiotyöasema

Useimpien äänitysstudioiden tapaan myös masterointistudioista löytyy äänityöasema (*digital audio workstation, DAW*) eli tietokone, joka on varustettu työtä varten tarvittavilla ohjelmilla. Tietokone voi olla tavallinen PC- tai Macintosh-tietokone tai nimenomaan äänityöasemakäyttöön suunniteltu erikoisvalmisteinen laite (Laaksonen 2006, 377).

Masteroija käyttää tietokoneohjelmia editointiin, äänen prosessointiin ja levyn koodaukseen. Editointiin käy periaatteessa mikä tahansa äänityspoolen äänieditori, mutta silloin on esimerkiksi CD-levyn datakanaville tehtävää PQ-koodausta varten oltava erillinen ohjelma, jolla koodaaminen on mahdollista (PQ-koodauksesta tarkemmin luvussa 4.7). Masterointia varten erikseen suunnitellut ohjelmat pitävät sisällään kaikki tarvittavat koodaustoiminnot ja niillä pystyy lisäksi valmistamaan monistusta varten niin sanotun DDP-tiedoston, joka on CD-R -levyä luotettavampi tapa toimittaa valmis master tehtaalle. Masterointiohjelmissa editointiominaisuudet ja esimerkiksi fade-toiminnot ovat yleensä myös erinomaiset.

Erilaisia ohjelmistokombinaatioita käytetään myös yleisesti. Jokaisella masteroijalla on omat suosikkinsa myös ohjelmien puolella. Masterointia varten suunniteltuja masterointiohjelmistoja valmistavat muun muassa edellä mainittu Sonic Solutions, SADiE ja Cube-Tec (Owsinski 2008, 30).

3.4 Signaaliprosessorit

Audiosignaalin käsittelyyn masteroinnissa käytetään miksauspuolelta tuttuja signaaliprosessoreita. Yleisimmin käytettyjä prosessoreita ovat taajuuskorjaimet eli ekvalisaattorit ja dynamiikkaprosessorit eli kompressorit ja limiterit. Masteroija

saattaa tarvita työssään joskus myös efektilaitteita, kuten kaikulaitteita. Erilaisia ohjelmistoja ja laitteita käytetään myös esimerkiksi häiriöäänten poistamiseen (*noise reduction*) ja stereokuvan leveyden manipulointiin.

Prosessointiin käytetään nykyisin analogisia ja digitaalisia laitteita sekä tietokoneen sisällä toimivia plug-in -prosessoreita. Monet masteroijat suosivat erityisesti taajuuskorjauksessa ja dynamiikkaprosessoinnissa kuitenkin kalliita analogisia laitteita niiden ominaissoundin takia. Masterointistudiosta löytyykin yleensä miksausstudion tavoin pino valikoituja prosessoreita.

3.5 Mittarit

Erilaisten audiomittareiden ja niiden toimintojen kirjo on laaja. Tavallisimmin käytössä ovat erilaiset tasomittarit, taajuusanalysointorit sekä vaihe- eli korrelaatiomittarit. Vaikka masterointi on korvin tehtävää työtä, auttavat mittarit masteroijaa tarkastelemaan äänessä tapahtuvia muutoksia myös visuaalisesti.

3.5.1 Tasomittarit

Tasomittareiden avulla tarkastellaan äänitteen dynamiikkaa eli sen äänekkäimpien ja hiljaisimpien kohtien eroja. Tasomittarit auttavat myös äänitteen yleisvolyymitason säätämisessä ja niiden avulla on hyvä varmistaa, että ääni ei säröydy. "Toimintaperiaatteensa (joko analoginen tai digitaalinen) lisäksi tasomittareita luokitellaan myös sen mukaan, miten nopeasti ne reagoivat signaalin muutoksiin. Mittari saattaa lukea joko signaalin hetkellistä huippuarvoa (PPM-mittarit), tehollista arvoa (VU-mittarit) tai keskiarvoa." (Laaksonen 2006, 155.)

Nopeasti reagoivat mittarit eli niin sanotut huippuarvomittarit (*peak meter*) paljastavat mahdollisen ylioheijauksen ja siitä johtuvan äänen säröytymisen parhaiten. Nopeiden transienttiäänten ylioheijautumisen tarkkailuun nopeasti reagoivat mittarit ovatkin ainoa vaihtoehto (kuvat 5 ja 6). Mikäli mittari ei reagoi tarpeeksi nopeasti transienttiääneen, on mahdollista, että signaali säröytyy ilman, että mittari havaitsee ylioheijauksen.

Erityisesti digitaaliäänessä säröytyminen on estettävä, sillä digitaalisärö on epämiellyttävän kuuloista, eikä esimerkiksi CD-normi salli huipputasoa ylitystä.

Huippuarvomittarit ovat huonoja vertailukohtia äänekkyyttä mitattaessa, sillä ihmiskorva toimii enemmän hitaasti reagoivan mittarin tavoin. Siksi hitaasti reagoivat mittarit ovatkin äänityöläisten suosiossa äänekkyyttä tarkastellessa. Esimerkiksi vanhanaikainen VU-mittari on hitaasti reagoiva mittari, joka näyttää signaalin tehollista arvoa eli niin sanottua RMS-arvoa (root mean square). RMS-arvoa näyttävä mittari on masteroijalle tärkeä, sillä se kertoo parhaiten signaalin korvin kuultavan yleisvoimakkuuden (kuva 6).

3.5.2 Spektrianalysaattorit

Spektrianalysaattorit eli taajuusanalysaattorit kertovat signaalin voimakkuuden eri taajuusalueilla. Yleisimmin masteroinnissa käytetään niin sanottuja reaaliaikaisia taajuusanalysaattoreita (*real time analyzer, RTA*), joiden näytöllä ihmisen kuuloalue on jaettu taajuuskaistoihin. Mittaroitujen taajuuskaistojen leveys vaihtelee oktaavista 1/3 oktaaviin ja joskus jopa vielä kapeampiin kaistoihin (Laaksonen 2006, 165). Tällaisen laitteen mittausnopeus on usein säädettävissä ja sillä voi kätevästi tarkastella nopeita iskuääniä jollain tietyllä taajuudella tai jonkin isomman taajuusalueen suhdetta muihin.

Muunlaisia spektrianalysaattoreita ovat esimerkiksi erilaiset spectrogrammit, jotka piirtävät värikkäitä kuvioita tai jopa kolmiulotteisia kuvia äänen spektristä. Spektrianalysaattorit auttavat taajuuskorjauksessa masteroijaa havaitsemaan ongelmia äänitteen taajuusvasteessa ja löytämään häiriöäänten taajuuksia.



KUVA 4. Roger Nicholisin suunnittelema Inspector -mittari jonka yläosassa spektrianalysointtori. Spektrianalysointtorin vaak-akselilla kuuloalueen taajuudet hertseinä ja pystyakselilla äänenvoimakkuus desibeleinä.

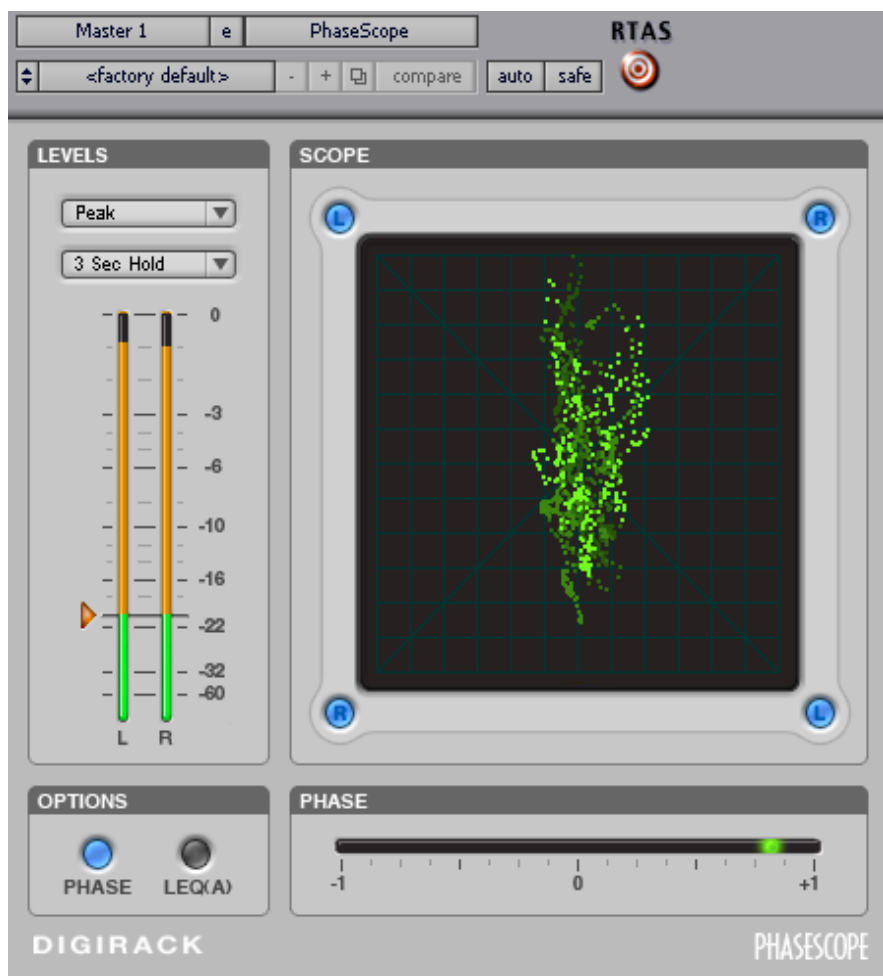
3.5.3 Vaihemittarit

Vaihemittari paljastaa äänitteen monosopivuuden ja mahdolliset vaihevirheet. Monosopivuudella tarkoitetaan sitä, miten stereoksi miksattu äänite muuttuu monokuuntelussa. Musiikkia kuunnellaan edelleen yksikaiuttimisista monofonisista tv- ja radiovastaanottimista. Lisäksi pienten kapeasti aseteltujen stereokaiuttimien, esimerkiksi kannettavan tietokoneen sisäisten kaiuttimien, toisto on jo hieman kauempaa kuunneltuna monofonista.

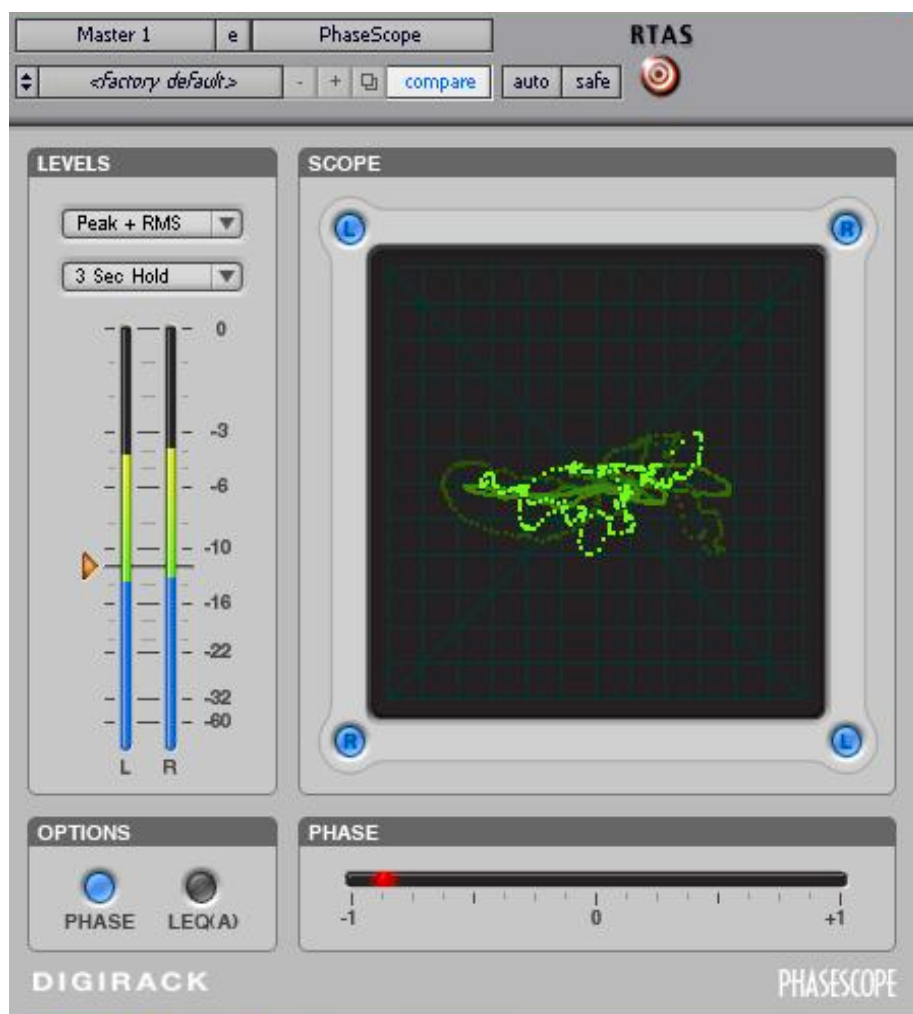
Vasemman ja oikean kanavan signaalien ollessa suurimmaksi osaksi saman vaiheiset, on monosopivuus hyvä. Vaihemittari näyttää tällöin positiivista arvoa (kuva 5). Mikäli kanavien signaalit ovat vastavaiheiset, kääntyy mittari negatiiviselle puolelle (kuva 6). Vastavaiheisuuden ollessa jatkuvaa, on vaarana, että monokuuntelussa

signaalista kumoutuu taajuuksia signaalien summauksen yhteydessä ja äänite toistuu vastaanottimessa huonosti.

Goniometri on laite, jolla vaiheistusta voi tarkkailla laitteen näytön X- ja Y-koordinaatistolle piirytvästä kuviosta. Kuvio auttaa havaitsemaan vaihevirheet ja stereokuvan kallistumat. (Laaksonen 2006, 165.)



KUVA 5. Digidesignin Phasescope, jossa vasemmalla huippuarvomittariksi asetettu tasomittari (levels), oikealla goniometri (scope) ja alhaalla vaihemittari (phase). Kuvassa audiosignaali on myötävaiheinen.



KUVA 6. Vastavaiheinen signaali Digidesignin Phasescopessa. Tasomittari näyttää sekä huippuarvoa (*peak*), että tehollista RMS-arvoa.

4 MASTEROINTITYÖN VAIHEITA

4.1 Taajuuskorjaus eli ekvalisointi

Ekvalisaattorit eli taajuuskorjaimet ovat masteroijan tärkeimpiä työkaluja äänen muokkaamisessa. Käytössä ovat sekä analogiset korjaimet että digitaaliset plug-in – ekvalisaattorit. Ekvalisaattorien soundeissa on suuria eroja ja käyttötarkoitukseen sopivin korjain löytyy kuuntelemalla ja kokemuksesta. Bobby Owsinski sanoo kirjassaan *The Audio Mastering Handbook* (2008, 239), että masteroinnissa suositetaan analogisia korjaimia, joissa säätökytkimet toimivat portaattomien säätimien sijaan asteittaisesti. Tällöin asetukset voidaan toistaa mahdollisimman tarkasti.

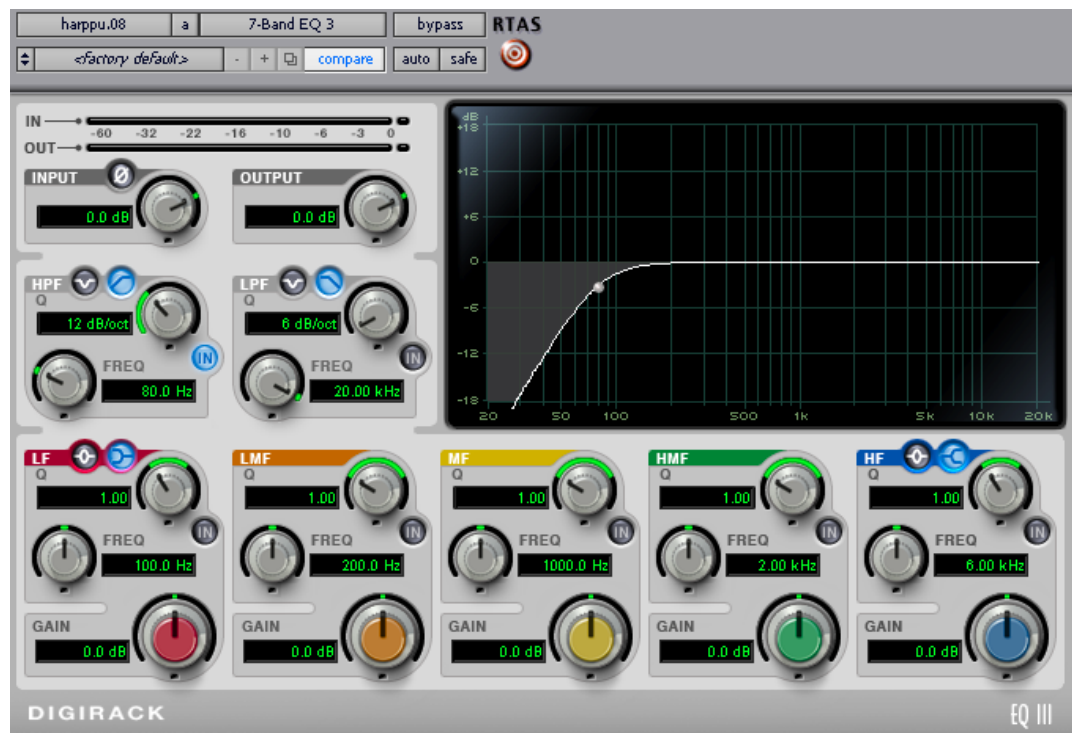
Masteroinnissa tehtävä taajuuskorjaus eroaa äänitys- ja miksausvaiheen vastaavasta. Masteroinnissa ekvalisoinnilla pyritään saattamaan eri taajuusalueet tasapainoon ja tärkein tehtävä onkin karkeasti yleistäen saattaa matalat, keski- ja korkeat taajuudet soimaan sopivassa suhteessa keskenään (Shepherd 2008c). Ekvalisaattoreilla poistetaan äänitteestä myös tarpeettomia häiriöääniä ja pienennetään resonanssien vaikutusta. Masteroija käyttää ekvalisaattoria maltilla ja suurella tarkkuudella, säätäen joskus jopa desibelin kymmenyksiä. Äänitettäessä ja miksattaessa taajuuskorjaukset saattavat olla suuriakin, masteroinnissa yli kolmen desibelin korjauksia tehdään harvemmin.

Suosituin korjaintyyppi masteroinnissa on täysiparameterinen korjain, jolla voi tarvittaessa tehdä sekä tarkkoja kapeaan taajuusalueeseen kohdistuvia leikkauksia että suurempia laajan taajuusalueen muokkauksia (Katz 2007, 105). Täysiparametrisessä korjaimessa haluttu taajuusalue, korjattavan taajuuskaistan leveys eli Q-arvo ja korjauksen suuruus ovat kaikki portaattomasti säädettävissä. Puoliparametrisessä ekvalisaattorissa säätömahdollisuuksia on vähemmän, jolloin esimerkiksi taajuusalue ja Q-arvo ovat kiinteitä. Tyypillisiä korjaimia ovat yli- ja alipäästösuotimet, hyllykorjaimet ja kellokorjaimet.

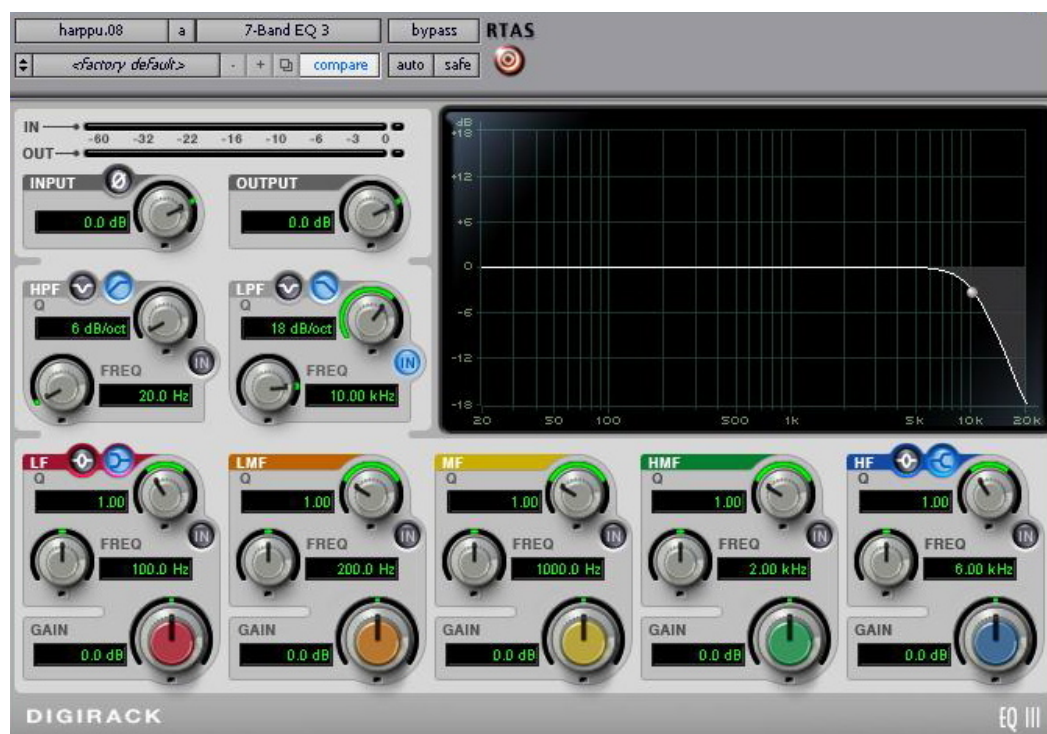
4.1.1 Yli- ja alipäästösuotimet

Yli- ja alipäästösuotimia (*high-pass* ja *low-pass filters* tai *HPF* ja *LPF*) käytetään poistamaan tarpeettomia ja haitallisia matalia ja korkeita taajuuksia. Suotimet toimivat määritellyn rajataajuuden ala- tai yläpuolella vaimentaen haluttua taajuusaluetta kokonaisvaltaisesti. Tarkkaa kirurgista työtä niillä ei siis voi tehdä, mutta ylipäästösuotimet soveltuvat mainiosti poistamaan äänitteelle jääneitä hyvin matalia häiriöääniä ja alipäästösuotimet puolestaan vaimentamaan korkeita sihinöitä (Katz 2007, 107). Käytännöllisimpiä yli- ja alipäästösuotimet ovatkin juuri kuuloalueen ääripäissä.

Suotimen rajataajuudella tarkoitetaan taajuutta, jossa taajuusvaste on jo muuttunut 3 dB:n verran. Suodin vaimentaa haluttua taajuuskaistaa tästä eteenpäin tietyllä tehokkuudella, jota mitataan yksikköinä dB/oktaavi. (Laaksonen 2006, 319.)



KUVA 7. Ylipäästösuodin rajataajuudella 80 Hz, 12 dB/oktaavi -jyrkkyydellä.



KUVA 8. Alipäästösuodin 10 kHz rajataajuudella, 18 dB/oktaavi -jyrkkyydellä.

4.1.2 Hyllykorjaimet

Hyllykorjaimia (*shelving equalizer*) käytetään rajataajuuden ylä- tai alapuolisten matalien tai korkeiden taajuusalueiden kokonaisvaltaiseen korostamiseen tai hiljentämiseen. Korjaimen rajataajuuden ylä- tai alapuolella olevaa taajuusaluetta nostetaan tai lasketaan kokonaisuudessaan ja korjauksen määrä pysyy samana taajuusalueen päähän asti. Hyllykorjaimen korjauksen jyrkkyyttä voidaan joskus myös muokata. Hyllykorjaimista löytyy tällöin joko säädin Q-arvolle tai suotimista tutulle dB/oktaavi -arvolle.

Hyllykorjaimellakaan ei tehdä tarkkuustyötä vaan pikemminkin hyvin kokonaisvaltaisia muutoksia. Jos esimerkiksi korkeiden ja matalien taajuuksien suhde on miksauksen jälkeen pielessä, on hyllykorjaimesta apua (kuva 9). Hyllykorjaimet ovat suotimien tavoin masteroinnissa käytössä pääosin kuuloalueen ääripäissä.

Tavallisesta hyllykorjaimesta on olemassa pari varsin käyttökelpoista varianttia, Michael Gerzonin psykoakustisiin tutkimuksiin perustuva *resonant shelf* ja Peter

Baxandallin mukaan nimetty *Baxandall curve*. Gerzonin hyllykorjaimen muodostuu korjauksesta riippuen rajataajuuden toiselle puolelle pieni vaimennus haluttua taajuusalueetta korostettaessa tai korostus taajuusalueetta vaimennettaessa (kuva 10). Baxandallin korjainta käytetään hyllykorjaimen tavoin mutta se jatkaa rajataajuuden jälkeen hienovaraista nousemista tai laskemista vaakasuoran hyllyn sijaan. Bob Katz suosittelee kirjassaan *Mastering Audio, The Art And The Science* (2007), Baxandall-korjaimen käyttöä erityisesti etsittäessä äänitteeseen ”ilmavuutta” erittäin korkeilta taajuuksilta. Baxandallin versio hyllykorjaimesta on suosittu, koska sen sanotaan tuottavan tavallista hyllykorjainta luonnollisemman lopputuloksen (Katz 2007, 106–107).



KUVA 9. Vaihelineaarinen ekvalisaattori matalien taajuuksien hyllykorjainasetuksella.

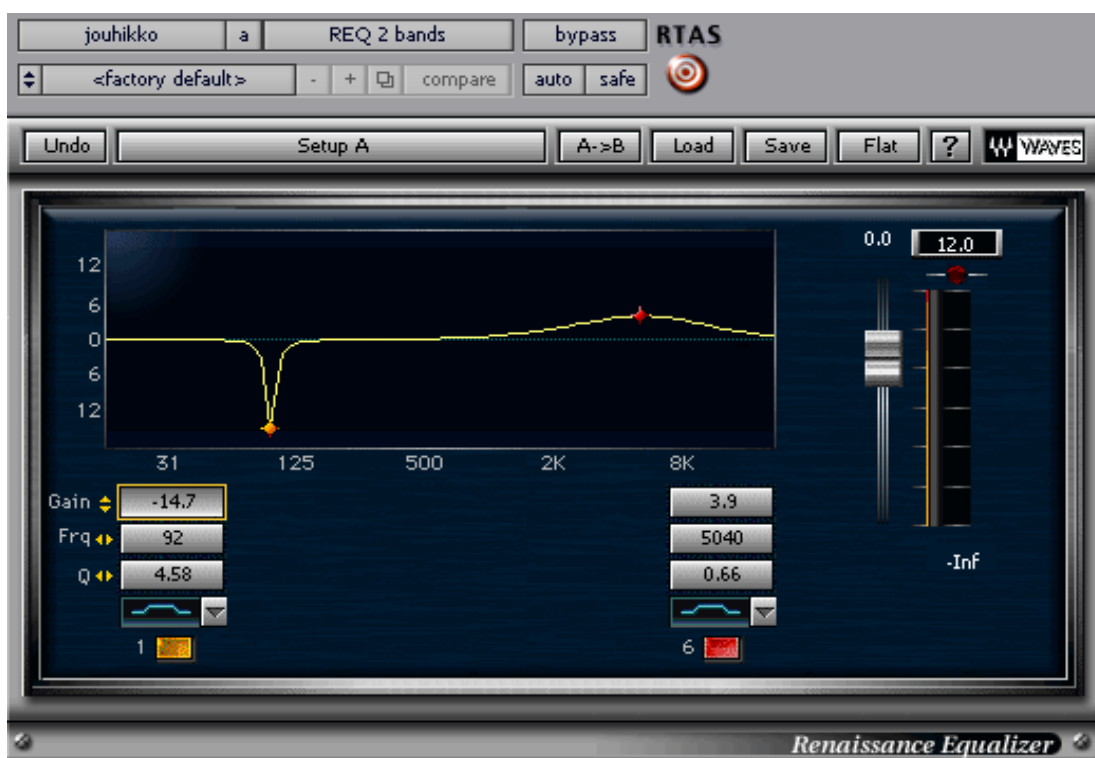


KUVA 10. Gerzon-hyllykorjainasetuksia.

4.1.3 Kellokorjaimet

Kellokorjaimella (*bell curve equalizer*) nostetaan tai lasketaan jotain tiettyä taajuusalueetta. Kellokorjaimen taajuusalueen leveys eli Q-arvo, haluttu taajuus ja korjauksen määrä on täysiparametrisessa ekvalisaattorissa säädettävissä tarkasti ja portaattomasti ja sillä voidaan tarvittaessa päästä käsiksi hyvinkin pieneen taajuusalueeseen käyttämällä suurta Q-arvoa. Tällöin saatetaan myös puhua niin sanotusta piikkisuotimesta (*notch filter*).

Kellokorjaimella voidaan masteroinnissa vielä yrittää parannella yksittäistenkin soittimien sointia, poistaa yksittäisiä häiriötaajuuksia sekä resonansseja ja tehdä kokonaisvaltaisempia korjauksia, esimerkiksi tarvittaessa selkeyttää äänikuvaa manipuloimalla matalia keskitaajuuksia.



KUVA 11. Kellokorjainasetuksia. Kuvassa matalilla taajuuksilla suuren Q-arvon kapea leikkaus ja korkeilla taajuuksilla pienen Q-arvon leveä korostus.

4.1.4 Vaihelineaariset ekvalisaattorit

Niin analogiset kuin digitaalisetkin ekvalisaattorit aiheuttavat hieman vaihesiirtymää. Tämä tarkoittaa sitä, että korjattavan taajuuden signaali viivästyy hieman korjattaessa. Eniten vaihesiirtymää aiheuttavat korjaukset pienellä kaistanleveydellä eli suurella Q-arvolla.

Siirtymää kompensoimaan on kehitetty niin sanottuja vaihelineaarisia ekvalisaattoreita (*linear-phase equalizer*), jotka aiheuttavat mahdollisimman vähän tai eivät lainkaan vaihesiirtymää. Vaihelineaariset korjaimet ovat nykyään suosittuja erityisesti masterointikäytössä.

4.1.5 Dynaamiset ekvalisaattorit

Dynaamiset taajuuskorjaimet säädetään korjaamaan tiettyä taajuusaluetta dynaamisesti eli äänenvoimakkuuden mukaan. Valittua taajuusaluetta käsitellään

kappaleen edetessä eri tavoin riippuen siitä, onko äänenpaine määritellyn kynnyksarvon (*threshold*) ylä- vai alapuolella. Dynaamista taajuuskorjausta voidaan tehdä dynaamisten korjaimien lisäksi myös monikaistaisella kompressorilla (*multiband compressor*) ja S-limiterillä (*de-esser*). Monikaistaisella kompressorilla päästään dynaamisesti käsiksi eri taajuusalueisiin ja tällöin laite voidaan asettaa vaimentamaan esimerkiksi vain tietyn taajuusalueen rajuimpia signaalipiikkejä. (Katz 2007, 112.) S-limiteri puolestaan on suunniteltu erityisesti laulajien äänen korkeimpien taajuuksien, kuten s-kirjaimen aiheuttamien sihadusten, siistimiseen. S-limiterillä voidaan masterointivaiheessa kontrolloida myös koko tallenteen korkeita taajuuksia määrätyillä äänenvoimakkuuksilla. (Owsinski 2008, 32.)

4.2 Dynamiikkaprosessointi

Dynamiikkaprosessointi on signaaliprosessoinnin toinen varsin tärkeä osa-alue. Dynamiikka-alueella tarkoitetaan äänitteen hiljaisimman ja voimakkaimman mahdollisen kohdan eroa, jota mitataan desibeleissä. Jokaisella formaatilla on oma dynamiikka-alueensa, jonka sisälle levyn dynamiikan ääripäiden tulee mahtua (katso taulukko 1). Analogisella tallenteella dynamiikka-alueen laajuuden määrää niin sanottu häiriöetäisyys eli signaali-kohina-suhde (*signal-to-noise ratio*), jota mitataan myös desibeleissä. Häiriöetäisyydellä tarkoitetaan äänen voimakkaimman mahdollisen (tai sovitun) tason eli säröytymisen rajan ja hiljaisimman mahdollisen tason eli kohinarajan välistä suhdetta (Laaksonen 2006, 59). Digitaalitalenteella häiriöetäisyys ja dynamiikka-alue määräytyvät digitoinnissa käytettävän bittiresoluution mukaan. Bittiresoluution määräämä häiriöetäisyys on mahdollista digitaalitekniikassa ylittää käyttämällä hyödyksi niin sanottua dither-kohinaa (lisää luvussa 4.6).

TAULUKKO 1. Eri tallenneformaattien dynamiikka-alueet. Vinyylilevyllä alueen laajuus riippuu levystä, kasetilla nauhan laadusta ja kohinanvaimennuksesta. Ihmiskorvan dynamiikka-alue on noin 140 dB. (Ballou 1998, 71, 914; Huber & Runstein 2005, 459; Laaksonen 2006, 58–59, 82, 332.)

Formaatti	Dynamiikka-alueen laajuus	Tallennuksen muoto
DVD-Audio	145,8 dB	24-bittinen
Super Audio CD	120 dB	1-bittinen DSD
CD-levy	97,8 dB	16-bittinen
Vinyylilevy	n. 50-75 dB	analoginen
C-kasetti	n. 50-70 dB	analoginen

Käytännössä kunkin formaatin häiriöetäisyyden tarjoama laajin mahdollinen dynamiikka-alue on kuitenkin harvoin kokonaan käytössä. Levyllä käytettävän dynamiikan laajuuteen vaikuttavat musiikkityyli ja ajateltu kuunteluympäristö. Akustisen musiikin tallenteilla dynaamiset vaihtelut ovat yleensä laajempia kuin esimerkiksi raskaan rock-musiikin levyillä. Tanssilattioille sopivan musiikin dynamiikkaa supistetaan, jotta poljento kantaa hiljaisemmissakin osissa taustametelin ylitse. Klassisessa musiikissa dynamiikka-alueen laajuus on laajimmin käytössä ja dynamiikkaa prosessoidaan vähemmän. Mitään musiikkia tuskin on mahdollista rajata vain yhteen kuunteluympäristöön, joten kompromisseja on pakko tehdä myös dynamiikan käsittelyn suhteen.

Dynamiikkaa voidaan käsitellä manuaalisesti esimerkiksi miksauspöydän liu'ulla tai ääniohjelmien volyymiautomaatiolla, mikäli yksinkertaisesti halutaan saada hiljaisemmat kohdat kappaleesta voimakkaammaksi tai voimakkaat hiljaisemmiksi. Supistettaessa kappaleen dynamiikka-aluetta, otetaan yleensä käyttöön myös dynamiikkaprosessorit. Kompressorit ja limiterit ovat masteroijan perustyökaluja ja yleensä masteroijan signaaliketjusta löytyy molemmat laitteet. Sekä analogisia että digitaalisia laitteita käytetään, joskin useimmat masteroijat vannovat jälleen analogisten kompressoreiden nimeen.

Digitaalajan tiiliseinälimitterit ja monikaistainen kompressointi ovat mahdollistaneet, ja siten osin johtaneet ylikompressointiin, joka on haitallista niin musiikillisesti kuin äänenlaadunkin kannalta. Aina dynamiikkaprosessointia ei edes tarvita ja sillä tulisikin aina olla selkeä tarkoitus ainoastaan paremman lopputuloksen puolesta.

4.2.1 Kompressointi

Kompressoimalla tasoitetaan masteroinnissa kappaleen dynamiikkaa, jolloin kappaleen hiljaiset kohdat voimistuvat suhteessa äänekkäisiin. Kompressoimalla haetaan yleensä myös täyteläisempää ja napakampaa yleissoundia ja samalla usein saadaan miksausken yksityiskohdat paremmin esiin. Kompressoria voidaan käyttää myös signaalipiikkien tasoittamiseen, mutta yleensä tämä työ hoituu varmemmin limiterillä.

Kompressorin käyttö masteroinnissa on jonkin verran erilaista kuin miksausessa. Masteroinnissa käytetyt kompressiosuhteet (*ratio*) ovat yleensä hienovaraisempia kuin miksatessa. Yleisimmin käytetään kompressiosuhteita 1,5:1 ja 3:1 väliltä. Joskus masteroijat käyttävät hyvin pientä kompressiosuhdetta (1,1:1 – 1,4:1), mutta asettavat kompressorin kynnyksarvon (*threshold*) hyvin alhaiseksi, jolloin kompressoritasoittaa dynamiikkaa kevyesti ja melko huomaamattomasti (Katz 2007, 126; White 2001). Kompressiokynnyksen muotona käytetään yleensä masteroinnissa pehmeää (*soft knee*) (White 2001; Walker 2001).

Monikaistainen kompressorit on laite, joka jakaa kuuloalueen kahteen tai useampaan taajuusalueeseen ja kompressoit eri taajuusalueita erikseen. Tällöin on mahdollista säätää kompressorit käsittelemään eri taajuusalueita eri asetuksin. Monikaistainen kompressorit vaikuttaa taajuusalueisiin dynaamisesti ja toimii siten tavallaan myös taajuuskorjaimena. Monikaistaisen kompressorin taajuuskaistojen välille aiheutuu prosessoinnissa vaihe-eroja. Markkinoilla on tästä syystä myös vaihelineaarisia monikaistaisia kompressoreita, joissa vaihesiirtymä on pyritty minimoimaan.



KUVA 12. Wavesin vaihelineaarinen monikaistakompressor.

4.2.2 Limitointi

Limitteri toimii pääpiirteittäin kompressorin tavoin, mutta sen kompressiosuhde on hyvin suuri (vähintään 10:1) ja toiminta-ajat (*attack* ja *release*) ovat erittäin nopeat. Limitterillä varmistetaan, että signaalipiikit eivät säröydy eli ylitä 0 dBFS (full scale) rajaa missään vaiheessa ja samalla huolehditaan, että kappaletta lopulta soi riittävän lujaa. Limitoinnilla ei juuri parannella enää yleissoundia.

4.2.3 Ekspansointi

Ekspanderista löytyy samannimiset säätimet kuin kompressorista, mutta se toimii vastakkaisella periaatteella. Ekspanderi hiljentää musiikin hiljaisia osia entisestään suhteessa voimakkaisiin. Masteroinnissa niin sanotulla peak unlimiting -tekniikalla voidaan yrittää saada lisää elävyyttä ja dynamiikkaa musiikkiin, mikäli kappaletta on esimerkiksi miksatessa kompressoitu liian rajusti. Tällöin ylikompressoitua materiaalista etsitään jäljellä olevia transienttiäänä ja ekspansoidaan näiden äänten

alukkeet. (Laaksonen 2009.) Ekspanderilla voidaan saada myös hyviä tuloksia haettaessa lisää elävyyttä kappaleen rytmiikkaan (Katz 2007, 136).

4.2.4 Normalisointi

Normalisointi on monesta ääniohjelmasta tuttu toiminto, jossa äänitiedostosta etsitään voimakkain kohta ja nostetaan koko tiedoston äänenvoimakkuutta siten, että voimakkain kohta saadaan soimaan halutulla voimakkuudella, yleensä mahdollisimman äänekkäästi. Normalisointi vaikuttaa näin päällepäin helpolta tavalta saada levyn kappaleet soimaan suunnilleen samalla voimakkuudella. Normalisoimalla ei kuitenkaan saada kovin hyviä tai musikaalisia tuloksia säädettäessä levyn kappaleiden äänenvoimakkuussuhteita. Ihmiskorva aistii äänen voimakkuuden ennen kaikkea kappaleen keskimääräisen äänenvoimakkuuden mukaan eikä niinkään hetkellisten signaalioppiikkien mukaan johon normalisointi perustuu. Lisäksi normalisointi heikentää äänen laatua jonkin verran eikä normalisointi näistä syistä yleensä ole kannattava tai tarpeellinen toimenpide. (Owsinski 2008, 41.)

4.3 Muu prosessointi

Taajuuskorjauksen ja dynamiikkaprosessoinnin lisäksi masteroinnissa on mahdollista puuttua myös muihin kuulokuvaan vaikuttaviin asioihin. Usein masteroija joutuu poistamaan kappaleista niihin syystä tai toisesta jääneitä häiriöääniä (*noise reduction*). Yleistä on myös tasapainottaa stereokuvan vasen-oikea -tasapainoa ja joskus myös niin sanottua MS-tasapainoa (lyhenne sanoista mid/side tai mono/stereo) eli stereokuvan keskeltä ja laidoilta kuuluvan ääni-informaation suhdetta. Stereokuvaa on mahdollista myös keinotekoisesti levittää tai kaventaa erillisillä prosessoreilla. Joskus saatetaan vielä masterointivaiheessa lisätä koko levyille tai yksittäisiin kappaleisiin hieman yleiskaikua.

4.3.1 Kohinanpoisto

Levyn kappaleisiin saattaa jäädä miksauksen jälkeenkin häiriöääniä, kuten risahduksia, äänitysstudion ilmastoinnin huminaa, sähkölaitteiden aiheuttamaa verkkohurinaa tai muuta levyille kuulumatonta ääntä. Kompressointi nostaa yleensä häiriöääniä kuuluville miksaus- ja masterointivaiheissa. Joskus uusintajulkaisuja CD:lle masteroitaessa levyjen alkuperäiset masternauhat ovat päässeet huonoon kuntoon tai masternauhoja ei enää ole, ja masterointia varten etsitään käsiin mahdollisimman vähän soitettu vinyylilevy tai jopa C-kasetti. Tällöin masteroija joutuu tekemään entisöintityötä saadakseen levyn julkaisukelpoiseen kuntoon. Kohinanpoistolla tarkoitetaan tässä yleisesti kaikkien häiriöäänten poistoa (*noise reduction*).

Ekvalisaattori on hyvä perustyökalu häiriöiden poistamiseen, mutta tarkempaa työtä varten on olemassa häiriöiden poistoon varta vasten suunniteltuja ohjelmia, jotka hyvin säädettyinä eivät muuta sointikuvaa, mutta parantavat häiriöetäisyyttä huomattavasti. Tällaisia laskennallisia kohinanpoistajia käytettäessä ohjelmalle annetaan näyte kohinasta eli tyhjästä taustasta ilman musiikkia. Tämän jälkeen ohjelma osaa näytteen perusteella poistaa musiikista vastaavat osat pois vastavaiheessa. Analogiaikana tällaiseen kohinanpoistoon käytettiin niin sanottua dynaamista suodinta (*dynamic filter*), joka on käytännössä jakosuodin, jonka rajataajuus liukuu sisääntulevan signaalin mukaan. Dynaamisessa suotimessa jakosuotimen jälkeinen diskanttialueen ekspanderi siistii signaalista häiriötaajuuksia pois. (Laaksonen 2009.)

Yleensä häiriöäänät kuuluvat selvimmin kappaleiden hiljaisissa kohdissa, kuten aluissa ja loppuissa, mutta peittyvät äänekkäimmissä musiikin alle. Hyvin matalilla taajuuksilla olevat häiriöäänät on helppo saada kuriin käyttämällä ekvalisaattoria matalien taajuuksien leikkurina. Plug-in-automaation avulla ekvalisaattoria ja laskennallisia kohinanpoistotyökaluja voi käyttää myös hetkellisesti yksittäisten ongelmakohtien parantamiseksi. Ekvalisaattorilla voi yrittää poistaa myös muilla taajuusalueilla olevia häiriöitä, mikäli niillä on havaittavissa jokin selkeä melko yksittäinen taajuus. Pienet muutaman samplen mittaiset risahdukset on monesti mahdollista poistaa käyttämällä äänieditorin signaalinpiirtotyökalua. Häiriöääniä ei myöskään aina tarvitse poistaa, mikäli ne eivät todella ole musiikillista elämystä

häiritseviä. Joskus asiaankuulumattomat sivuäänet saattavat jopa korostaa äänitteen luonnetta.

4.3.2 Stereokuvan tasapaino

Yleensä stereoäänitteen vasemmasta ja oikeasta kanavasta kuullaan musiikkia yhtä lujalla. Tällöin stereokuvan sanotaan olevan tasapainossa eikä se kallistu kummallekaan puolelle. Äänitteen stereokuvan tasapainoa korjataan, mikäli vasen tai oikea kanava soi jatkuvasti ilman selkeää syytä toista lujemmalla. On luonnollista, että esimerkiksi soitinsoolojen aikana toinen kanava soi hetkellisesti toista lujemmalla. Myös joidenkin akustisen musiikin kokoonpanojen stereokuva saattaa olla jatkuvasti hieman kallellaan, mikäli esimerkiksi basso kuuluu pääasiassa jommasta kummasta laidasta. Kokeellisilla ja retrohenkisillä äänitteillä saattaa olla samoin. Tällöin kallellaan oleva stereokuva kuuluu soundiin eikä sitä ole tarpeen korjata. Kovin suuria korjauksia on vaikea tehdä ilman, että stereokuvan keskeltä kuuluva ääni-informaatio siirtyy laidemmaksi, mutta yleensä hyvin pieni korjaus riittää oikean kanavatasapainon löytämiseen.

Joskus on tarpeen korjata myös stereokuvan keskeltä kuuluvien äänten ja laitojen suhdetta, mikäli esimerkiksi laulu on jäänyt liian alas miksauksessa. MS-matrisoinnilla on mahdollisuus erottaa stereoraidasta keski- ja sivukanava, tehdä tarvittava korjaus ja palauttaa äänite korjattuna tavalliseen stereomuotoon. Samalla voidaan myös tehdä keski- ja sivukanaville muuta säätöä, esimerkiksi erillistä taajuuskorjausta tai kompressointia. Kovin suuria korjauksia on jälleen vaikea tehdä, sillä stereokuvan keskeltä kuuluu yleensä paljon muutakin kuin asia, jota halutaan korjata ja MS-korjaukset vaikuttavat yleensä myös stereokuvan leveyteen.

4.3.3 Kaiut

Yleiskaikua voidaan masteroinnissa lisätä, mikäli miksaukset kuulostavat liian kuivilta ja kaiuttamalla niitä hieman saadaan paremman kuuloinen lopputulos. Kaikulaitteella voidaan myös yrittää peitellä kömpelösti tehtyä ristihäivytystä (*crossfade*) tai liian tiukkaan häivytettyä kappaleen loppusointia.

4.4 Editointi

Editointityö on helpottunut paljon digitaalisten äänityöasemien myötä. Analogiaikana nauhaa leikattiin veitsellä ja editointi oli nykyistä huomattavasti vaativampi prosessi. Tietokoneella on mahdollista tehdä hyvinkin tarkkoja leikkauksia, alku- ja loppuhäivytyksiä sekä kokeilla erilaisia editointimahdollisuuksia.

Miksaajan kannattaa jättää alku- ja loppuhäivytykset yleensä masteroijan tehtäväksi ja toimittaa masterointiin kappaleista versiot, joiden aluissa ja loppuissa on riittävästi tilaa työskennellä. Kappaleen alusta leikataan yleensä muusikoiden sisäänlaskut, viritysäänet ja muut kappaleeseen kuulumattomat asiat siten, että kappale alkaa luonnollisesti ensimmäiseltä iskulta. Jotkut jättävät alkuun enemmän tyhjää tekemällä loivan "sisääntulon", jotkut taas suosivat suoraa toimintaa, jolloin sisääntulo on jyrkkä ja kanava aukeaa vasta juuri ennen kappaleen ensimmäistä iskua. Molemmat työtavat toimivat, mutta on hyvä huomata, että esimerkiksi laulajan sisäänhengityksen leikkaaminen kappaleen alusta saattaa kuulostaa luonnottomalta. Samoin tulee olla tarkkana, ettei kappaleen ensimmäisestä iskusta katoa mitään. Tärkeintä on, että kappale alkaa luontevasti eikä liian hätäisesti tai laiskasti.

Loppuhäivytyksiä on oikeastaan olemassa kahdenlaisia. Toisessa yhtye jatkaa soittamistaan hiljaisuuteen asti ja häivytyks tehdään yleensä melko verkkaisesti miksauspöydän liu'ulla. Toisessa kappale loppuu normaalisti, mutta kappaleen lopusta häivytetään vahvistimien surinat ja tarpeettoman pitkät loppusoinnit. Monesti kappaleen loputtua pieni määrä äänitettyä äänitysstudion hiljaisuutta ennen loppuhäivytystä päättää kappaleen luonnollisesti. Loppuhäivytyksistä voi tehdä lineaarisia, eksponentiaalisia tai täysin käsivaralla tehtyjä, mutta tärkeintä on, että lopetus kuulostaa luonnolliselta ja palvelee parhaiten käyttötarkoitusta.

Masterointivaiheessa voidaan editoida myös kappaleen sisäisiä osia, esimerkiksi poistaa jokin osuus ja tehdä kappaleesta lyhyempi versio. Näin voidaan tehdä joskus esimerkiksi pitkästä kappaleesta niin sanottu *radio edit*.

4.5 Kappalejärjestys ja kappaleiden välit

Kappalejärjestys olisi hyvä olla selvillä jo ennen masterointia ja se kuuluu pikemminkin levyn tuottajan vastuualueeseen. Masteroijalta tosin kannattaa kysyä hänen näkemystään asiasta, sillä uutena henkilönä tuotantoketjussa hän näkee ja kuulee kokonaisuuden eri tavoin kuin alusta asti mukana ollut artisti tai tuottaja.

Oikeanlainen kappalejärjestys on tärkeä asia albumin taiteellisen kaaren muodostamisessa ja se kannattaa miettiä huolella. Erilaisia vaihtoehtoja on hyvä kokeilla ja kuunnella levyn kappaleita läpi erilaisilla kappalejärjestyksillä. Hitaista kappaleista muodostuu kokonaisuuteen suvantokohtia, kun taas nopeatempoiset kappaleet pitävät intensiivisyyttä yllä. Useat jyrkät tunnelmanmuutokset levyn sisällä saattavat jättää levystä hajanaisen vaikutelman. Tärkeintä onkin, että levystä muodostuu kuulijalle ehyt kuuntelukokemus.

Yleensä levyn kappalejärjestys tulisi tehdä ainoastaan musiikillisin perustein, vaikka toisinaan muitakin perusteita kuitenkin käytetään. Esimerkiksi progressiivisen rock-musiikin konseptialbumeilla, joiden sanoituksissa jokin tietty teema kulkee koko levyn läpi, on kappaleet järjestettävä sanoitusten mukaan. Kokoelmalevyille saatetaan joskus tehdä kappaleille kronologinen järjestys ja näin hahmotellaan samalla artistin uraa. Olen itse kerran ollut mukana projektissa, jossa kappalejärjestykseksi tuli kappaleiden nimien aakkosjärjestys, mutta sattumalta levystä muodostui silti kelpo kokonaisuus.

Usein levyn ensimmäiset ja viimeiset raidat ovat tärkeimpiä. Mikäli levyn alkupuoli ei jo herätä kuulijan mielenkiintoa, saattaa levykaupan tiskillä levyä koekuuntelevan asiakkaan ostopäätös jäädä tekemättä. Levyn viimeinen raita päättää kokonaisuuden ja mikäli siitä ei jää hyvää jälkimakua, voi koko levystä jäädä huonompi yleisvaikutelma. Huonommin onnistuneet äänitykset tai niin sanotut täytekappaleet on viisasta sijoitella muualle kuin aivan alkuun tai loppuun. Vinyylilevyllä ja C-kasetilla on molemmin puolin ensimmäinen ja viimeinen kappale. Lisäksi vinyylilevyn korkeiden taajuuksien toisto heikkenee levyn sisäosassa ja C-kasetille tulisi pyrkiä sisällyttämään molemmin puolin yhtä paljon musiikkia. Mikäli formaatti on jompikumpi näistä, on nämäkin asiat hyvä huomioida. Jotkut miettivät tarkoin jopa kappaleiden välisiä sävellajisuhteita.

Kappalejärjestys vaikuttaa masteroijan työhön, sillä masteroija yrittää entisestään parannella kokonaisuutta ja saada sen myös kuulostamaan yhtenäiseltä. Jotkin masterointiratkaisut tehdään jo lähtökohtaisesti esimerkiksi sen perusteella, miten edellisen kappaleen loppu sopii yhteen seuraavan alun kanssa. Kappaleiden sävy- ja erityisesti volyyymisuhteita ei ole järkevää ruveta säätämään ennen kuin kappalejärjestys on selvillä.

Kappaleiden väliin jätettävä tyhjä tila riippuu musiikkityylistä, kappaleiden temposta ja tunnelmasta. Punk-levyllä kappaleiden välit ovat usein hyvinkin lyhyet ja tukevat näin energistä kokonaisuutta. Hidastempoisemman akustisen musiikin kappaleiden väleillä saattavat tauot olla joskus hyvinkin pitkiä. Kappaleet voivat olla myös kiinni toisissaan, live-konserttitaltioinnissa tauko katkaisisi tunnelman. Nopeatempoisen kappaleen jälkeen voi seuraava kappale alkaa nopeasti kun taas hidastempoisen kappaleen jälkeen pidempi tauko on yleensä parempi. Pitkään fade outiin loppuvan kappaleen jälkeen on seuraavan kappaleen yleensä hyvä alkaa hyvin lyhyen tauon jälkeen. Meluisassa ympäristössä, esimerkiksi autossa, levyä kuunneltaessa pitkän häivytyksen loppu peittyy usein taustametelin alle ja tällöin pitkä tauko kappaleiden välillä tuntuu pitenevän entisestään. Jos kappaleiden välinen tunnelma tai tyyli on kovin erilainen, auttaa pidempi tauko kuulijaa irrottautumaan paremmin edellisen kappaleen tunnelmasta. Jotkut tahdistavat seuraavan kappaleen alkamaan edellisen kappaleen tempon mukaan muutaman tahdin tauon jälkeen ja kokevat näin tekevänsä musikaalisen ratkaisun. (Katz 2007, 95–96.) Mitään säännöstöä ei kuitenkaan ole olemassa kappaleiden välien pituuksien suhteen. Väli on tapauskohtaisesti kuunneltava ja valittava jälleen kerran käyttötarkoitukseen sopivin vaihtoehto. Tärkeintä on, että kuuntelukokemus on eheä eikä kuulija häiriinny liian nopeista tauoista tai joudu odottelemaan seuraavan kappaleen alkua turhan kauaa.

Suuri osa myydyistä äänitteistä myydään nykyään musiikkitiedostoina internetin kautta. Tietokoneiden mediasoittimiin ja kannettaviin MP3-soittimiin kappaleiden välit eivät välity tiedostoista sellaisena kuin ne masterointistudiosta ovat lähteneet. Samoin käy kuunneltaessa CD-levyä joillakin tietyillä tietokoneiden mediasoittimilla. Mikäli masterointi tehdään yksinomaan verkkojakelua varten, voi olla jopa järkevää jättää kappaleen loppuun hieman tyhjää tilaa, jottei mediasoittimissa hidasta kappaletta seuraava nopea kappale hyökkää ikävästi päälle. Yksittäisten kappaleiden myynissä myös äänilevyn kappalejärjestys menettää merkityksensä. Mikäli

äänilevystä joskus tulee merkityksetön musiikin jakelun muoto, katoaa samalla osin myös upeiden albumikokonaisuuksien rakentelun taito.

4.6 Ditherointi

Usein masterointiin toimitettava materiaali on äänitetty ja miksattu korkeammalla näytteenottotaajuudella ja bittisyvyydellä kuin mitä julkaisuformaatti sallii. Tällöin masteroinnin viimeisessä vaiheessa näytteenottotaajuus ja bittisyvyys muunnetaan julkaisuformaatille sopivaan muotoon. Esimerkiksi levyn kappaleet on saatettu äänittää ja miksata 24-bittisenä 48 kHz:n näytteenottotaajuudella, mutta CD-julkaisua varten ne on muutettava 16-bittiseksi 44,1 kHz:n näytteenottotaajuudelle. Äänen digitalisoinnin vuoksi bittisyvyttä pienennettäessä audiosignaaliin lisätään pieni määrä satunnaista dither-kohinaa, joka parantaa muutoksen laatua.

Ääntä digitoitaessa audiosignaali näytteistetään. Tämä tarkoittaa sitä, että signaalista otetaan näytteitä esimerkiksi 44,1 kHz:n taajuudella eli 44100 kertaa sekunnissa. Tätä taajuutta kutsutaan näytetaajuudeksi, näytteenottotaajuudeksi tai näytteistystaajuudeksi (*sampling rate*). Näytteet pyöristetään eli kvantisoidaan määritellyn amplitudiasasteikon arvoiksi eli näytetasoiksi, joita on sitä enemmän, mitä enemmän bittejä on käytössä. (Suntola 2000, 32.) Esimerkiksi 16 bitin systeemissä mahdollisia arvoja on 65536, kun taas 24 bitin systeemissä 16777216. Käytännössä tämä vaikuttaa audiosignaalin häiriöetäisyyteen (digitaalitekniikassa *signal-to-error ratio*) ja siten mahdollisen dynamiikka-alueen laajuuteen (katso taulukko 2). (Huber & Runstein 2005, 224.) Kvantisointivirheeksi kutsutaan pyöristyksessä aiheutuvaa virhettä, joka on luonnollisesti myös sitä pienempi, mitä enemmän bittejä on käytettävissä.

TAULUKKO 2. Jokainen bitti vastaa noin 6 dB:n lisäystä dynamiikka-alueeseen. 8 bitin systeemissä kvantisointitasoja voi olla 256 eli 2 potenssiin 8, 16 bitin systeemissä 65536 eli 2 potenssiin 16. (Huber & Runstein 2005, 224–225; Laaksonen 2006, 168–169.)

Bittisyvyys	Kvantisointitasojen määrä	Häiriöetäisyys
8 bittiä	256 tasoa	49,8 dB
16 bittiä	65 536 tasoa	97,8 dB
20 bittiä	1 048 576 tasoa	121,8 dB
24 bittiä	16 777 216 tasoa	145,8 dB
32 bittiä	4 294 967 296 tasoa	193,8 dB

Bittiresoluutiota pienennettäessä kvantisointitasojen määrä vähenee. Erityisesti hyvin pienellä signaalitasolla, jossa kvantisointitasoja on huomattavasti vähemmän kuin dynamiikka-alueen yläpäässä, ääniaallosta saattaa muutoksessa tulla kulmikasta. Tällainen ääniaalto kuullaan särönä ja särön peittämiseksi käytetään niin sanottua dither-kohinaa, joka pyöristää kulmikasta aaltomuotoa. Tällöin kuullaan särön sijasta korville miellyttävämpää hiljaista kohinaa. Ditherin vaikutus on helpoimmin kuultavissa kappaleiden loppusoinneissa kun esimerkiksi rumpalin viimeinen symbaalinisku vaimenee hiljaisuuteen. Audiosignaalin ditherointi tulee tehdä ainoastaan yhden kerran ja vasta aivan masteroinnin viime vaiheessa kaiken muun prosessoinnin jälkeen.

Dither-kohinan muodoksi on valittavissa joko tavallinen (*flat*) valkoinen kohina tai muokattu eli niin sanottu noise shaped -kohina. Noise shaped -muotoinen kohina on hiljaisempaa ihmiskorvan herkimmillä taajuuksilla noin 2 ja 5 kHz:n välillä, mutta äänekkäämpää hyvin korkeilla yli 10 kHz:n taajuuksilla taajuuksilla, josta sitä on vaikeampi erottaa. Ditherin vaikutusta musiikkiin on syytä kuunnella ja valita siihen parhaiten sopiva vaihtoehto. (Katz 2007, 59; Owsinski 2008, 55–26)

4.7 PQ-koodaus

CD-audiolevy sisältää äänen lisäksi tilaa myös muulle digitaaliselle tiedolle. CD-levyä suunniteltaessa formaattiin tehtiin kahdeksan tietokanavaa niin sanotuille alikoodeille (*subcodes*), joille oli suunnitelmassa erilaisia käyttötarkoituksia (Owsinski 2008, 58). Kahdeksan tietokanavaa nimettiin kirjaimin aakkosjärjestyksessä alkaen P-

kirjaimesta jatkuen W-kirjaimen asti. Niille koodataan nykyään lähinnä audioon liittyvää tietoa. Masteroinnissa tehtävä PQ-koodaus on tiedon syöttämistä näille kanaville.

P-kanava suunniteltiin yksinkertaisia CD-soittimia silmällä pitäen ja siihen on koodattuna jokaisen kappaleen alku- ja loppuajat. P-kanava jätetään yleensä huomiotta uudemmissa CD-soittimissa. Q-kanava on CD-audion alikoodien tärkein tietokanava, josta ilmenevät paikannustiedot eli kappaleiden alku- ja loppuajat, framet, TOC (Table of Contents), tiedot indeksoinnista, MCN-numero (Media Catalog Number) sekä ISRC-tallennekoodit. R-W-kanavat jätettiin lopulta pois CD-audion tekniset yksityiskohdat määrittävästä Red Book -normista, mutta niitä on myöhemmin käytetty normin laajennuksissa, esimerkiksi CD+G -karaokelevyillä sekä CD-text -toimintoa ja joitain kopiointisuojausjauksia varten (Ballou 1998, 1015–1016; Laaksonen 2006, 207; McFadden 2009; Owsinski 2008, 58).

CD-soittimien toimintanopeuksissa on eroja ja niin sanottua PQ-offset -aikaa säätämällä voidaan ohjata ja tavallaan auttaa CD-soittimen toimintaa. Offset-ajat olisi hyvä määrittää siten, että kappaleiden alkuihin ja loppuihin jää hieman tyhjää tilaa, koska kaikki CD-soittimet eivät reagoi samalla nopeudella kappaleiden alkuihin ja loppuihin. PQ-offset -aikaa muuttamalla voidaan määrittää kappaleen alku CD-soittimelle hieman kappaleen varsinaista alkupistettä aikaisemmaksi ja näin taata levyn oikeanlainen toimivuus kaikissa soittimissa. Hyvä käytäntö on myös tulostaa painotaloa varten masterointiohjelmasta niin sanottu PQ-lista, josta näkyvät PQ-koodauksen liittyvät tiedot.

4.7.1 ISRC-tallennekoodit

ISRC-tallennekoodi (International Standard Recording Code) on Kansainvälisen Standardointiliiton (*ISO, International Organization for Standardization*) hyväksymä kansainvälinen tunniste äänitallenteille. ISRC-koodeja käytetään kappaleiden tunnistamisessa. Koodin hankkiminen on levy-yhtiön tai tuottajan vastuulla ja Suomessa ISRC-koodeja myöntää ja rekisteröi Suomen Ääni- ja kuvatallenteiden tuottajat ÄKT ry. (Suomen Ääni- ja kuvatallenteiden tuottajat ÄKT ry.)

Jokaisella äänitteen kappaleella on oma koodinsa, mutta on syytä huomata, että ISRC-koodi on kuitenkin versiokohtainen. Saman kappaleen eri versioilla, esimerkiksi samoista äänityssessioista taltioidulla vaihtoehtoisella otolla ja myös esimerkiksi remixeillä, tulee julkaisuvaiheessa olla oma koodinsa. Samaa koodia voidaan käyttää, mikäli samasta kappaleesta julkaistaan täysin sama versio vaikkapa kokoelmalevyllä.

ISRC-koodi on 12 merkkiä pitkä ja se voi olla esimerkiksi seuraavanlainen:

- FI-RCR-09-00001

Koodin kaksi ensimmäistä merkkiä ovat maakohtainen tunnus (esimerkissä FI) ja seuraavat kolme merkkiä ovat levynjulkaisijan, yleensä levy-yhtiön tunnus (esimerkissä RCR). Seuraavat kaksi numeroa ovat tavallisesti äänityksen alkuperäisen julkaisuvuoden kaksi viimeistä numeroa (esimerkissä 09) ja viimeiset viisi numeroa vuosittainen juokseva numerointi, jolla kappale erotetaan muista saman levyjulkaisijan kappaleista. ISRC-koodia käytetään kaikissa digitaalisissa äänitallenteissa ja se koodataan masteroinnin PQ-koodausvaiheessa masteriin. Vinyylilevyillä ja kaseteilla suositellaan koodin painamista kanteen. (Suomen Ääni- ja kuvatallennetuottajat ÄKT ry.)

4.7.2 CD-text

CD-text on Red Book -normin laajennus, joka mahdollistaa levyn, artistin ja kappaleiden nimitietojen tallentamisen joko CD-levyn lead-in alueelle tai R-W -tietokanaville. Levyä kuunneltaessa CD-textiä lukevalla soittimella näkyvät tallennetut tiedot soittimen ruudulla. Kaikissa soittimissa ei suinkaan ole tätä toimintoa eikä CD-textiä pidä sekoittaa tietokoneen mediasoittimella kuunneltaessa CDDB-tietokannasta (Compact Disc Database) verkon yli haettaviin nimitietoihin. CD-text syötetään masterille muun koodauksen yhteydessä.

4.8 Lopullisen masterin valmistus ja tarkistus

Tällä hetkellä ammattilaisten suosima tapa toimittaa lopullinen master painoon on niin sanottu DDP-tiedosto (Disc Description Protocol). DDP:n voi toimittaa joko CD-ROM ja DVD-ROM -levyillä, Exabyte -nauhalla tai tiedostona FTP-palvelimen kautta. DDP on selvästi vähemmän riskialtis toimitusmuoto kuin CD-R, jota myös käytetään. DDP voidaan valmistaa masterointiin suunnitelluilla ammattiohjelmistoilla.

Painotalot hyväksyvät yleensä myös CD-R -levyn levymonistusta varten. Mikäli master tehdään CD-R -levylle, on parhaan formaatista saatavan laadun varmistamiseksi syytä huomioida, että kaikki kaupasta saatavat CD-R -levyt eivät ole tasalaatuisia. Eri CD-asetat eivät myöskään ole parhaalla mahdollisella tavalla yhteensopivia kaikkien levyvalmistajien medioiden kanssa. Japanilaisen Taiyo Yudenin valmistamia aihioita pidetään yleisesti laadukkaina ja luotettavina (Katz 2007, 302; Shepherd 2008c). Yleensä on suositeltu käytettäväksi mahdollisimman hitaita polttonopeuksia polttovirheiden välttämiseksi, mutta tämä on ainakin jonkin verran riippuvaista käytetystä mediasta ja laitteistosta. (McFadden 2009.) Levyä poltettaessa on käytettävä Disc-at-Once (DAO) -moodia, jolloin levy poltetaan yhdellä jatkuvalla syötöllä Track-at-Once (TAO) -moodin sijaan. Poltto-ohjelmista löytyvä buffer underrun protection -toiminto kannattaa jättää pois päältä masterin varmemman toiminnan takaamiseksi. Vähemmän tietokonetta rasittava polttomenetelmä on valmistaa levyä ensin niin sanottu image-tiedosto tietokoneen kovalevylle ja käyttää sitä polttamiseen (McFadden 2009.) On myös syytä varmistaa, että CD-poltin tukee kaikkia PQ-koodauksessa tarvittavia toimintoja.

Kun master on valmis, on se tarkistettava ennen painoon lähettämistä. Ensin se on kuunneltava tarkasti, jotta mitään korvinkuuluvia häiriöitä ei masteroinnissa enää ole tullut audiosignaaliin. Digitaalisille tallenteille on myös syytä tehdä teknisiä tarkistuksia erilaisilla varta vasten suunnitelluilla tietokoneohjelmilla. Esimerkiksi CD-R levyille tehtävä BLER-mittaus (Block Error Rate) on yksi varsin käyttökelpoinen varmistusmenetelmä.

5 NYKYISET ÄÄNITEFORMAATIT

5.1 Vinyylilevy

1900-luvun puolivälin jälkeen markkinoille tullut vinyylilevy oli suosituin ääniteformaatti aina 1990-luvun alkuun saakka, jolloin CD-levy syrjäytti sen myydyimpänä formaattina. Vinyylillä on silti edelleen vankka kannattajakunta. Vinyylilevy on yleisin formaatti DJ-käytössä ja varsin suosittu audiofiilien ja levykeräilijöiden keskuudessa sekä joidenkin musiikkityylien, kuten hip-hopin, punk-rockin ja konemusiikin parissa. Aivan viime vuosina formaatin suosio on kääntynyt uuteen nousuun muidenkin musiikkityylien tallenteena. Vinyylilevyä myytiin vuonna 2008 Yhdysvalloissa jopa kaksi kertaa enemmän ja Suomessakin yli 30 % enemmän edellisvuoteen verrattuna (Rivait, 2009; Suomen Ääni- ja kuvatallennetuottajat ÄKT ry, 2009; Zuel, 2009). Vinyylilevyjä valmistetaan yleisimmin kahta kokoa, 7 tuuman (7") ja 12 tuuman (12") levyjä, joskus myös muita kokoja esimerkiksi 10 tuuman (10") levyä. (Laaksonen 2006, 196.)

TAULUKKO 3. Yleisimmät vinyylilevytyypit (Chicago Mastering Service; Laaksonen 2006, 196–197).

Levyn koko	Levyn tyyppi	Pyöritysnopeus	Levyn kesto optimaalisesta maksimiin
12"	LP-levy (long play)	33 1/3 rpm	13-28 min / puoli
12"	EP-levy (extended play), Maxi-single	45 rpm	9-15 min / puoli
10"	EP-levy (Extended play), LP-levy (long play)	33 1/3 rpm	9-15 min / puoli
7"	Single, EP-levy (extended play)	45 rpm	3-7 min / puoli

5.1.1 Masterlevyn kaiverrus

Polyvinyylidikloridista valmistetulla vinyylilevyllä ääni-informaatio on kaiverrettuna vinyylilevyn pinnalle spiraalinmuotoiseksi mikrouraksi. Vinyylilevy valmistetaan lakkalevyille kaiverretun masterlevyn pohjalta. Levyä kaiverrettaessa masternauhan sähköinen äänisignaali liikuttaa mekaanista kaiverrinta masterlevyn pinnalla kaivertaan siihen 90° kulmassa uran, joka muistuttaa kärjellään seisovaa kolmiota.

Uran molemmat laidat muodostavat siis 45° kulman suhteessa vertikaaliseen pystyakseliin ja 90° kulman suhteessa toisiinsa. Uran ulompaan laitaan kaiverretaan oikea ja sisempään vasen kanava. Kaiverrin vaiheistetaan siten, että myötävaiheiset signaalit vasemmassa ja oikeassa laidassa synnyttävät sivusuuntaisen liikkeen ja vastakkaisvaiheiset pystysuoran liikkeen aiheuttaen uran syvyyden vaihtelua (Huber & Runstein 2005, 572). Normien mukaiset kaiverrusnopeudet ovat samat kuin levyjen pyöritysnopeudet eli 33 1/3 ja 45 kierrosta minuutissa (*revolutions per minute, rpm*).

Molempia levypuoliskoja varten valmistetaan erillinen lakkalevy. Lakkamaster on hyvin pehmeä ja sen kuunteleminen levysoittimessa tekee levystä käyttökelvottoman painamista varten. Masterin tarkistuskuuntelua varten voidaan valmistaa samasta materiaalista muutaman kuuntelukerran kestävä referenssilevy. (Owsinski 2008, 84.) Hyväsoudisen masterlevyn kaivertaminen on monimutkainen prosessi, jonka hallitseminen vaatii paljon kokemusta ja taitoa. Nykyään masterointistudiot harvemmin tarjoavat tätä palvelua ja lakkamaster kaiverretaan vasta tehtaalla.

5.1.2 Vinyylilevyn tekniset rajoitteet

Huolella ja hyvin tehty masternauha CD-monistusta varten yleensä kelpaa myös vinyylille. Mekaanisen toimintansa vuoksi on kuitenkin muutamia asioita, jotka tulee vinyylille masteroitaessa ottaa huomioon. Levyn ajallinen kesto vaikuttaa vinyylille kaiverrettavaan uraan. Pitkäkestoisten levyjen urat ovat kapeampia ja samalla levy soi hiljaisemmalla voimakkuudella. Myös voimakkaat matalat taajuudet vaativat leveämmän uran. Ajalliseen keston vaikuttavat myös levyn pyörimisnopeus ja koko. Suuremmalle ja hitaammin pyörivälle levyllä mahtuu luonnollisesti enemmän musiikkia, mutta ylipitkällä levyllä äänenlaatu on huonompi. Mikäli levy on kovin pitkä, joudutaan äänenvoimakkuudesta tinkimään, jolloin levy soi hiljaisemmin ja vinyylilevystä usein kuuluvat pienet risahtelut ja muut häiriöäännet kuuluvat voimakkaammin suhteessa musiikkiin.

Voimakkaat toiseen laitaan panoroidut tai vastavaiheiset matalat taajuudet aiheuttavat levysoittimen neulalle pystysuuntaisen liikkeen, joka saattaa jopa aiheuttaa neulan hyppäämisen pois urasta tai uran katkeamisen. Tästä syystä matalat taajuudet yhdistetään yleensä masteroinnissa monoksi. Matalien taajuuksien

monosummausta varten voidaan käyttää niin sanottua elliptistä taajuuskorjainta (*elliptical equalizer*), jolla säädettävän rajataajuuden alapuoliset taajuudet summataan monoksi (Laaksonen 2006, 196; Owsinski 2008; 88). Tämä voi aiheuttaa joskus taajuuksien kumoutumista ja vaikuttaa siten negatiivisesti levyn yleissoundiin. Voimakkaat korkeat taajuudet, kuten rumpujen symbaalit ja laulajien suhisevat s-kirjaimet saattavat aiheuttaa korvinkuultavaa säröä vinyylilevyn toistossa. Kyseinen ongelma ratkaistaan yleisesti kaiverruksessa käytetyllä kiihtyvyyusrajoittimella (*acceleration limiter*), jossa on jakosuodin 4 kHz rajataajuudella ja sitä seuraava hyvin nopea rajoitin diskanttipäässä. Kiihtyvyyusrajoitin rajoittaa erittäin voimakkaita diskanttipiikkejä ja onkin ensisijaisesti kaiverruspäätä suojaava varmuuslaite, mutta sitä voidaan käyttää myös taiteellisiin tarkoituksiin. (Laaksonen 2009.) Diskanttia voidaan kiihtyvyyusrajoittimen lisäksi hallita myös s-limiterillä tai taajuuskorjaimella.

Levysoittimen neula kulkee toistettaessa levyn ulkolaidasta keskiötä kohti. Kuten aiemmin on todettu, levy pyörii soittimen lautasella vakionopeudella. Suhteellinen nopeus, jolla ura kulkee toistoneulan ali, laskee kuitenkin ympärysmitan pienentyessä. Tämä vaikuttaa korkeiden taajuuksien kaivertamiseen. Levyn sisäosien kappaleet sisältävät siksi vähemmän korkeita taajuuksia ja ovat tummemman kuuloisia verrattaessa ulkolaidan kappaleisiin tai alkuperäiseen masternauhaan. (Buskin, 2006.) Ilmiö on syytä huomioida kappalejärjestyssä vinyylille mietittäessä ja on omalta osaltaan varmasti vaikuttanut monen vanhemman klassikkolevyn kappalejärjestykseen. Sisäurien heikompi diskanttitoisto ei kuitenkaan ole pelkästään kaiverrustekninen ongelma. Monet kuluttajakäytössä olevien levysoittinten neulat ovat kaiverruspäähän nähden liian suurikokoisia eivätkä lue sisäurien diskantti-informaatiota urapoimun pohjaan asti, vaan jäävät puoliväliin koskettaen uran toista laitaa kahdesta kohtaa yhtä aikaa. Tämä aiheuttaa signaalin leikkautumista ja harmonisen särön, eli niin sanotun urasärön (*groove distortion* tai *inner groove distortion*), kasvua. (Laaksonen 2009.)

5.2 C-kasetti

Philipsin 1960-luvulla kehittämä C-kasetti (*Compact Cassette*) oli pienen kokonsa ja kopioitavuutensa vuoksi varsin suosittu ääniteformaatti 1970–1990-lukujen välillä.

Nykyään C-kasetin myynti on hyvin marginaalista eikä musiikkia kasetilla enää julkaista kuin joissain poikkeustapauksissa.

Hyvin ja huolella tehty masternauha CD-monistusta varten kelpaa yleensä myös kasetille. Äänekkäät CD-masterit toimivat kasetilla hyvin peittäen samalla kasetin luonnollista suhinaa, mutta korkeiden taajuuksien suhteen tulee olla tarkkana kasetille masteroitaessa. Liian voimakkaat korkeat taajuudet saattavat säröytyä kasettia kuunnellessa.

Kappalejärjestystä mietittäessä olisi kasetin molemmille puolille hyvä laskea suunnilleen yhtä paljon musiikkia. Näin vältetään turhalta tyhjältä nauhalta puoliskojen loppuissa eikä kuuntelu keskeydy liian pitkäksi aikaa. A-puoli kannattaa jättää hieman pidemmäksi, jos kestot eivät jakaudu tasaisesti molemmille puolille (Katz 2002, 257). Keston ollessa alle 45 minuuttia saattaa olla hyvä ajatus laittaa kasetin molemmille puolille kaikki kappaleet. Jos puoliskot ovat pituudeltaan kovin epäsuhtaiset, voi harkita bonus-kappaleen laittamista kasetin B-puolen loppuun tai esimerkiksi yrittää editoimalla saada kappaleista tarvittaessa lyhyempiä tai pidempiä. (Vestman 1998.)

5.3 Audio-CD

Sonyn ja Philipsin yhdessä kehittämä CD-levy (CD-DA Compact Disc Digital Audio) on edelleen suosituin fyysinen tallenneformaatti. Levyn kehittäminen aloitettiin vuonna 1979 ja ensimmäiset kaupalliset levyt ilmestyivät vuonna 1982. CD:n tekniset yksityiskohdat on määritelty niin sanotussa Red Book -normissa, joka julkaistiin vuonna 1980. Normi on saanut nimensä alkuperäisen niteen punaisesta kannesta. Myöhemmin julkaistujen uudempien CD-levyformaattien kuten CD-ROM ja CD-R -levyjen yksityiskohdat on samoin määritelty myöhemmissä Yellow Book ja Orange Book -normeissa. Standardoinnin ansiosta kaikki audio-CD:t ovat yhteensopivia kaikkien levysoittimien kanssa (Owsinski 2008, 135).

Kuten aiemmin on todettu, CD-levy toi digitaalisena tallenteena parannuksia äänenlaadullisiin tekijöihin kuten taajuustoistoon ja dynamiikkaan. CD:lle mahtui enemmän musiikkia ja se kesti vinyylilevyä paremmin naarmuja. CD-levy ei kulu

toistamisesta sillä se luetaan optisesti laserilla eikä mekaanisesti neulalla kuten LP-levy. Lisäksi digitaalinen tallenne on täydellisesti kopioitavissa. Pienen kokonsa vuoksi CD:stä tuli myöhemmin myös suosittu formaatti kannettavissa soittimissa ja autostereoissa.

Red Book -normissa on määritelty, että äänen tulee CD:llä olla kaksikanavaista, PCM-koodattua (Pulse Code Modulation) ja 16-bittistä. Näytteenottotaajuus on CD:llä 44,1 kHz. Lisäksi määriteltyjä asioita ovat muun muassa:

- Levyn kesto voi pisimmillään olla 74 minuuttia
- Raitoja voi olla levyllä enintään 99
- Raidan kesto voi lyhimmillään olla 2 sekuntia
- Kappaleiden välissä tulisi olla kahden sekunnin mittainen tauko
- ISRC-koodi

(Immink, 1998; Owsinski 2008, 135.)



KUVA 13. Red Book -normin mukaiseen CD-levyyn painettava Compact Disc Digital Audio -logo.

Myöhemmin on markkinoille tullut myös pidempiä 80 minuutin levyjä ja Red Book -normia on laajennettu esimerkiksi kattamaan CD-text -toiminnon. Jotkin CD:llä käytetyt kopiontisuojausmenetelmät rikkovat Red Book -normia eikä Philipsin mukaan tällöin saisi käyttää CD-levyiltä yleisesti löytyvää logoa (Kuva 13) (Varghese, 2003). Red Book ei ole vapaasti saatavilla ja halukkaiden on lisensoitava se kalliiseen hintaan Philipsiltä.

5.4 Verkkojakelu

Verkkojakeluun ammattikäytössä olevat äänitiedostomuodot, kuten wave ja aiff-tiedostot, ovat kooltaan usein liian suuria. Minuutti CD-tasoista stereoääntä vie kovalevytilaa noin 10,8 megatavua eli neljän minuutin mittainen musiikkikappale vie tilaa noin 43,2 megatavua (Laaksonen, 2006 175). Tallennustilan säästämiseksi ja nopeampien siirtoaikojen takia lineaarisen PCM-audion rinnalle on kehitetty erilaisia äänitiedostojen pakkausmuotoja (*data compression*), joilla äänitiedostojen koko saadaan pienemmäksi. Internetissä myytävät musiikkitiedostot ovat karkeasti jaettavissa kahteen ryhmään, häviöllisiin (*lossy*) ja häviöttömiin (*lossless*) tiedostomuotoihin. Pakkausmuotoja vertailtaessa tärkein huomioitava asia on äänenlaadun heikkenemisen suhde tiedostokokoon.

5.4.1 Häviölliset tiedostomuodot

Häviöllisten musiikkitiedostojen, kuten MP3:n, pieni koko perustuu datapakkaukseen, jossa audiotiedostosta poistetaan asioita joiden on psykoakustisissa tutkimuksissa huomattu olevan ihmiskorvalle vaikeampia havaita. Esimerkiksi ihmiskorva kuulee voimakkaan taajuuden viereiset hiljaisemmat taajuudet huonosti. Hiljaiset taajuudet tavallaan siis peittyvät voimakkaan alle. Ilmiötä kutsutaan peittoilmiöksi (*masking*). Peittoilmiö on havaittavissa myös ajallisesti. Hiljaisemmat äänet peittyvät voimakkaan äänen alle muutamaa millisekuntia sitä ennen ja joitakin kymmeniä millisekunteja sen jälkeen (Ruippo, 2003). Datapakkauksessa muun muassa näitä peittyviä ääneksiä varten käytetään vähemmän bittejä ja näin saadaan äänitiedoston kokoa pienennettyä.

Suurin merkitys häviöllisen tiedoston äänenlaatuun on pakkauksessa käytetyllä bittinopeudella (*bitrate*), joka valitaan musiikkia pakattaessa yleensä nopeuksien 128 kbit/s ja 320 kbit/s väliltä. Pienemmällä nopeudella pakatut tiedostot ovat kooltaan pienempiä ja niiden lataaminen verkosta nopeampaa, mutta äänenlaadultaan ne ovat huonompia. (Owsinski, 93.) Puheen pakkaamiseen alle 128 kbit/s nopeudet soveltuvat paremmin. Eri pakkausohjelmat (*encoder*) käyttävät äänen datakompressioon erilaisia algoritmeja ja lopputuloksilla on välillä huomattaviakin

eroja. Enkooderin valitsemiseksi pakkaus kannattaa vertailun vuoksi tehdä useammalla eri ohjelmalla ja valita parhaan kuuloinen lopputulos jaettavaksi.

Masteroitaessa musiikkia verkkolevitykseen, voi tulevaa häviöllistä datapakkausta varten tehdä joitain valmisteluja, jotta lopullinen tiedosto kuulostaisi mahdollisimman hyvältä. Kaikkein korkeimpia taajuuksia voi jonkin verran suodattaa, tämä vapauttaa bittejä tärkeämmille matalille ja keskitaajuuksille. Pakattavan tiedoston on hyvä soida melko lujalla, mutta pakatuilla tiedostoilla on tapana soida aavistuksen verran alkuperäisiä voimakkaammin. Tallenteelle kannattaa siksi jättää hieman headroomia digitaalisärön välttämiseksi. Pakkausalgoritmit toimivat kuitenkin paremmin, mikäli musiikissa on dynamiikkaa. Monialuekompressoria ja limiteriä kannattaa siksi käyttää vähemmän. (Owsinski 2006, 94.)

Pakkausohjelmissa eli enkoodereissa voi usein valita pakkaustavaksi joko vakiobittinopeuden (*Constant Bit Rate, CBR*) tai muuttuvan bittinopeuden (*Variable Bit Rate, VBR*). Vakiobittinopeudella pakattaessa bittinopeus on jatkuvasti suunnilleen sama, riippumatta siitä mitä musiikissa tapahtuu. Muuttuvalla bittinopeudella pakattaessa bittinopeus vaihtelee dynaamisesti musiikillisen sisällön mukaan (Backman 2000, 64). Esimerkiksi sellaisissa hiljaisissa kohdissa musiikkia, joissa koko bittimäärää ei pakkaamiseen tarvita, käytetään pienempää bittinopeutta ja täyden taajuuskaistan täyttävissä äänekkäissä kohdissa suurta bittinopeutta. Joskus käytettävissä voi olla kolmas pakkaustapa, keskimääräinen bittinopeus (*Average Bit Rate, ABR*), joka on muunnos muuttuvan bittinopeuden pakkaustavasta. Keskimääräisellä bittinopeudella pakattaessa bittinopeus vaihtelee määritellyn nopeuden ympärillä. Muuttuvalla pakkaustavalla pakatut tiedostot ovat äänenlaadultaan parempia ja pakkaustavan käyttö onkin siksi suositeltavaa erityisesti pienillä bittinopeuksilla (Backman 2000, 64). Muuttuvan pakkaustavan tiedostot eivät kuitenkaan välttämättä toimi kaikissa vanhemmissa mediasoittimissa ja lisäksi pakatun tiedoston kokoa on vaikea arvioida ennen pakkausta (Laaksonen 2006, 182; Owsinski 2008, 94).

Pakkausohjelmasta löytyy valintamahdollisuus myös sille, miten stereokanavat pakataan. Tavallisen stereon lisäksi on mahdollisuus valita joko mono tai niin sanottu Joint Stereo. Joint Stereo -nimitys on hieman harhaanjohtava, sillä Joint Stereossa kanavat pakataan joko MS Joint Stereo (Mid-Side Joint Stereo) tai Intensity Joint

Stereo -muotoon eikä yleisimmin käytetty MS Joint Stereo ole edes sanan varsinaisessa merkityksessä yhdistettyä stereota. Intensity Joint Stereo -muoto on alun perin suunniteltu hyvin pienille bittinopeuksille. Siinä yhdistetään suuntakuulon kannalta huonosti ihmiskorvalle välittyvät äänekset, kuten korkeat taajuudet monoksi. Tämä ei kuitenkaan käytännössä toimi kovin hyvin ja siksi tätä Joint Stereon muotoa kannattaisi musiikkia pakattaessa välttää, vaikka sitä melko usein käytetäänkin. Yleensä pakkausohjelmat käyttävät tavallisimmilla musiikin pakkaukseen käytetyillä bittinopeuksilla MS Joint Stereo -pakkaustapaa. MS Joint Stereossa stereotiedostosta erotetaan sivu- ja keskikanavat. Koska stereoäänitteen laidoilla on yleensä vähemmän keskeistä informaatiota kuin keskellä, voidaan suurempi määrä bittejä käyttää keskikanavan pakkaukseen. Mikäli lähdemateriaalissa on suhteellisen kapea stereokuva ja laidoilla vähän vastakkaisvaiheista informaatiota, saatetaan MS Joint Stereolla päästä, erityisesti pienillä bittinopeuksilla, parempaan lopputulokseen kuin tavallisella stereolla pakattaessa. Paljon tilainformaatiota sisältävillä äänitteillä, joiden stereokuvan laidoilla on paljon vastakkaisvaiheisia tapahtumia, on suositeltavaa kuitenkin käyttää pakkausmuotona tavallista stereota. Eri stereokanavien pakkausmuotoja kannattaa kuitenkin kokeilla ja luonnollisesti valita se pakkausmuoto, jolla stereoinformaatio toistuu tarkimmin.

Musiikkitiedostoihin koodataan usein myös niin sanottua metatietoa, josta ilmenevät CD-levyllä toisinaan käytetyn CD-textin tapaan levyn nimi, artisti, kappaleen nimi ja järjestysnumero. Tunnetuin esimerkki tästä on MP3-tiedostoihin koodattava ID3-tagi.

Tavallisimpia häviöllisiä tiedostomuotoja ovat:

- AAC (Advanced Audio Coding). Suunniteltu MP3:n parempilaatuiseksi seuraajaksi. Käytössä yleisesti Applen tuotteissa ja sovelluksissa kuten iTunes Storessa, iPodissa ja iPhoneissa.
- MP3 (MPEG-1 Audio Layer 3). Yleisin häviöllinen tiedostomuoto.
- Musepack (MPC). Avoimen lähdekoodin tiedostomuoto.
- Vorbis (OGG Vorbis). Patenttivapaa avoimen lähdekoodin tiedostomuoto. Käytössä muun muassa Spotifyn suoratoistoformaattina (*streaming*).
- WMA (Windows Media Audio). Microsoftin kehittämä kilpailija MP3:lle. Käytössä lähinnä Windows-ympäristöissä.
- Real Audio. RealNetworksin formaatti. Nykyään harvinaisempi.

5.4.2 Häviöttömät tiedostomuodot

Kun häviöllisessä pakkauksessa äänenlaatu muuttuu aina jonkin verran, voidaan häviöttömästi pakattu tiedosto aina palauttaa alkuperäiseen muotoonsa. Häviötön pakkaus ei varsinaisesti kajoa ääneen vaan poistaa pakkausvaiheessa esimerkiksi hiljaisuutta tai ylimääräisiä bittejä silloin, kun ääni on kauttaaltaan hiljaisempaa. Toistovaiheessa nämä palautetaan paikalleen ja toistuva ääni on täysin identtinen alkuperäisen kanssa. Häviötön pakkaus tuottaa huomattavasti suurempia tiedostoja verrattuna häviölliseen pakkaukseen. Yleensä pakkaussuhde häviöttömissä tiedostoissa on alkuperäiseen verrattuna 2:1 eli pakatun tiedoston koko on 50 % alkuperäisen tiedoston koosta. Häviöllisillä tiedostoilla pakattaessa päästään helposti pakkaussuhteeseen 10:1 eli pakatun tiedoston koko on 10 % alkuperäisestä. (Laaksonen 2006, 190; Ruippo 2003.) Häviötön pakkaustapa on tilansäästön kannalta hyödyllistä silloin, kun alkuperäinen äänite halutaan säilyttää koskemattomana esimerkiksi tulevaisuuden tehokkaampia pakkausmenetelmiä varten.

Tavallisimpia häviöttömiä tiedostomuotoja ovat:

- Apple Lossless (ALAC, Apple Lossless Audio Codec). Applen kehittämä formaatti. Uudemmat versiot iTunesista ja iPodista tukevat formaattia.
- FLAC (Free Lossless Audio Codec). Patentti- ja lisenssivapaa avoimen lähdekoodin formaatti. Useat musiikkiohjelmat tukevat formaattia, mutta tuki esimerkiksi kannettaville mediasoittimille on tähän mennessä ollut rajallista.
- Monkey's Audio. Avoimen lähdekoodin tiedostomuoto. Käytössä ainoastaan Windows-ympäristössä.
- MPEG-4 ALS (MPEG-4 Audio Lossless Coding). Lisäys MPEG-4 -audionormiin. Harvinaisempi formaatti.
- TTA (True Audio). Avoimen lähdekoodin formaatti WAV-tiedostojen pakkaamiseen.
- WavPack. TTA:n tapaan avoimen lähdekoodin tiedostomuoto WAV-tiedostojen pakkaamiseen.

5.5 Monikanavaformaattit

Tällä hetkellä markkinoilla on kaksi monikanavaista äänilevyformaattia, DVD-Audio (DVD-A) ja Super Audio CD (SACD). Monikanavaformaatteja on ollut markkinoilla 1990-luvun lopulta asti, mutta toistaiseksi niiden suosio on jäänyt vaatimattomaksi (Owsinski 2006, 137). Ulkonäöltään ne muistuttavat täysin tavallisia CD ja DVD-levyjä. Molemmat levyt ovat tallennuskapasiteeltaan yhtä suuret, 4,7 GB ja molemmille voi tallentaa monikanavaista 5.1 surround-ääntä.

DVD-A:lla voi käyttää useita eri bittisyvyyksiä ja näytteenottotaajuuksia. Korkeimmillaan sille voi tallentaa 24-bittistä, lineaarista PCM-ääntä stereona 192 kHz näytteenottotaajuudella ja 5.1 surroundina 96 kHz näytteenottotaajuudella. DVD-A:lla ääni on pienemmillä bittisyvyyksillä ja näytetaajuuksilla pakkaamatonta ja suuremmilla Meridian Lossless Packing (MLP) -muodossa häviöttömästi pakattuna. (Laaksonen 2006, 209.) DVD-A vaatii formaattia tukevan soittimen, mutta levyiltä löytyy usein myös Dolby Digital -muotoon pakattu ääni, jotta levyä voi kuunnella tavallisella DVD-soittimella.

Super Audio CD:llä ääni on PCM-koodauksen sijaan koodattuna 1-bittisellä delta-sigma-modulaatiolla eli DSD-menetelmällä (Direct Stream Digital), jolla päästään jopa 2,8224 MHz:n näytetaajuuteen. SACD:llä on 5.1 surround-äänen lisäksi stereokerros, jota voi kuunnella tavallisella CD-soittimella. (Owsinski 2008, 146.)

Molempien formaattien valmistukseen kuuluu lopuksi niin sanottu autorointi (*authoring*), joka tallenteesta riippuen tehdään joko masteroinnin yhteydessä tai erikseen muualla. Autorointi on tavallaan etäisesti sukua CD-levyn PQ-koodaukselle, mutta huomattavasti monimutkaisempi ja vaativampi työvaihe.

6 PÄÄTÄNTÄ

Digitaalisten äänityöasemien halpeneminen ja CD-R-levyjen lisääntyminen lopullisena masternauhaformaattina on johtanut siihen, että periaatteessa kuka tahansa voi masteroida äänilevyn vaikka olohuoneessaan. Äänitekniiikan ammattilaiset ovat luonnollisesti tästä kehityksestä huolissaan, sillä masterointi on laajaa perehtymistä ja hyvin tarkkoja kuunteluolosuhteita vaativaa työtä. Omakohtaiset kokemukseni masterointityöstä ovat pääasiassa keskittyneet omakustanteiden ja pienlevy-yhtiöiden julkaisujen masterointiin äänitysstudioissa ja niin sanotuissa projektistudioissa. Suosittelen kuitenkin lämpimästi masteroinnin teettämistä ennemmin ammattimaisessa masterointistudiossa. Projektistudiot ovat kuunteluolosuhteiltaan ja laitevarustelultaan tavallisesti paljon vähemmän kuin ihanteelliset masterointia varten ja esimerkiksi DDP-tiedoston tekeminen vaatii jo yksinään erillisen masterointiohjelman.

Masteroinnissa levyn soundia on mahdollista parantaa vielä paljonkin, mutta on syytä muistaa, että huonosti äänitettyä ja miksattua levyä ei huippustudiossa masteroimallakaan voida pelastaa. Entä kannattaako esimerkiksi 300 kappaleen CD-R-painosta varten kellaristudiossa nollabudjetilla äänitettyä levyä ylipäättään masteroittaa parhaassa masterointistudiossa? Kysymykseen ei varmasti ole yksioikoista vastausta, mutta mielestäni se on kuitenkin asia, jota julkaisijan kannattaa miettiä. Maineikkaan masteroijan nimi levynkannessa on toki asiaan perehtyneille merkki siitä, että levyn tekemiseen on panostettu, mutta ostopäätöstä ei uskoakseni kukaan kuitenkaan tee levyn masteroijan perusteella.

Artisteja, äänittäjiä, miksaajia, tuottajia ja julkaisijoita silmälläpitäen on hyvä kerrata vielä, missä muodossa kappaleet tulee toimittaa masterointiin. Lopullista formaattia paremmat näytetaajuudet ja bittiresoluutiot ovat luonnollisesti masteroijan mieleen eikä niitä ennen masterointia tulisi koskaan pudottaa pienemmiksi eikä kappaleita ditheroida. Kappaleiden alkuihin ja loppuihin tehtävät häivytykset voi myös huoletta jättää masteroijan vastuulle. Moni miksaaja ajaa kuuntelumiksaukset masterkompressorin tai -limitterin läpi saavuttaakseen suuremman äänenvoimakkuuden. Masterointiin toimitettavista versioista nämä kannattaa kuitenkin jättää pois ja antaa masteroijan huolehtia yleisdynamiikan säätämisestä.

Miksauksia vertailtaessa aiemmin julkaistuihin levyihin, kannattaa miksaajien muutenkin pitää mielessä masteroidun ja masteroimattoman materiaalin ero. Masterointiin toimitettavia kappaleita ei myöskään tulisi koskaan normalisoida. Äänitiedostot datana verkon yli, CD- tai DVD -levyillä, ulkoisella kovalevyllä, muistitikulla tai vastaavalla kelpaavat hyvin. Soiva audio-CD on huono tapa kappaleiden toimittamiseen, sillä se on herkkä polttovirheille ja poltto-ohjelmista löytyville tarpeettomille prosessoinneille, jotka saattavat oletusarvoisesti olla päällä käyttäjän siitä tietämättä.

Masterointi on työnä kehittynyt ja monipuolistunut alkuajoistaan niin paljon, että rautaisen ammattitaidon saavuttaminen vaatii runsaasti perehtymistä ja työvuosia. Paras tapa oppia masteroimaan, on tekemällä työtä ammattitaitoisen masteroijan opastuksella. Vaikka äänitekniikan lainalaisuudet pysyvät vuodesta toiseen samoina, tuo nopeasti kehittyvän audiotekniikan tutkiminen ja hyödyntäminen masteroijallekin uusia käyttökelpoisia apuvälineitä. Samoin jatkuvasti muuttuvan musiikkiteollisuuden mukana pysyminen on työn jatkuvuuden kannalta olennaista.

Sosiaalinen verkostoituminen ja yhteistyötaidot ovat myös masteroijalle tärkeitä. Pohjimmiltaan masterointi on kuitenkin melko suoraviivaista asiakaspalvelutyötä. Itse en pidä mahdollisena, että Suomen kokoisessa maassa profiloituminen vain jonkin tietyn musiikkityylin masteroijaksi olisi mahdollista tai kannattavaa, ja uskonkin monipuolisen musiikillisen sivistyksen olevan tärkeää työnsaannin kannalta. Niin sanottu online-masterointi, jossa masteroitava materiaali toimitetaan työstettäväksi verkon yli tarvittaessa vaikka eri mantereelle, on helpottanut myös kansainvälisten asiakassuhteiden luomisessa.

Mielestäni masterointi voisi hyvin kuulua suuremmassa määrin myös musiikkiteknologian opetussuunnitelmiin. Masteroijalle on musiikillisen sivistyksen lisäksi todella hyödyllistä tuntea äänitekniikkaa myös äänitys- ja miksauspuolelta, jotta hän ymmärtää, miten erilaisiin ratkaisuihin on päädytty ja miten ne on toteutettu. Masterointikurssi opintojen loppupuolella olisikin siksi varsin luontevaa jatkoa äänityksen ja miksauksen peruskursseille. Opetuskäyttöön rakennetuissa äänitysstudioissa tavallisimpien masterointiratkaisujen kokeileminen ja toteuttaminen on myös osin mahdollista, vaikka studioita ei masterointikäyttöön ensisijaisesti olisikaan suunniteltu. Masteroija kuuntelee musiikkia kuitenkin eri kantilta kuin

miksaaja tai äänittäjä ja analyyttisen musiikinkuuntelutaidon kannalta olisi opiskelijalle varmasti hyödyllistä tutkia äänitteitä myös masteroijan näkökulmasta.

Koska opinnäytetyössäni on kyse masterointityöhön liittyvän perustiedon ja yleiskuvan antaminen, ei kaikkiin pieniin yksityiskohtiin ollut mahdollista syventyä. Useampi työssäni käsitelty aihealue, kuten esimerkiksi digitaaliääni, signaaliprosessointi, masterointistudion akustointi tai vinyylilevyn masterointi ovat lisäksi yksistään jo niin laajoja kokonaisuuksia, että tarkka ja hyvin perusteellinen selvitys aiheesta olisi reilusti tämän työn mahdollisuuksien ulkopuolella. Työtä voisi helposti jatkaa myös 5.1 surround -äänitteiden masterointiin. Masteroinnista on kirjoitettu englanninkielelläkin vain muutama teos ja siksi lähdemateriaalin etsimisessä oli paljon työtä. Jouduin käyttämään lähdeaineistona tästä syystä myös paljon nettiartikkeleita. Red Book -normiin olisin mielelläni perehtynyt tarkemmin, mutta koska normin lisensointi on kallista ja sisältää lisäksi jonkinasteisen salassapitosopimuksen, oli tarkkaa tietoa saatavilla rajallisesti.

LÄHTEET

Anderson, T. 2007. How CDs are remastering the art of noise. The Guardian. Julkaistu 18.1.2007.

Backman, L. 2000a. Bittivähennyskooderit digitaalisessa äänitekniikassa -kuin aidanraoista kurkkimista. Riffi 1/2000, 63–65.

Ballou, G. 1998. Handbook for Sound Engineers, The New Audio Cyclopeda. 2. painos. Yhdysvallat: Focal Press.

Bassal, D. 2005. The Practice of Mastering – 1: History. Julkaistu 9.3.2005. Luettu 11.12.2008. <http://www.macmusic.org/articles/view.php/lang/en/id/91/>

Buskin, R. 2006. CLASSIC TRACKS: Big Star: 'September Gurls'. Sound on Sound. huhtikuu 2006.

Chicago Mastering Service. Recommended Optimal and Maximum Times for Sides for Vinyl. Luettu 19.2.2009. <http://www.chicagomasteringservice.com/vinyl.html>

Diament, B. Declaring an end to the loudness wars. Luettu 13.2.2009. <http://www.barrydiamentaudio.com/loudness.htm>

Graham, G. 1999. Whatever Happened to Dynamic Range on Compact Discs? Julkaistu 1999. Luettu 13.2.2008. <http://www.georgegraham.com/compress.html>

Huber, D. M. & Runstein, R. E. 2005. Modern Recording Techniques. 6. painos. Yhdysvallat: Focal Press.

Immink, K. 1998. THE CD STORY. The Journal of the AES, vol 46, 1998.

Jones, S. 2005. The Big Squeeze. Julkaistu 1.12.2005. Luettu 13.2.2009. http://mixonline.com/mag/audio_big_squeeze/

Katz, B. 2002. Mastering Audio: The Art and the Science. 1. painos. Kanada: Focal Press.

Katz, B. 2007. Mastering Audio: The Art and the Science. 2. painos. Kanada: Focal Press.

Laaksonen, J. 2006. Äänityön kivijalka. 1. painos. Helsinki: Idemco Oy, Riffi-julkaisut.

Laaksonen, J. 2009. Henkilökohtainen tiedonanto. 23.3.2009.

Larkin, A. 2007. Music gets louder. Julkaistu 4.6.2007. Luettu 13.2.2009 http://www.bbc.co.uk/6music/news/20070604_music.shtml

Larmola, K. 2007. Rautamaailma: Kun kaikki on kohdallaan, työ vasta alkaa eli masteroinnin salat, osa 1 (historia ja filosofia). Sue x/2007, 26.

- McFadden, Andy. 2009. CD-Recordable FAQ. Päivitetty 25.1.2009. Luettu 13.2.2009. <http://www.cdrrfaq.org/>
- Owsinski, B. 2008. The Mastering Engineer's Handbook. Second Edition: The Audio Mastering Handbook. 2. Painos. Yhdysvallat: Thomson Course Technology.
- Rowan, R. 2002. Over the Limit. ProRec. Julkaistu 31.8.2002. Luettu 13.2.2009. <http://www.prorec.com/Articles/tabid/109/EntryId/247/Over-the-Limit.aspx>
- Rivait, L. 2008. Forget CDs: a return to music's vinyl roots. Julkaistu 28.1.2009. Luettu 18.2.2009. <http://pastthepages.ca/090128/arts1.html>
- Ruippo, M. 2003. Musiikkia verkossa. Päivitetty 9.9.2005. Luettu 25.2.2009. http://movenet.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=64&Itemid=39
- Shepherd, I. 2008a. DIY Mastering Part 3 - Room Acoustics, Treatment and Layout. Julkaistu 11.4.2008. Luettu 13.2.2009. <http://mastering-media.blogspot.com/2008/04/diy-mastering-part-3-room-acoustics.html>
- Shepherd, I. 2008b. DIY Mastering part 4 – Mastering Speakers and Monitors. Julkaistu 27.05.2008. Luettu 11.12.2008. <http://mastering-media.blogspot.com/2008/05/diy-mastering-part-3-mastering-speakers.html>
- Shepherd, I. 2008c. 8 Music Mastering Techniques to Make Your CDs Sound Better. Julkaistu 4.11.2008. Luettu 13.2.2009. <http://mastering-media.blogspot.com/2008/11/music-mastering-techniques-to-make-your.html>
- Shepherd, I. 2008d. Mastering Techniques - Using A Compressor - Part 1. Julkaistu 20.8.2008. Luettu 13.2.2009. <http://mastering-media.blogspot.com/2008/08/mastering-techniques-1-using-compressor.html>
- Sherwin, A. 2007. Why music really is getting louder. The Times. Julkaistu 4.6.2007.
- Southall, N. 2006. Imperfect Sound Forever. Stylus Magazine. http://www.stylusmagazine.com/articles/weekly_article/imperfect-sound-forever.htm. Julkaistu 1.5.2006. Luettu 13.2.2009.
- Stubblebine, P. A History of Mastering. Tulostettu 11.12.2008. http://www.paulstubblebine.com/library/li_hi.php
- Suntola, S. 2000. Luova Studiotyö. 1. painos. Helsinki: Idemco Oy.
- Suomen Ääni- ja kuvatallennetuottajat ÄKT ry. ISRC-tietoa äänitteiden tuottajille. Luettu 13.2.2009. <http://www.ifpi.fi/info/palvelut/kayttoohjeet>
- Varghese, S. 2003. Philips concerned over side effects of copy-protection technology. Julkaistu 27.5.2003. Luettu 19.2.2009. <http://www.smh.com.au/articles/2003/05/27/1053801372394.html>
- Vestman, J. 1998. Cassette Tips. Luettu 19.2.2009. http://www.johnvestman.com/cass_tips.htm

Vestman, J. 2006. Hot CD Disease!!!. Päivitetty 13.12.2006. Luettu 13.2.2009.
<http://www.johnvestman.com/disease.htm>

Walker, M. 2001. Mastering Masters, CD Mastering On Your PC: Tools & Techniques.
Sound on Sound kesäkuu 2001.

White, P. 2001. Advanced compression techniques part 2. Sound on Sound
tammikuu 2001.

Zuel, B. 2009. Just for the record. Julkaistu 24.1.2009. Luettu 18.2.2009.
<http://www.smh.com.au/news/entertainment/music/just-for-the-record/2009/01/23/1232471564924.html>