

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANA BİLİM DALI
MÜZİK VE SAHNE SANATLARI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SAYISAL SES İŞ İSTASYONU YAZILIMLARINDA SES
NİTELİĞİ FARKLARININ İNCELENMESİ VE
KARŞILAŞTIRILMASI**

**MEHMETHAN DİŞBUDAK
18740013**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. ARDA EDEN**

**İSTANBUL
2021**

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANA BİLİM DALI
MÜZİK VE SAHNE SANATLARI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SAYISAL SES İŞ İSTASYONU
YAZILIMLARINDA SES NİTELİĞİ
FARKLARININ İNCELENMESİ VE
KARŞILAŞTIRILMASI**

**MEHMETHAN DIŞBUDAK
18740013
ORCID NO: 0000-0002-1199-9476**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. ARDA EDEN**

**İSTANBUL
2021**

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANA BİLİM DALI
MÜZİK VE SAHNE SANATLARI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SAYISAL SES İŞ İSTASYONU
YAZILIMLARINDA SES NİTELİĞİ
FARKLARININ İNCELENMESİ VE
KARŞILAŞTIRILMASI

MEHMETHAN DİŞBUDAK
18740013

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 12.08.2021

Tezin Savunulduğu Tarih: 26.07.2021

Tez Oy Birliği ile Başarılı Bulunmuştur

	Unvan Ad Soyad	İmza
Tez Danışmanı	: Doç.Dr. Arda Eden	
Jüri Üyeleri	: Prof. Dr. Can Karadoğan	
	Doç. Dr. Aslıhan Erzurum Özel	

İSTANBUL
TEMMUZ 2021

Öz

SAYISAL SES İŞ İSTASYONU YAZILIMLARINDA SES NİTELİĞİ FARKLARININ İNCELENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Mehmethan Dişbudak

Temmuz, 2021

70’li yıllarda başlayan ve günümüze uzanan yaklaşık 50 senelik gelişim sürecinden geçmiş, analog ses sinyalin sayısal veriye dönüştürülüp işlendiği sayısal ses iş istasyonları (DAW), ulaşılan teknoloji ve bu teknolojinin sağladığı imkanlar ile müzik üretiminin vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir. İki kanal ses kaydedebilme ve kaydedilen bu sesin belirli bir bölgesini kesebilme özelliği ile başlayan yazılımların gelişimi, günümüzde çok kanallı kayıt, midi desteği, sanal enstrümanlar, ses efektleri, otomasyon, spektral düzenlenme, perde düzeltme ve daha bir çok özellikle birlikte geçmişte hayal bile edilemeyecek boyutlara gelmiştir. Müzik prodüksiyonunda kullanılabilecek yazılımların sayıca fazla olması, aralarındaki fiyat farkları, yazılımların reklam kampanyaları, müzik prodüksiyon camiasında tanınan kişilerin açıklamaları gibi sebeplerle bu yazılımlar arasında ses kalitesi veya üstünlüğü konusunda uzun yıllardır süre gelen bazı tartışmalar başlamıştır. Bu çalışmanın da çıkış noktasını oluşturan ses niteliği farkları ile ilgili tartışmalar ve iddialar yazılımlardan alınan çıktıların detaylı analizleri ile incelenmiştir. Panlama, fader hareketleri, eklentiler, otomasyon, arabellek boyutu, çıktı zaman aralığı, çıktı formatı gibi ses farkı oluşturma olasılığı bulunan faktörler öncelikle tek bir test sinyali ve tek bir kanalda detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Tek bir kanal ve tek test sinyali kullanılması sayesinde yazılımların analiz edilen faktörle ilgili çalışma şekli izole edilerek ortaya çıkarılmıştır. Sonrasında, çok kanallı projelerin analizleri yapılmış ve tek kanal analizlerinden elde edilen verilerin yardımıyla ölçülen farkların nedenleri ortaya konulmuştur. Oluşan sayısal farkların büyüklüğüne göre yazılımlarda aynı ayarlar ile hazırlanmış müzik prodüksiyonu projeleri arasında ses niteliği farkının duyulma olasılığı tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sayısal Ses İş İstasyonu, DAW, Ses Farkı, Ses Niteliği, Sayısal Ses

ABSTRACT

ANALYSIS AND COMPARISON OF SOUND QUALITY DIFFERENCES IN DIGITAL AUDIO WORKSTATION SOFTWARE

Mehmethan Dişbudak

July, 2021

Digital audio workstation (DAW), where analog audio signals are converted into digital data and processed, have become one of the indispensable elements of music production with the technology achieved and the opportunities provided by this technology. The development of software that started with the ability to record two-channel sound and cut a certain part of this recorded sound, today has come to proportions that could not be imagined in the past with multi-channel recording, midi support, virtual instruments, sound effects, automation, spectral editing, pitch correction and many more features. Due to the large number of software that can be used in music production, the price differences between them, the advertising campaigns of the software, the statements of the people known in the music production community, there have been some discussions about sound quality or superiority among these software for many years. The arguments and claims about the differences in sound quality, which constitute the starting point of this study, have been examined with detailed analysis of the mixdowns obtained from the software. Factors such as panning, fader movements, plugins, automation, buffer size, mixdown time interval, output format, which are likely to create a sound difference, are firstly analyzed with a single test signal on a single track. Thanks to the use of a single channel and a single test signal, the way the software works on the analyzed factor has been isolated and revealed. Afterwards, the analysis of the multi-channel projects was made and the reasons for the differences measured were revealed with the help of the data obtained from the single channel analysis. The possibility of hearing the difference in sound quality between music production projects prepared with the same settings was discussed according to the magnitude of the numerical differences.

Keywords: Digital Audio Workstations, DAW, Sound differences, Sound Quality, Digital Audio

ÖN SÖZ

Öncelikle Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sanat ve Tasarım Ana Bilim Dalı Müzik ve Sahne Sanatları Bölümünde bulunan değerli hocalarımla ve bölümdeki güzel eğitim, imkan ve olanaklarla ile beni buluşturan ve yüksek lisans yapmam konusunda beni cesaretlendiren değerli hocam Prof. Dr. Turan SAĞER'e, gerek bu tez çalışmasında gerekse takıldığım diğer teknik konularda bana engin tecrübesini sunan ve uzun saatler boyu zamanını ayıran değerli hocam Doç. Dr. Arda EDEN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Yapılması uzun saatler süren analizler ve aylarca süren bir emekle ortaya çıkan bu çalışmanın, müzik prodüksiyonu camiasında amatör veya profesyonel olarak çalışan kişilere ve müzik teknolojisi bölümünde okuyan öğrencilere, yazılımların çalışma prensiplerini, aralarındaki ses niteliği benzerlik ve farkların nedenlerini anlamaları konusunda ışık tutan bir kaynak olmasını temenni ederim.

İstanbul, Temmuz, 2021

Mehmethan Dışbudak

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	ix
GRAFİKLER LİSTESİ.....	xii
RESİMLER LİSTESİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Temel Kavramlar.....	2
1.2 Problem Durumu	13
1.3 Amaç	14
2. YÖNTEM	15
3. BULGULAR VE YORUMLAR	19
3.1 Yazılımlarda Ses Kaydının İncelenmesi ve Karşılaştırması	19
3.2 Panlama Davranışlarının İncelenmesi ve Karşılaştırılması.....	21
3.2.1 Yazılımlarda Pan Kanunu Tercihlerinin Temel Panlama Fonksiyonları ile Karşılaştırılması.....	21
3.2.2 Yazılımların Pan Kanunu Davranışlarına Göre Gruplandırılması.....	23
3.2.3 1. Grup Yazılımlarında Pan Otomasyonunun Karşılaştırılması.....	25
3.2.4 2. Grup Yazılımlarında Pan Otomasyonunun Karşılaştırılması.....	27
3.2.5 3. Grup Yazılımlarında Pan Otomasyonunun Karşılaştırılması.....	29
3.2.6 Çıktılar Alınırken Kullanılan Zaman Aralığının Pan Otomasyonu Üzerindeki Etkileri.....	30
3.2.7 Arabellek Boyutunun Pan Otomasyonu Üzerindeki Etkisi.....	34
3.2.8 1. Grup Yazılımlarında Sabit Ara Pan Konumlarının Karşılaştırması.....	39
3.2.9 2. Grup Yazılımlarında Sabit Ara Pan Konumlarının Karşılaştırması.....	42
3.2.10 3. Grup Yazılımlarında Sabit Ara Pan Konumlarının Karşılaştırması.....	43
3.2.11 Stereo Kanallarda Panlama	44
3.2.12 1. Grup Yazılımlarında Stereo Denge Pan Kontrolü ile Pan Otomasyonu	48
3.2.13 2. Grup Yazılımlarında Stereo Denge Pan Kontrolü ile Pan Otomasyonu	49
3.2.14 3. Grup Yazılımlarında Stereo Denge Pan Kontrolü ile Pan Otomasyonu	51
3.2.15 Yazılımlarında Gerçek Stereo Pan Kontrolü (Dual Pan) Kullanılması	52
3.3 Fader Davranışlarının İncelenmesi ve Karşılaştırılması.....	55
3.3.1 1. Grup Fader Otomasyonu Karşılaştırması.....	56

3.3.2	2. Grup Fader Otomasyonu Karşılaştırması.....	58
3.3.3	3. Grup Fader Otomasyonu Karşılaştırması.....	60
3.3.4	Çıktı Zaman Aralığının Fader Otomasyonu Üzerindeki Etkisi	61
3.3.5	Arabellek Boyutunun Fader Otomasyonu Üzerindeki Etkisi	62
3.3.6	Sabit Fader Pozisyonlarının Karşılaştırılması.....	67
3.4	Ses Klibi Üzerinde Doğrusal Sönümleme (Fade Out) İşlemi	69
3.5	Ses Klibinde Hızlandırma ve Yavaşlatma (Stretch).....	74
3.6	3. Parti Ses Eklentilerinin İncelenmesi.....	79
3.6.1	Waves Api 2500 (v. 10.0.0)	80
3.6.2	Waves Audio Track (v. 10.0.0).....	81
3.6.3	Waves GTR Stomp 6 (v. 10.0.0).....	82
3.6.4	Waves H Reverb Long (v. 10.0.0)	84
3.6.5	Waves L2 Ultramaximizer (v. 10.0.0)	85
3.6.6	Waves Manny Delay (v. 10.0.0)	87
3.6.7	Waves Q10 Equalizer (v. 10.0.0).....	89
3.6.8	Waves S1 Stereo Imager (v. 10.0.0)	90
3.6.9	Ceiling of Sound Hyper EQ (v. 0.4.0)	92
3.6.10	Izotope Neutron (v. 3.2.0.3499).....	93
3.7	3. Parti MIDI Sanal Enstrüman Eklentileri	95
3.7.1	Air Xpand!2 (v. 2.2.7.19000).....	95
3.7.2	ReFX Nexus3 (v. 3.3.4)	97
3.7.3	MpowerSynth (v. 14.05)	99
3.7.4	Lethal (v. 1.0.14).....	100
3.7.5	EZkeys.....	102
3.8	3. Parti Eklentilerde Aynı Ayarlar ile Tekrar Çıktı Alınması	103
3.9	Arabellek Boyutunun 3. Parti Eklenti Otomasyonu Üzerindeki Etkisi.....	104
3.10	Çıktı Zaman Aralığı Değişiminin 3 Parti Otomasyonu Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi.....	111
3.11	Yazılımlarda Dikey Otomasyon Kullanılması	113
3.12	Çok Kanallı Proje ve Ses Birleştirme Motoru	114
3.12.1	1. Grup Yazılımlarında Ses Birleştirme Motoru Karşılaştırması.....	115
3.12.2	2. Grup Yazılımlarında Ses Birleştirme Motoru Karşılaştırması.....	117
3.12.3	3. Grup Yazılımlarında Ses Birleştirme Motoru Karşılaştırması.....	119
3.13	Yazılımlarda Çıktı Formatlarının Karşılaştırılması.....	120
3.14	Müzik Prodüksiyonu Çıktılarının Karşılaştırılması	125
3.14.1	Live – FL Studio (C) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması	127
3.14.2	Live – Reaper (-3G) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması	129
3.14.3	FLStudio (C)- Reaper (-3G) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması ...	130
3.14.4	Cubase (0) – FL Studio (T) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması	133
3.14.5	FL Studio (T) – Reaper (0L) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması ..	136
3.14.6	Cubase (-3) – Studio One Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması	137
3.14.7	Cubase (-3) – Pro Tools (-3) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması ..	138
3.14.8	Studio One – Pro Tools (-3) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması ...	139
3.15	MIDI Sanal Enstrüman Eklentileri ile Müzik Prodüksiyonu	139
3.15.1	Fark Oluşturan Sanal Enstrümanların Kapatılması ile Alınan Yeni Çıktı	

4. SONUÇ 145

4.1	Yazılım Çıktılarında Tespit Edilen Sayısal Farklar.....	145
4.1.1	Ses Kaydı	145
4.1.2	Panlama	145
4.1.3	Fader Konumu.....	147
4.1.4	Klip Fade ve Stretch.....	147
4.1.5	Klip Stretch	148
4.1.6	3. Parti Ses ve Sanal Enstrüman Eklentileri.....	148
4.1.7	Çıktı Zaman Aralığının Otomasyon Üzerindeki Etkileri	148
4.1.8	Arabellek Boyutunun Otomasyon Üzerindeki Etkileri	149
4.1.9	Ses Birleştirme Motoru	150
4.1.10	Çıktı Formatlarının Karşılaştırılması	150
4.1.11	Karşılaşılan Yazılım Hatası İhtimalleri veya Yazılım Algoritmasına Bağlı Farklı Davranışlar	150
4.2	Ölçülen Sayısal Farkların Duyulması.....	151
4.3	Çok Kanallı Yazılım Çıktıları Arasındaki Ses Niteliği Farkının Duyulması	154
4.3.1	1. Grup: Ableton, FL Studio (C) ve Reaper (-3G)	156
4.3.2	2. Grup: Cubase (0), FL Studio (T) ve Reaper (0L).....	157
4.3.3	3. Grup: Cubase (-3), Studio One ve Pro Tools	159
4.3.4	Farklı Gruplardaki Yazılımların Karşılaştırılması Durumu	160
4.3.5	Ses Kalitesi, Ses Üstünlüğü İddiaları	161
KAYNAKÇA.....		177

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1.1: Panlama Fonksiyonları.....	12
Tablo 1.2.1: Yazılımların Sunduğu Pan Kanunu Seçenekleri.....	17
Tablo 1.2.2: Yazılım Çıktılarının İsimlendirmesi	18
Tablo 3.1.1: Studio One ve Diğer Yazılım Kayıtlarında Ölçülen Peak (dB) ve RMS (dB).....	21
Tablo 3.2.1: Merkez Pan Konumunda Ölçülen Peak ve Seviye Değişimi.....	23
Tablo 3.2.2: Tam Sol (L100) Pan Konumunda Ölçülen Peak ve Sol Kanal Seviye Değişimi	24
Tablo 3.2.3: Pan Kanunu Davranışlarına Göre Gruplandırılmış Yazılımlar.....	24
Tablo 3.2.4: 1. Grup Pan Otomasyonu Fark Analizi.....	26
Tablo 3.2.5: 2. Grup Pan Otomasyonu Fark Analizi (dB)	28
Tablo 3.2.6: 3. Grup Pan Otomasyonu Fark Analizi (dB)	30
Tablo 3.2.7: 1. ve 2. Zaman Aralığı Karşılaştırmalarının Fark Analizi (dB).....	31
Tablo 3.2.8: 1. ve 3. Zaman Aralığı Karşılaştırmalarının Fark Analizi (dB).....	32
Tablo 3.2.9: Live 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu Fark Analizi (dB).....	35
Tablo 3.2.10: Cubase 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu Fark Analizi (dB).....	37
Tablo 3.2.11: Studio One 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu Fark Analizi (dB)	39
Tablo 3.2.12: 1. Grup Sabit Ara Pan Konumları Analizi (dB).....	41
Tablo 3.2.13: 2. Grup Sabit Ara Pan Konumları Analizi (dB).....	42
Tablo 3.2.14: 3. Grup Sabit Ara Pan Konumları Analizi (dB).....	44
Tablo 3.2.15: Stereo Kanal Panlama Seçenekleri	45
Tablo 3.2.16: Merkez Pan Konumunda Ölçülen Peak ve Seviye Değişimi.....	46
Tablo 3.2.17: Stereo Kanal Çıktıları ve Test Sinyali arasında RMS ve Peak Farkı (dB)	46
Tablo 3.2.18: Tam Sol Pan Konumunda Ölçülen Peak ve Seviye Değişimi	47
Tablo 3.2.19: Mono ve Stereo Kanallar için Pan Grupları.....	47
Tablo 3.2.20: 1. Grup Yazılımlarında Stereo Kanal Pan Otomasyon Fark Analizi (dB)	49
Tablo 3.2.21: 2. Grup Yazılımlarında Stereo Kanal Pan Otomasyon Fark Analizi (dB)	50
Tablo 3.2.22: 3. Grup Yazılımlarında Stereo Kanal Pan Otomasyon Fark Analizi (dB)	51
Tablo 3.2.23: Dual Pan Çıktılarında Ölçülen Peak (dB).....	52
Tablo 3.2.24: 2. Grup Dual Pan Çıktılarının Fark Analizi (dB)	53
Tablo 3.2.25: 3. Grup Dual Pan Çıktılarının Fark Analizi (dB)	54
Tablo 3.3.1: Yazılımlarda İzin Verilen Fader Hareket Aralığı	55
Tablo 3.3.2: 1. Grup Fader Otomasyonu Analizi (dB).....	57

Tablo 3.3.3: 2. Grup Fader Otomasyonu Analizi (dB).....	59
Tablo 3.3.4: 3. Grup Fader Otomasyonu Analizi (dB).....	61
Tablo 3.3.5: 1. ve 2. Zaman Aralığı Karşılaştırmalarında Ölçülen Maksimum Fark (dB).....	61
Tablo 3.3.6: Cubase 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Fader Otomasyonu Analizi (dB).....	63
Tablo 3.3.7: FL Studio 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Fader Otomasyonu Analizi (dB).....	65
Tablo 3.3.8: Studio One 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Fader Otomasyonu Analizi (dB).....	66
Tablo 3.3.9: 1. Grup Sabit Fader Pozisyonlarının Analizi (dB).....	67
Tablo 3.3.10: 2. Grup Sabit Fader Pozisyonlarının Analizi (dB).....	68
Tablo 3.3.11: 3. Grup Sabit Fader Pozisyonlarının Analizi (dB).....	69
Tablo 3.4.1: 1. Grup Sönümleme İşlemi Analizi (dB).....	71
Tablo 3.4.2: 2. Grup Sönümleme İşlemi Analizi (dB).....	73
Tablo 3.4.3: 3. Grup Sönümleme İşlemi Analizi (dB).....	74
Tablo 3.5.1: Live Stretch Algoritmaları Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)	75
Tablo 3.5.2: Cubase Stretch Algoritmaları Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)....	75
Tablo 3.5.3: FL Studio Stretch Algoritmaları Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB) 75	
Tablo 3.5.4: Pro Tools Stretch Algoritmaları Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB) 76	
Tablo 3.5.5: Reaper Stretch Algoritmaları Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)	76
Tablo 3.5.6: Studio One Stretch Algoritmaları Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)	76
Tablo 3.6.1: Api 2500 Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB).....	80
Tablo 3.6.2: Audiotrack Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB).....	82
Tablo 3.6.3: Gtr Stomp 6 Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)	83
Tablo 3.6.4: H - Reverb Long Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB).....	85
Tablo 3.6.5: L2 Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)	87
Tablo 3.6.6: Manny Delay Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB).....	89
Tablo 3.6.7: Waves Q10 Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB).....	90
Tablo 3.6.8: S1 Stereo Imager Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)	91
Tablo 3.6.9: Hyper Eq Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)	92
Tablo 3.6.10: Neutron Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB).....	94
Tablo 3.7.1: Xpand!2 Çıktıları Ortalama RMS Fark (dB)	96
Tablo 3.7.2: Nexus3 Çıktıları Ortalama RMS Fark (dB).....	98
Tablo 3.7.3: MpowerSynth Çıktıları Ortalama RMS Fark (dB)	100
Tablo 3.7.4: Lethal Çıktıları Ortalama RMS Fark (dB).....	101
Tablo 3.7.5: Ezkeys Ortalama RMS Fark (dB).....	103
Tablo 3.8.1: Ses Eklentilerinde 1. ve 2. Çıktı Ortalama RMS Fark (dB)	103
Tablo 3.8.2: Sanal Enstrümanlarda 1. ve 2. Çıktı Ortalama RMS Fark (dB)	104
Tablo 3.9.1: Live Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Analizi (dB).....	105
Tablo 3.9.2: Cubase Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Analizi (dB)	106
Tablo 3.9.3: FL Studio Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Analizi (dB)..	107
Tablo 3.9.4: Pro Tools Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Analizi (dB) ..	108
Tablo 3.9.5: Reaper Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Analizi (dB).....	109
Tablo 3.9.6: Studio One Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Analizi (dB)	110
Tablo 3.12.1: Kanal Listesi ve Ayarları	115
Tablo 3.12.2: 1. Grup RMS (dB) ve Peak (dB) Fark Analiz Tablosu.....	117

Tablo 3.12.3: 2. Grup RMS (dB) ve Peak (dB) Fark Analizi (dB)	118
Tablo 3.12.4: 3. Grup RMS (dB) ve Peak (dB) Fark Analizi (dB)	120
Tablo 3.13.1: Live Dithering Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)	121
Tablo 3.13.2: Cubase Dithering Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)	121
Tablo 3.13.3: FL Studio, Studio One ve Reaper Dithering Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)	122
Tablo 3.13.4: Pro Tools Dithering Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)	122
Tablo 3.13.5: Yazılımların MP3 Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)	124
Tablo 3.14.1: Müzik Prodüksiyonu Projelerinde Kullanılan Kanal Ayarları	125
Tablo 3.15.1: Sanal Enstrüman 2. Çıktılarında Ortalama RMS Fark (dB)	143
Tablo 4.2.1: Pro Tools ve Live Çıktılarının Analizi (dB)	152
Tablo 4.2.2: Pro Tools ve Live 2. Çıktılarının Analizi (dB)	153
Tablo 4.3.1: 1. Grup Yazılımları arasında Peak (dB) ve RMS (dB) Fark Tablosu.	156
Tablo 4.3.2: 2. Grup Yazılımları arasında Peak (dB) ve RMS (dB) Fark Tablosu.	158
Tablo 4.3.3: 3. Grup Yazılımları arasında Peak (dB) ve RMS (dB) Fark Tablosu.	159

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1.1.1: Doğrusal Panlama Fonksiyonu ve Güç	12
Grafik 1.1.2: Kare Kanunu Fonksiyonu ve Güç	13
Grafik 1.1.3: Sinüs Kanunu Fonksiyonu ve Güç	13
Grafik 3.1.1: Konuşma Kayıtlarının Dalga Formu Grafiği	20
Grafik 3.2.1: Sinüs Kanunu Fonksiyonu ile Eşleşen Yazılımlar	22
Grafik 3.2.2: Sinüs Kanunu Fonksiyonu ile Benzeşen Yazılımlar	22
Grafik 3.2.3: Temel Panlama Fonksiyonları ile Örtüşmeyen Yazılımlar	22
Grafik 3.2.4: 1. Grup Pan Otomasyonu Karşılaştırma Grafikleri	26
Grafik 3.2.5: 2. Grup Pan Otomasyonu Karşılaştırma Grafikleri	28
Grafik 3.2.6: 3. Grup Pan Otomasyonu Karşılaştırma Grafikleri	29
Grafik 3.2.7: FL Studio (C) 2. Zaman Aralığı Çıktısı Dalga Formu	33
Grafik 3.2.8: Studio One 1. ve 3. Zaman Aralığı Çıktılarında Dalga Formu	34
Grafik 3.2.9: Live 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu	35
Grafik 3.2.10: Cubase 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu ..	37
Grafik 3.2.11: Studio One 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu	38
Grafik 3.2.12: 1. Grup Sabit Ara Pan Konumları Karşılaştırması	40
Grafik 3.2.13: 2. Grup Sabit Ara Pan Konumları Karşılaştırması	42
Grafik 3.2.14: 3. Grup Sabit Ara Pan Konumları Karşılaştırması	43
Grafik 3.2.15: 1. Grup Yazılımlarında Stereo Kanal Pan Otomasyonu	48
Grafik 3.2.16: 2. Grup Yazılımlarında Stereo Kanal Pan Otomasyonu	50
Grafik 3.2.17: 3. Grup Yazılımlarında Stereo Kanal Pan Otomasyonu	51
Grafik 3.2.18: 2. Grup Dual Pan Çıktılarının Karşılaştırması	53
Grafik 3.2.19: 3. Grup Dual Pan Çıktılarının Karşılaştırması	54
Grafik 3.3.1: 1. Grup Fader Otomasyonu	57
Grafik 3.3.2: 2. Grup Fader Otomasyonu	59
Grafik 3.3.3: 3. Grup Fader Otomasyonu	60
Grafik 3.3.4: Cubase 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Fader Otomasyonu ..	63
Grafik 3.3.5: FL Studio 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Fader Otomasyonu	64
Grafik 3.3.6: Studio One 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Fader Otomasyonu	66
Grafik 3.3.7: 1. Grup Sabit Fader Pozisyonlarının Karşılaştırması	67
Grafik 3.3.8: 2. Grup Sabit Fader Pozisyonlarının Karşılaştırması	68
Grafik 3.3.9: 3. Grup Sabit Fader Pozisyonlarının Karşılaştırması	69
Grafik 3.4.1: 1. Grup Sönümlleme İşlemi Karşılaştırmaları	71
Grafik 3.4.2: 2. Grup Sönümlleme İşlemi Karşılaştırmaları	72
Grafik 3.4.3: 3. Grup Sönümlleme İşlemi Karşılaştırmaları	74
Grafik 3.5.1: Yazılımların Stretch Algoritmalarının Live Beats Algoritması ile Dalga Formu Fark Grafikleri	78

Grafik 3.5.2: Benzerlik Gösteren Stretch Algoritmaları.....	79
Grafik 3.6.1: Api 2500 Çıktılarının Karşılaştırması	80
Grafik 3.6.2: Audio Track Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması.....	81
Grafik 3.6.3: GTR Stomp 6 Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması.....	83
Grafik 3.6.4: H – Reverb Long Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması	84
Grafik 3.6.5: L2 Ultramaximizer Eklentisi Dalga Formu Farkı	86
Grafik 3.6.6: Cubase’de Oluşan Kayma	86
Grafik 3.6.7: Manny Delay Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması	88
Grafik 3.6.8: Cubase’ te Oluşan Kayma	88
Grafik 3.6.9: Q10 Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması	90
Grafik 3.6.10: S1 Stereo Imager Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması	91
Grafik 3.6.11: Hyper EQ Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması.....	92
Grafik 3.6.12: Neutron Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması.....	93
Grafik 3.6.13: Cubase’de Oluşan Kayma	94
Grafik 3.7.1: Xpand!2 Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması	96
Grafik 3.7.2: Nexus3 Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması.....	98
Grafik 3.7.3: MPowerSynth Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması.....	99
Grafik 3.7.4: Lethal Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması.....	101
Grafik 3.7.5: EZkeys Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması.....	102
Grafik 3.9.1: Live Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Değişimi.....	105
Grafik 3.9.2: Cubase Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Değişimi	106
Grafik 3.9.3: FL Studio Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Değişimi.....	107
Grafik 3.9.4: Pro Tools Yazılımı Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Değişimi	108
Grafik 3.9.5: Reaper Yazılımı Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Değişimi	109
Grafik 3.9.6: Studio One Yazılımı Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Değişimi	110
Grafik 3.10.1: Live Eklenti Otomasyonunda Zaman Aralığı Değişimi.....	111
Grafik 3.10.2: Cubase Eklenti Otomasyonunda Zaman Aralığı Değişimi	111
Grafik 3.10.3: Pro Tools Eklenti Otomasyonunda Zaman Aralığı Değişimi	112
Grafik 3.10.4: FL Studio Eklenti Otomasyonunda Zaman Aralığı Değişimi.....	112
Grafik 3.10.5: Studio One Eklenti Otomasyonunda Zaman Aralığı Değişimi.....	112
Grafik 3.10.6: Reaper Eklenti Otomasyonunda Zaman Aralığı Değişimi.....	113
Grafik 3.11.1: Yazılımlarda Dikey Fader Otomasyonu Dalga Formu Grafikleri...	114
Grafik 3.12.1: 1. Grup Ses Birleştirme Motoru Karşılaştırmaları	116
Grafik 3.12.2: 2. Grup Ses Birleştirme Motoru Karşılaştırmaları	118
Grafik 3.12.3: 3. Grup Ses Birleştirme Motoru Karşılaştırmaları	119
Grafik 3.13.1: Yazılımların Dither Algoritmalarının Live POW-r 1 ile Spektrum Fark Karşılaştırması.....	123
Grafik 3.13.2: Yazılımların Mp3 Çıktılarının Live Mp3 Çıktısı ile Spektrum Fark Karşılaştırması.....	125
Grafik 3.14.1: Live – FL Studio (C) Karşılaştırması.....	128
Grafik 3.14.2: 2. Çıktılar Arasında Spektrum Fark Grafiği.....	128
Grafik 3.14.3: Live – Reaper (-3G) Karşılaştırması	130
Grafik 3.14.4: FL Studio (C) – Reaper (-3G) Karşılaştırması	132
Grafik 3.14.5: Cubase (0) – FL Studio (T) Karşılaştırması	133
Grafik 3.14.6: Cubase (0) – FL Studio (T) 2. Çıktıların Karşılaştırması.....	134

Grafik 3.14.7: Cubase (0) – Reaper (0L) Karşılaştırması.....	135
Grafik 3.14.8: FL Studio (T) – Reaper (0L) Karşılaştırması.....	136
Grafik 3.14.9: Cubase(-3) – Studio One Karşılaştırması.....	137
Grafik 3.14.10: Cubase (-3) – Pro Tools (-3) Karşılaştırması	138
Grafik 3.14.11: Studio One – Pro Tools (-3) Karşılaştırması.....	139
Grafik 3.15.11: Grup Sanal Enstrüman Prodüksiyonu Çıktılarının Karşılaştırılması	140
Grafik 3.15.2: 2. Grup Sanal Enstrüman Prodüksiyonu Çıktılarının Karşılaştırılması	141
Grafik 3.15.3: 3. Grup Sanal Enstrüman Prodüksiyonu Çıktılarının Karşılaştırılması	142
Grafik 3.15.4: Sanal Enstrümanlarla Yeni Çıktı Analizi	143
Grafik 4.2.1: Live – Pro Tools RMS Fark Grafiği.....	153
Grafik 4.2.2: Live – Pro Tools 2. Çıktılarının RMS Fark Grafiği	154

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1.1.1: Analogtan Sayısala Çevirici	6
Resim 1.1.2: İdeal Yeniden Yapılandırma Filtresi	7
Resim 1.1.3: Fourier Analizi	8
Resim 3.1.1: Yazılımlardan Alınan Kayıtlar	19
Resim 3.1.2: Kayıtların Hizalanması.....	19
Resim 3.3.1: FL Studio’da Fader Pozisyonunda Yazılım Hatası İhtimali	56
Resim 3.4.1: Live Yazılımında Sönümlleme İşlemi	70
Resim 3.13.1: Mp3 Çıktılarında Tespit Edilen Başlangıç ve Bitiş Farklılıkları	124

1. GİRİŞ

Sayısal ses iş istasyonu (Digital Audio Workstation-DAW), ses sinyallerini kaydetmek, düzenlemek, mikslemek ve işlemek gibi görevleri yerine getirebilen sayısal bir donanım veya sistemdir. Sayısal ses yazılımı, analog – sayısal ve sayısal – analog dönüştürücüler olmak üzere üç temel bileşenden meydana gelir. Bazı durumlarda bu bileşenler, kendi başına çalışabilen (standalone) bir aygıt içerisinde tümleşik olarak bulunabilirken, kimi zaman sistemin ana bileşeni olarak bir bilgisayar da tercih edilebilmektedir. Sayısal ses istasyonlarının ortaya çıkışı 70’li yıllara kadar uzanmaktaysa da 90’ların sonlarına doğru yaygın hale gelmişlerdir (Gallagher, 2009, 46). Günümüzde “sayısal ses iş istasyonu” terimi, kullanılan bilgisayar ve donanımdan bağımsız olarak, yazılımlar için de kullanılmaktadır.

Bugün çok sayıda sayısal ses iş istasyonu yazılımı ve bu yazılımlarla birlikte çalışan üçüncü parti eklentiler bulunmaktadır. Buna bağlı olarak ortaya çıkan kullanıcı tercihleri, fiyatlandırma, yazılımlar arasında pazar payını kapma yarışları, kampanyalar gibi nedenler, beraberinde bu yazılımlar arasındaki üstünlük tartışmalarını ve aralarında ses niteliği yönünden farklılıklar bulunduğu iddialarını gündeme getirmiştir. Ufuk Önen, kişisel web sitesinde 914’ü müzik ve ses teknolojileri ile profesyonel olarak ilgilenen toplam 1776 kişinin katılımı ile, Türkiye’de 2020 yılında en çok tercih edilen DAW yazılımını tespit etmek amacı ile hazırlanmış bir anket gerçekleştirmiş, anket çerçevesinde 23 yazılım oylanmıştır (Önen, [ET:01.04.2021]). Bu anket sonuçlarına göre, en çok tercih edilen ve oyların büyük bir çoğunluğunun kümelendiği ve Windows işletim sisteminde çalışabilen ilk altı yazılım arasında iddia edilen ses niteliği farklılıkları veya üstünlükleri incelenmiştir. Bu altı yazılımın anketteki sıralamaya göre isimleri ve kullanılan versiyonları aşağıdaki gibidir.

- Studio One - sürüm 5.1 (Presonus, [ET:01.04.2021])
- Cubase - sürüm 10.5.0 (Steinberg, [ET:01.04.2021])

- FL Studio - sürüm 20.7.2 (Image Line, [ET:01.04.2021])
- Live - sürüm 11.0 (Ableton, [ET:01.04.2021])
- Reaper - sürüm 6.25 (Cockos, [ET:01.04.2021])
- Pro Tools sürüm 2020 9.1 (Avid, [ET:01.04.2021])

Müzik prodüksiyonunda kullanılan yazılımların birbirlerine göre olumlu ve olumsuz yönleri, kullanım farklılıkları, fiyatlandırma, ara yüz, çalışma şekli, yazılımla gelen ses kütüphaneleri ve ses eklentileri gibi birbirlerinden ayrılan yönleri ve özellikleri bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanıcı tercihleri, yazılımların sunduğu farklı seçenekler ve özellikler bir kenara bırakılarak yazılımlarda aynı koşullar ve ayarlar ile hazırlanan bir müzik prodüksiyon projesine ait çıktıların ses niteliğine odaklanılmıştır. Bir müzik prodüksiyonu çalışmasında tüm yazılımlarda ortak olarak kullanılabilecek özellikler aşağıdaki gibidir.

- Ses kaydı
- Kanallar üzerindeki pan ayarı
- Kanallar üzerindeki fader seviye ayarı
- Klip sönmüleme- yükseltme (fade in/out) ve klip hızlandırma - yavaşlatma (stretch)
- Otomasyon işlemleri
- 3. parti ses eklentileri
- Midi sanal enstrümanlar
- Ses birleştirme motoru
- Çıktı formatı

Yukarıda belirtilen ortak özellikler, yazılımlarda oluşturulan projelerde aynı ayarlar kullanılarak alınmış çıktıların analiz edilmesi ile karşılaştırılmış, saptanan farklılıklar sayısal olarak ortaya konulmuş, yazılımlar arasında ses niteliği farkları veya üstünlükleri olduğuna dair yapılan iddiaların cevapları aranmış ve tartışılmıştır.

1.1 Temel Kavramlar

Frekans (frequency): 1 saniyelik zaman dilimi içerisinde ses dalgasının tam bir döngüyü tamamlamak için yaptığı titreşim veya hareket sayısıdır (Gallagher, 2009, 78). Hertz (Hz) birimi ile ifade edilir.

Genlik (amplitude): Bir sinyale ait güç veya ses basıncı seviyesinin desibel cinsinden ifadesidir (Gallagher, 2009, 7).

Tepe (peak): Bir sinyalde ölçülen maksimum genlik veya voltaj değeridir (Gallagher, 2009, 154).

RMS: Ortalama karekök RMS, L pencere uzunluğu ve n örnek numarası olmak üzere aşağıdaki denklemle ifade edilir. Genlik zarfı (amplitude envelope) hesaplamalarında kullanılan popüler bir algoritmadır.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L-1} x^2[n]}$$

RMS'in, bir sinyalin aritmetik ortalaması ve tepe noktaları arasında bir yerde olduğu düşünülebilir. Ortalama değer, sinyalde çok fazla aktivite olması durumunda çok değişmeyecektir. Yani transient cevabı da düşük olacaktır. Her örnek değerinde çok fazla detay ve transient bilgisi insan kulağının duyma şekline uygun değildir. Öte yandan RMS duyma sistemimizin duyarlılığına daha yakındır (Park, 2010, 51).

Desibel: Havadaki ses, basınçtaki bir değişimdir. Basınçtaki yüksek değişim, yüksek ses anlamı taşımaktadır. İnsan kulağının algılayabileceği en düşük ses $20 * 10^{-6} Pa$ (pascal) olarak ölçülmüştür. İnsan kulağının acı eşiğinin altında kaldıracabileceği en yüksek ses ise $200000000 * 10^{-6} Pa$ olarak ölçülmüştür. Buna göre insan kulağı için en yüksek sesin en düşüğe oranı 10000000:1 olmaktadır. Bu geniş aralık bir mikserde fader'e atamak için çok büyüktür. Bell Laboratuvarındaki bir grup insan aynı ölçeği daha küçük sayılarla ifade etmek istemiş ve Bel ölçüm ünitesini geliştirmişlerdir. Bel iki güç arasındaki farkın ölçüsüdür.

$$\Delta Güç (Bel biriminde) = \log_{10}(Güç1/Güç2)$$

Bel birimi ile yapılan ölçümlerle küçük sayılar elde edilmekte fakat bu küçük sayılarda kullanımda konfor sağlamamaktadır. Bu noktada bir çevirim daha yapılarak bel birim desibel'e çevrilmiştir.

$$1 dB = 1 Bel/10$$

$$\Delta Güç(dB) = 10 \log_{10}(Güç1/Güç2)$$

İki güç arasındaki fark desibel cinsinden yukarıdaki formül ile bulunmaktadır. Voltajlar arasındaki fark Walt kanunu yardımı ile

$$\Delta G_{\text{güç}}(dB) = 10 \log_{10}(V1/V2)$$

Formülü kullanılarak hesaplanır. Desibel, referans alınan noktaya göre dBspl, dB HL, dBm, dBV, dBu gibi farklı tipleri bulunmaktadır. (Geoff, [ET:01.04.2021]). Yazılımlarda dBFS kullanılmaktadır.

0 dBFS sayısal sistemlerde ulaşılabilecek maksimum seviyeyi gösterir. Bunun dışındaki dBFS cinsindeki tüm ölçümler negatif bir sayı olacaktır. 24 bit sayısal seste ulaşılabilecek en düşük değer -144 dBFS'tir. Tam ölçekli (full scale) giriş seviyesi analog sesin sayısallaştırılması için kullanılan çeviricide pozitif ve negatif tepe noktalarından kırılma (clipping) olmadan tam ölçeğe sahip olması için gereken analog giriş seviyesidir. Çıkış tam ölçeği 997 Hz. sayısal tam ölçekli sinüs dalgası çalarken üretilen analog çıkış voltajı olarak tanımlanır (Price, [ET:01.04.2021]).

Dither: Titreme (dither), dijital ses sinyaline kasıtlı olarak eklenen düşük seviyeli gürültüdür. Çok düşük seviyelerde, bir dijital ses sistemi, son birkaç bitin açık veya kapalı olması gerektiğini belirlemede zorluk çekebilir ve bu da hizalama gürültüsüne neden olur. Az miktarda gürültü (dither) bitlerin pozitif olarak açılıp kapanmasına neden olarak, daha yumuşak ses sinyallerinin net bir şekilde duyulmasına ve sessizliğin daha yumuşak hale getirilmesine neden olabilir. Dither genellikle üretimin son aşamalarında kullanılır, örneğin bir sinyalin bit derinliğini 24 bitten 16 bit'e düşürerek CD formatı oluşturmak için kullanılır (Gallagher, 2009, 55).

İkilik Sayı Sistemi (Binary Number System): İkilik sayı sisteminde her basamak (bit) 2'nin katını temsil eder. 1 bitten daha fazlasıyla oluşmuş bir sayı ikilik kelime (Word), 8 bitlik bir kelime bayt (byte) olarak adlandırılır. Bir kelime içerisindeki bit sayısının artışı daha büyük sayıların gösterilmesini sağlar. 8 bit ile 256 (2^8), 16 bit ile 65536 (2^{16}) gösterilebilmektedir. Kilobayt (KB) terimi 1024 bayt, megabayt (MB) terimi 1024 kilobayt için kullanılır. İkilik sayı sistemi ile oluşturulan sayılar çok uzun olabileceği için organize edilmelerini kolaylaştırmak amacı ile genellikle onaltılık (hexadecimal) sistem tercih edilir. Onaltılık sayı sisteminde 0'dan 15'e sayılar 0-9 ve

A-F arası olmak üzere 16 sembol ile ifade edilir. Her onaltılık basamak 4 bit'e karşılık gelmektedir (Rumsey, 2004, 7-8).

Örnekleme Teoremi ve Analog – Sayısal Ses Arasında Dönüşüm: Analog sinyal bilgisinin sayısal bilgiye dönüştürülmesi için analog sinyale ait genliğin belirli nokta ve zamanda ölçülmesine örnekleme (sampling) denilmektedir. Alınan örneğin ikilik sayı sisteminde bir değere atanması da hizalama (quanting) olarak tanımlanır. Hizalama hatası, hizalama için kullanılan ölçeğin derecesine bağlı olarak analog sinyalin sayısallaştırılmasında kaçınılmaz bir yan etkidir. 8 bitlik ölçek 256 basamak sunarken 16 bitlik ölçek 65536 basamak sunmaktadır. Bit ölçeği büyüdükçe hizalama hatası da azalmaktadır (Rumsey, 2004, 11).

Örnekleme teoremi, kesintisiz bir analog sinyalin Nyquist frekansı veya Nyquist oranı olarak adlandırılan örnekleme oranının yarısından yüksek frekans taşımaması için band aralığı sınırlı şekilde ayırık veri noktalarına örneklenebileceğini ve bu örneklenen verinin örnekler arası dalgalanmalar da dahil olmak üzere herhangi bir bilgi kaybı olmadan orijinal analog sinyale dönüştürülebileceğini belirtmektedir. Burada “bant aralığı sınırlı” ile kastedilen düşük frekans geçirme filtresidir (LPF) (Pirkle, 2013, 2). Örnekleme teoremi Harry Nyquist ve Claude Shannon'ın 1940'lı yıllardaki konu ile yayınlarından sonra Nyquist örnekleme teoremi veya Shannon örnekleme teoremi olarak ta sıklıkla anılmaktadır. Örneğin 2000 örnek/saniye örnekleme oranı dönüştürülecek analog sinyalin 1000 Hz. frekansından daha düşük frekanslardan oluşmasına ihtiyaç duymaktadır (Smith, 2003, 40).

Örnekleme teoremi $x(t)$ sinyali içerisinde yer alan tüm bilgiyi koruyabilmek için minimum örnekleme oranını belirler. Burada herhangi bir daha yüksek örnekleme oranı da bu bilgiyi koruyacaktır. L Zamanı içerisinde minimum örnek sayısı $(N + 1)$ gösterildiğinde, başarılı örnekler arasındaki zaman aralığı Δt aşağıdaki durumu sağlamalıdır.

$$\Delta t \leq L/(N + 1)$$

Sinyalin bant genişliği $B = N \cdot f_0/2 \text{ Hz}$ ve $f_0 = \frac{1}{L}$ temel frekans olduğundan Δt aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

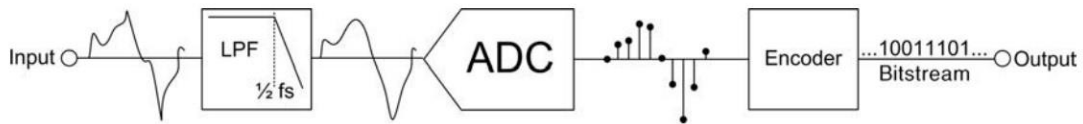
$$\Delta t \leq N/2B(N + 1)$$

Bu durumda örnekleme frekansı $f_s = 1/\Delta t$ denklemde yerine yazılırsa aşağıdaki denklem elde edilir.

$$f_s \geq 2B(1 + 1/N)$$

Bu denklemde $N \gg 1$ için $f_s \geq 2B$ elde edilir (Nasir & Kamisetty, 1975, s. 28).

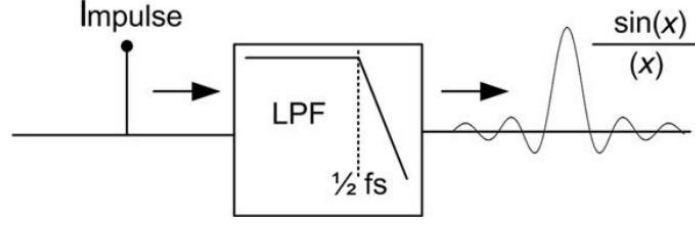
Nyquist kriterinin ihlal edilmesi, hatalı kodlanmış sinyal formunda duyulabilir hatalar oluşturmaktadır. Nyquist frekansından yüksek frekanslar şekil değiştirerek veya gerçek frekansın hatalı bir yansıması olarak spektruma geri dönmektedir. Bu olgu **sahte dönüşüm (aliasing)** olarak adlandırılmaktadır. Bu sahte sinyal dönüşümü olduğu andan itibaren geri alınamaz ve kalıcı bir hata olarak ana sinyal içerisinde kalır. Bu durumu önlemek için kullanılan analogdan sayısala çevirici girişindeki LPF düşük frekans geçirme filtresi anti-sahne sinyal filtreleyici (anti-aliasing filter) olarak adlandırılır (Pirkle, 2013, 2).



Resim 1.1.1: Analogtan Sayısala Çevirici

Will Pirkle, **Designing Audio Effects in C++ With Digital Audio Signal Processing Theory** (Burlington: Focal Press, 2013), 3.

Sayısaldan Analoga Çevirici (DAC), ilk olarak bit akışının kodunu çözer, ardından örneklenmiş veri noktalarını veya dürtüleri (impulse) alır ve analog versiyonlarına dönüştürür. Sonrasında DAC çıkışı düşük frekans geçirici filtre (LPF) ile filtrelenerek tüm örnekler arası dalgalanmayla birlikte son analog sinyali üretir. Çıkışta kullanılan LPF filtresi yeniden yapılandırma filtresi (reconstruction filter) olarak isimlendirilir ve orijinal örnekleme işleminde elde edilemeyen eksik bilgileri tekrar üretmekten sorumludur. Bu filtrenin kullanılmasının sebebi dürtüleri sönümlü salınımlı bir şekilde sahip lekeli ve kırımlı versiyonlara dönüştürebilmesidir. Bu versiyonlar $\text{sinc}(\)$ fonksiyonu olarak adlandırılan $f(x) = \sin(x)/x$ şekline sahiptir. $\sin(x)/x$ şeklinin genliği giriş dürtüsünün genliği ile orantılıdır (Pirkle, 2013, 3).



Resim 1.1.2: İdeal Yeniden Yapılandırma Filtresi

Will Pirkle, **Designing Audio Effects in C++ With Digital Audio Signal Processing Theory** (Burlington: Focal Press, 2013), 3.

44.1 khz, özellikle müzik endüstrisi tarafından sıklıkla tercih edilen bir örnekleme oranıdır. Popüler olmasında en önemli etkenler kompakt disklerin (CD) bu oranı kullanması ve birçok yazılımında fabrika ayarlarında bu oranı tercih etmesi sayılabilir. Normal bir insanın frekans duyumu eşiği 20 hz -20 khz arasındadır. Nysquist teoremine göre 44,1 khz örnekleme oranında 22050 hertz'e kadar tüm frekanslar kusursuz olarak örneklenebilmekte ve bu alan frekans duyumu eşiğini kapsamaktadır. Günümüzde profesyonel müzik stüdyolarında 48 khz, 96khz, 192 khz gibi daha yüksek örnekleme oranları da tercih edilebilmektedir.

Sinyal Gürültü Oranı (SNR): Bir sinyale ait gücün arka plan gürültüsü veya gürültü eşiği ile ilişkilendirilerek ifadesidir.

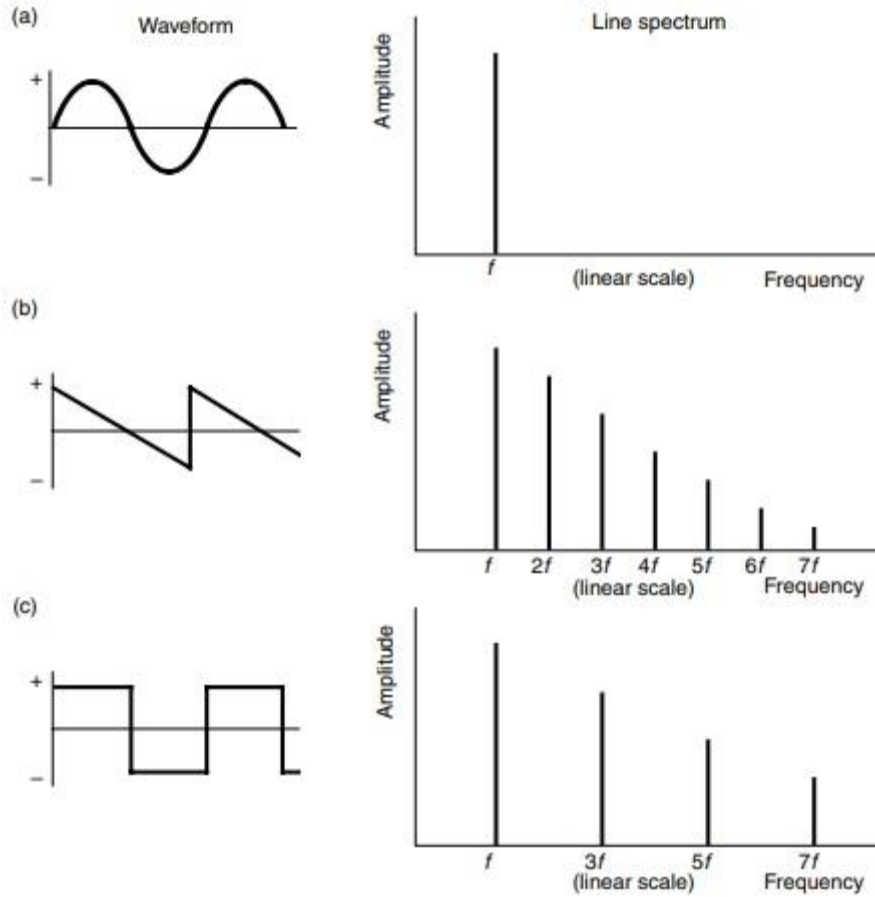
$$SNR = 20 \log_{10} \left(\frac{A_{sig}}{A_{noise}} \right)$$

Analog bir sinyal hizalandığında sayısal sistemlerde sonsuz bit çözünürlüğü sağlanamaması nedeniyle kaçınılmaz bir hata oluşmaktadır. Bu durum hizalama SNR veya QSNR olarak adlandırılmakta olup n 'nin bit çözünürlüğünü gösterdiği aşağıdaki formülle ifade edilmektedir (Park, 2010, 28). 24 bit çözünürlükte SNR 144.4943 dB'dir.

$$QSNR = N \cdot 6.02 + 1.76 \text{ dB}$$

Fourier Dönüşümü: Belirli bir perdeye (pitch) sahip seslerin önemli bir özelliği tekrarlayıcı oluşudur. Yani bir dalga formu ne kadar karmaşık olursa olsun düzenli aralıklarla modelini aynı şekilde tekrar etmektedir. Tüm bu dalga formları matematikçi Joseph Fourier tarafından geliştirilen ve Fourier Analizi olarak anılan matematiksel

işlem kullanılarak harmonikler olarak bilinen bir dizi bileşene ayrıştırılabilmektedir. Resim 1.3'te yatay eksenle frekansın, dikey eksenle genliğin olduğu ve spektrum olarak adlandırılan çizim ile ses karakteristiklerinin grafiksel olarak gösterilebileceği başka bir biçim verilmiştir. Spektrum çizgileri sesi oluşturan farklı frekans bileşenlerinin bağıl gücünü göstermektedir. Dalga formu karmaşıktıkça frekans bileşenleri de daha karmaşık bir hal alacaktır (Rumsey & McCormick, 2006, 4).



Resim 1.1.3: Fourier Analizi

F. Rumsey & T. McCormick, **Sound and Recording** (Burlington: Focal Press, 2006), 5.

Tekrar etmeyen dalga formları fark edilebilir bir perdeye sahip değildir ve gürültü gibi algılanır. Bu tarz dalga formlarının frekans spektrumları, bazı frekansların diğerlerine göre daha baskın olduğu birbirinden bağımsız frekans bileşenlerinden oluşur. Karmaşık yapıdaki dalga formlarının frekans spektrumu tekrar eden dalga formlarına göre çok daha karmaşık bir yapıda olmasına karşın Fourier dönüşümü olarak isimlendirilen matematiksel işlem ile zaman alanında (time domain) gösterilen dalga

formu frekans alanına (frequency domain) taşınabilmektedir. (Rumsey & McCormick, 2006, 7) Fourier dönüşümü ile zaman alanı cevabı (time domain response), frekans alanı cevabına (frequency domain response) dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm aynı bilgiye farklı açılardan erişmek gibi düşünülebilir. (Rumsey & McCormick, 2006, 230)

Fader: Potansiyometrenin başka bir ismidir. Ancak çoğu mühendis bu terimi dönebilen çevrilir düğmeler yerine doğrusal bir şekilde kayan ve ses seviyesini kontrol etmek için kullanılan kanal potansiyometreleri için kullanmaktadır (Gallagher, 2009, 71). Fader 0 dB'ye yakın konumlarda iken fader'ın küçük bir hareketi ile küçük dB değişimleri, 0 dB'den uzaklaştıkça fader'ın küçük bir hareketi ile büyük dB değişimleri elde edilir. Bu davranışın nedeni kanalları dengeleme esnasında fader'ın hareket ettiği alanı daha verimli kullanabilmektir. Dengeleme esnasında yaygın kullanıcı davranışı kanalları 0 dB den çok uzak olmayan konumlarda toparlamaktır. Böylece fader'ın daha hassas çalıştığı bölge kullanılabilir. (Gallagher, 2009, 11).

Otomasyon: Konum değiştirme, kısma, açma hareketleri ve diğer kontrol durumlarındaki değişiklikleri kaydetmek ve bunları ses sinyali çalınırken kayıttan yürütmek için kullanılan bilgisayar kontrolüdür. Otomasyon, bir mikser, işlemci veya performans üzerinde doğru, tekrarlanabilir ve geri çağırılabilir kontrol sağlar (Gallagher, 2009, 11).

Miksleme: Miksleme (miksaj), farklı ses kanallarını temsil eden bağımsız veri akışlarının toplamıdır. Her bir kanaldan gelen ve zamanlaması üst üste olan sinyaller, tek bir çıkış kanalı örneği üretmek için toplanır. Çok sayıda sinyali toplamanın sonucu olarak genel seviye önemli ölçüde artabilir ve mikserin mimarisi bu olasılık için yeterli boşluk (headroom) bırakmalıdır. Bir analog mikser ile aynı şekilde, bir dijital mikser içindeki kazanç yapısı, zincirin her noktasında örneğin tonlama gibi sinyal seviyesini değiştirecek işlemler için uygun bir dinamik aralığa sahip olmalıdır (Rumsey, 2004, 46).

Arabellek boyutu (Buffer size): Bir bilgisayarda gerçek zamanlı veri transferi için kullanılan geçici hafızaya arabellek denmektedir. Bu arabelleğe ait boyutun büyüklüğü ses kaydetme ve ses çalma gibi işlemler için önem kazanmaktadır. Boyut arabellek tarafından kullanılan RAM miktarıdır. (Gallagher, 2009, 25)

Ses Klibi: Bir ses sinyalinin DAW yazılımında projeye aktarılmasından sonra sinyale verilen isimdir. Yazılımlar ses klibi için farklı terminolojiler kullanmaktadır. Reaper “item”, Studio One “event”, Live “clip”, Pro Tools “region”, FL Studio “pattern” şeklinde adlandırılmaktadır.

Eklenti (Plug-in): Kullanıldığı ana programın özelliklerini artırmak amacıyla kullanılan ve çalışmak için ana bir programa ihtiyaç duyan yazılımlardır. Ses/müzik eklentileri ses işleyiciler, sanal enstrümanlar ve MIDI data işleyiciler olmak üzere 3 ana grupta toplanabilir. (Gallagher, 2009, 159)

Eklenti Gecikme Telafisi (Plugin Delay Compensation): PDC, DAW’larda eklenti işlemleri veya diğer işlemler esnasında gerekli zamandan dolayı oluşan gecikme nedeniyle ses sinyallerinin zamanlamasının koordine edilmesini sağlayan bir fonksiyondur. Buradaki amaç bu gecikme hesaba katılarak ses sinyallerini zamanlama eşleştirmesi yaparak çalabilmektir. (Gallagher, 2009, 50)

Çıktı (Mixdown): Yazılımlarda oluşturulan müzik prodüksiyonu projelerinin mono, stereo, surround gibi istenilen bir formatta, uygun mecralarda yayına, paylaşım ve dinlenilmeye hazır tek bir dosya haline getirilmesidir.

Panlama Kavramı ve Pan Kanunları: Stereofonik ses üretimi (uluslararası standartlarda iki ön kanal ve çevreleyen hiçbir kanalın olmadığı manasına gelen “2-0 stereo” olarak isimlendirilen) sıklıkla sadece “stereo” olarak adlandırılan, ses kaydı ve üretiminde birtakım uzamsal içeriğin aktarıldığı en yaygın yoldur (Rumsey, McCormick, 2006, 429). Bu sistemin çalışmasının sebebi, beynimizin her iki hoparlörden kulaklarımıza gelen eşit ses bilgisini sanki doğrudan dinleyicinin karşısından geliyormuş gibi görselleştirmesidir. Beynimiz, ürettiği bu hayali görüntü (phantom image) nedeniyle, duyduğu sesi iki yanda duran hoparlörlerden değil, sanki tam karşısında duran bir kaynaktan geliyor gibi algılamaktadır. Bu psikoakustik olgu, hoparlörlerden kulağımıza ulaşan sesin şiddeti ve varış zamanına bağlıdır. Hoparlörlerin herhangi birinden gelen ses diğerine göre göreceli olarak daha yüksek seviyede ise beynin oluşturduğu hayali görüntü yüksek ses kaynağına doğru kaymaktadır (Thomson, 2005, 359). Mikser başında oturan bir mühendisin her iki hoparlöre giden ses seviye oranını değiştirerek hoparlörler arasında fiziksel konumlandırma yanılsaması yaratması “panlama” olarak isimlendirilir (Huber &

Runstein, 2005, 64). Analog mikserlerde panlama işlemi, kanallar üzerinde bulunan pan kontrolü, bir diğer ismiyle pan pot (panoramik potansiyometrenin kısaltılmışı) aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Pan pot, birinin çıkış seviyesi artarken diğerinin çıkış seviyesi azalan, sırt sırta bağlanmış ve özel olarak kademelendirilmiş bir çift potansiyometreden (seviye kontrolünden) meydana gelmektedir (Davis, Ralph, 1990, 157). Analog mikserlerde kullanılan pan potları, benzer işlev ve kurallar dahilinde, yazılımlar içerisinde bulunan sanal mikserlerde de kullanılmaktadır.

Mono bir sinyal bir kanaldan diğerine doğru panlandığında seviye, potansiyel olarak, tam orta konumda, uç konumlara kıyasla 6 dB daha yüksek olacaktır. Bu etki “pan kanunu” olarak adlandırılan bir yöntem ile telafi edilmektedir. Orta konumdaki bu seviye, her iki hoparlörden birlikte yayılan sinyalin akustik bir bileşimidir ve odada meydana girişimlerden etkilenmekte ve genellikle 6 dB değerinin altında ölçülmektedir. Bu nedenle 3 dB seviyesi genel bir pan kanunu olarak belirlenmiştir. Bu seviye donanımsal mikserlerde sabit olup, yazılımlar içerisinde bulunan sanal mikserlerde seçenekler halinde sunulmuştur (Kadis, 2012, 173).

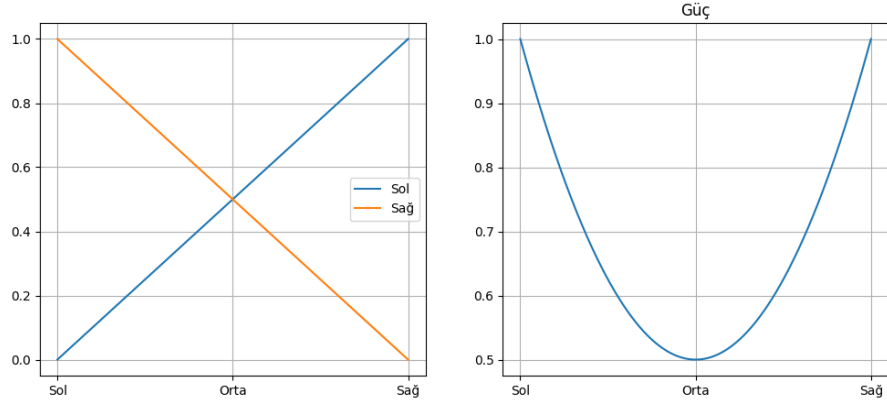
Yazılımlarda bulunan sanal panoramik potansiyometrenin yani pan kontrolünün konumuna göre stereo çıkışın sol ve sağ kanalındaki sinyal seviyesinin belirlenmesi ile ilgili olarak üç temel matematiksel panlama fonksiyonu tercih edilmektedir (Tablo 1.1). Yazılımlarda pan kontrolü -100 (tam sol), 0 (merkez), 100 (tam sağ) olmak üzerinde 200 birimlik bir alanda hareket etmektedir. Bu ölçek, öncelikle 0 ile 1 arasında değişen genlik ölçeğine dönüştürülmelidir. Burada 0 değeri tam sessizliği, 1 değeri ise maksimum genliği ifade etmektedir. -100 ile 100 arasındaki herhangi bir pan kontrolü değerinin 0 ile 1 arasındaki genlik değerine dönüştürülebilmesi için aşağıdaki formül uygulanır. Formülde “x” genlik, “p” ise pan kontrolü değeridir (Tarr, [ET:01.04.2021]).

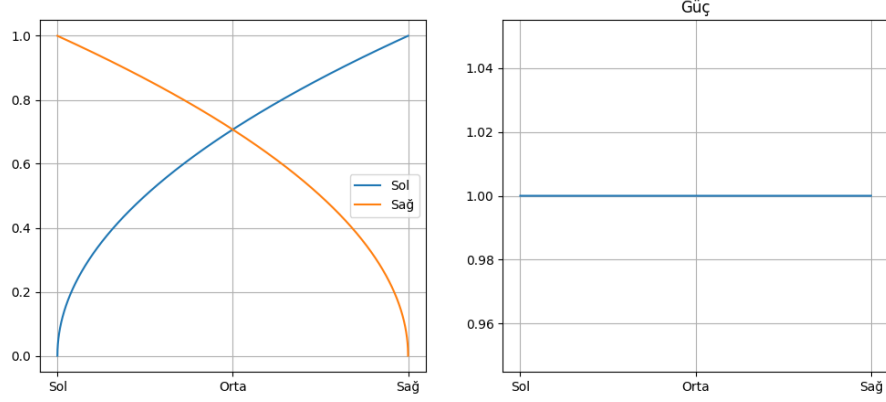
$$x = \frac{p}{200} + 0,5$$

Tablo 1.1.1: Panlama Fonksiyonları

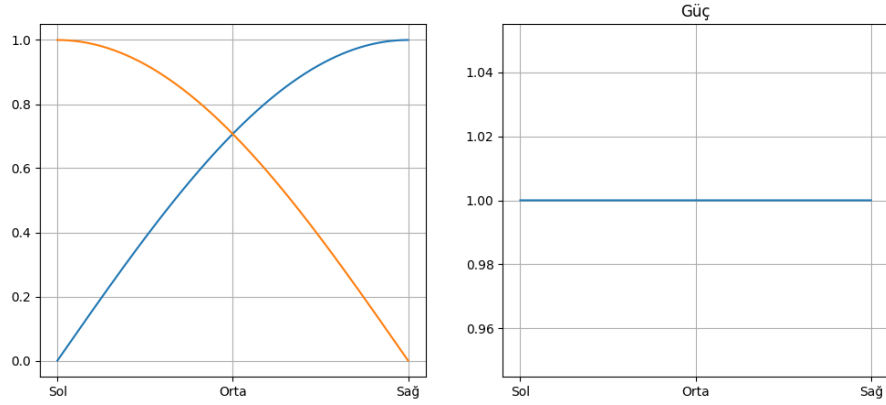
Doğrusal	Kare kanunu	Sinüs kanunu
$rightAmp = x$	$rightAmp = \sqrt{x}$	$rightAmp = \sin\left(x \cdot \frac{\pi}{2}\right)$
$leftAmp = 1 - x$	$leftAmp = \sqrt{1 - x}$	$leftAmp = \sin\left((1 - x) \cdot \frac{\pi}{2}\right)$

Kare ve sinüs kanunu panlama fonksiyonları, dinleyici tarafından algılanan ses gücünün sabit kalması prensibine dayanmaktadır. İnsan işitme sistemi genliği değil, gücü algılamaktadır. Kare ve sinüs fonksiyonları tercih edildiğinde, kanallar arasında eşit birleşik güç elde edilir. Başka bir deyişle, kare fonksiyonu kullanıldığında, dinleyici panlama konumundan bağımsız olarak sinyalin gücünü sabit olarak algılayacaktır (Grafik 1.1.2 ve Grafik 1.1.3). Sinüs kanunu fonksiyonu da kare kanunu fonksiyonuna benzer şekilde eşit birleşik gücü korurken, eşit birleşik genliği koruyamamaktadır. Doğrusal panlama fonksiyonunda ise eşit birleşik genlik söz konusudur (Tarr, 2021). Dolayısı ile, doğrusal panlama fonksiyonunun tercih edildiği durumlarda, pan orta konumda iken toplam güç yarıya düşecek ve algılanan gürültüde azalma meydana gelecektir (Grafik 1.1.1).

**Grafik 1.1.1: Doğrusal Panlama Fonksiyonu ve Güç**



Grafik 1.1.2: Kare Kanunu Fonksiyonu ve Güç



Grafik 1.1.3: Sinüs Kanunu Fonksiyonu ve Güç

1.2 Problem Durumu

Dünyanın birçok ülkesinden katılan çok sayıda kullanıcıya sahip, genel olarak müzik üretiminde ve stüdyolarda çalışan kişilerin bulunduğu dünyaca ünlü müzik sitelerinden Gearspace (Geraspace, [ET: 01.04.2021]) , KVRaudio (KVRaudio, [ET: 01.04.2021]), Sound on sound (Soundonsound, [ET: 01.04.2021]) gibi müzik teknolojisi forumlarında DAW yazılımlarının uzun yıllardır kıyaslandıkları, yüzlerce katılımcının, yüzlerce farklı başlık altında konu ile ilgili yorumların ve tartışmaların olduğu görülmektedir. Benzer tartışmalar Türk kullanıcıların bulunduğu sosyal medya toplulukları ve forumlarda da göze çarpmaktadır. En büyük sosyal ağlardan biri olan Youtube'ta da (MixbusTV, [ET: 01.04.2021]) DAW yazılımlarının karşılaştırılması ile ilgili yüzlerce video bulunmaktadır.

Tüm tartışmalar, yorumlar ve videolar içerisinde bir grup insanın bu yazılımlar arasında ses niteliği anlamında bir fark olmadığını yani birbirleri ile aynı sese sahip oldukları, diğer bir grubun ise yazılımların farklı sese sahip olduğu ve farklı duyulduğunu iddia ettikleri görülmüştür. Farklı duyulduğunu iddia eden kişilerin “bu yazılım daha geniş sese sahip”, “bu yazılım diğerine göre daha parlak”, “bu yazılım diğerlerine göre daha dinamik” gibi ifadeler kullanarak yazılımlar arasında ses kalitesi üstünlüğü de tanımladıkları görülmektedir. Bahsi geçen bu iddiaların büyük bir çoğunluğunun kullanıcıların kişisel gözlem, tecrübe ve duyularına bağlı olarak ortaya çıktığı anlaşılmaktadır.

1.3 Amaç

Bu çalışmanın amacı, Türkiye müzik endüstrisinde yaygın olarak kullanılan 6 DAW yazılımının birtakım özellikleri arasındaki davranış farklılıklarını sayısal olarak belirleyerek, tespit edilecek olası farklılık düzeylerinin, bu yazılımlar arasında algılanabilir bir işitsel farklılığa neden olup olamayacağını ortaya koymaktır.

2. YÖNTEM

Ses genel olarak süre, perde, seviye ve tını olmak üzere dört temel parametre ile tanımlanmaktadır. Bu dört parametrede sesin duyulabilmesinde büyük bir önem teşkil etmektedir. (Park, 2010, 4) Yazılımlar arasında var olduğu iddia edilen ses niteliği farklılıklarının da bu 4 parametrede oluşan birtakım farklar nedeniyle oluşması gerekmektedir. Bu çalışmada öncelikli olarak karşılaştırılan yazılım çıktılarının dalga formları arasındaki farklar incelenerek temel ses parametrelerinden süre ve seviyede oluşabilecek değişimler gözlenmiştir. Fourier dönüşümü prensipleri gereğince herhangi bir zaman aralığında seviyede oluşabilecek bir farklılık, frekans alanı cevabını da etkileyeceği için aynı zamanda perde ve tını parametrelerinde oluşabilecek farklarında tespiti sağlanmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen sayısal veriler ile karşılaştırılan yazılımlar arasındaki ses farkları matematiksel olarak ifade edilmiş olup, bu sayısal farkların büyüklüğü veya küçüklüğü ile ses niteliği farkının duyulma olasılığı ile ilgili bir fikir edinilmiştir.

Karşılaştırılan yazılımların fader'lerinde ve birçok eklenti üzerinde seviye değişimi yapan çevirme düğmelerinde çoğunlukla 0.1 dB'in en küçük seviye değişimi birimi olması nedeniyle bu değer bir eşik değeri olarak kabul edilmiş ve ölçülen seviye farkları, 0,1 dB'e olan uzaklıklarına göre "küçük" veya "büyük" şeklinde nitelendirilmiştir. Aşağıda analizlerde kullanılan grafikler ve veriler tanımlanmıştır.

Dalga Formu Grafiği: Analiz edilen çıktının sol veya sağ kanalına ait dalga formunu genlik ve zaman ekseninde göstermektedir.

Dalga Formu Fark Grafiği: Karşılaştırılan sinyallere ait dalga formlarının birbirinden çıkartılarak aralarında oluşan farkın görülebildiği grafiklerdir.

Spektrum Analiz Grafiği: Dalga formuna ait frekans aralığı spektrum olarak adlandırılır. Spektrum ses dalgasının frekans alanında gösterimidir (Gallagher, 2009, 199). Spektrum analizi ile dalga boyuna ait frekansların genlik değişimi

görülebilmektedir. Analiz grafiklerinde x ekseninde genlik y ekseninde frekans alanı olmak üzere frekans başına ölçülen peak değerleri gösterilmektedir.

Spektrum Fark Grafiği: Karşılaştırılan sinyallere ait spektrum değerleri birbirinden çıkartılarak aralarında oluşan spektrum farkı bu grafiklerle yansıtılmaktadır.

Spektrogram Grafiği: Sinyalin taşıdığı frekans bilgisinin zaman ekseninde gösterimidir.

RMS Fark Grafiği: Karşılaştırılan sinyallerde 4096 örnek uzunluğunda zaman penceresi, 512 örnek boyutunda kaydırma kullanılarak ölçülen RMS değerleri arasındaki farkın mutlak değer ile dB cinsinden grafiğe aktararak zaman çizgisi üzerinde gösterimidir. RMS fark grafiği oluşan farkın ne büyüklükte ve hangi zaman aralığında oluştuğunun görülmesine yardımcı olmaktadır.

Grafik gösterimlerinde aksi belirtilmedikçe sol kanal grafiği kullanılmıştır.

Ortalama Fark RMS (dB): RMS fark grafiğinde ölçülen farkların ortalamasıdır.

Min RMS (dB): Sinyalde 4096 zaman penceresi kullanılarak ölçülen en küçük RMS değerini göstermektedir.

Max RMS (dB): Sinyalde 4096 zaman penceresi kullanılarak ölçülen en büyük RMS değerini göstermektedir.

DR (Dynamic Range): Dinamik alan sinyale ait min RMS ve max RMS değerlerinin arasındaki farktır.

Avr RMS: 4096 zaman penceresi ve 512 üst üste binme kullanılarak ölçülen RMS değerlerinin ortalamasıdır.

Yazılımlar arasındaki ses niteliği farklarını doğru bir şekilde ölçebilmek için aynı koşullarda altında 44.1 khz 24 bit stereo formatta çıktılar alınmış ve bu çıktılar analiz edilmiştir. Yazılımlarda aynı koşullar proje kanallarında aynı pan, aynı fader ayarları, aynı otomasyon çizgileri ve yine 3. parti eklentilerde aynı parametre ayarları kullanılarak sağlanmıştır. Ses niteliği farkı oluşturabilecek unsurlar öncelikle tek bir kanal üzerinde tek bir sinyal kullanılarak ve her seferinde tek unsura odaklanılarak ele alınmış, sonrasında çok kanallı projelerde bu farklar araştırılmıştır.

Ölçümler Windows 64 bit işletim sistemine sahip bir masaüstü bilgisayarda RME Fireface ses kartı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ses kartı 44100 Hz. örnekleme oranına sahiptir ve aksi belirtilmediği sürece arabellek boyutu (buffer size) 512 olarak kullanılmıştır. RMS ve Peak değerleri, Dalga formu ve RMS grafikleri Python 3.9.4 (Python, [ET:01.04.2021]) programlama dili kullanılarak elde edilmiştir. Spektrum ve spektrogram grafikleri Deltawave (Kane, [ET:01.04.2021]) yazılımı kullanılarak çizdirilmiştir.

Analizlerde, 1 saniye uzunluğunda mono 44,1 khz 24 bit PCM DC test sinyali, 1 khz sinüs ton ve 4 sn. uzunluğunda beyaz gürültü sinyalleri kullanılmış olup, karşılaştırılacak yazılımlarda projeler 44,1 khz, 24 bit formatında, 120 bpm tempo ve 4/4'lük ölçü ile oluşturulmuştur. Test sinyalinin yerleştirildiği kanal ve proje ana çıkış kanalı (master kanal) aksi belirtilmedikçe 0 dB fader pozisyonundadır. Çıktı zaman aralığı aksi belirtilmedikçe test sinyali veya sinyallerinin başlangıcı ve bitişi olarak seçilmiştir.

Test sinyali projeye aktarılıp ses klibine dönüştüğünde sinyalin başında veya sonunda yükselme (fade in) ve sönümleme (fade out) kullanılmamıştır.

Doğrusal çizilemeyen yani logaritmik bir fonksiyonla çizilen otomasyonların yazılımlar arasında bire bir eşleştirilemesi nedeniyle otomasyon ile ilgili çalışmalarda sadece doğrusal ve dikey otomasyon kullanılmıştır.

Tablo 1.3.1'de bu çalışmada karşılaştırılan yazılımların sunduğu pan kanunu seçenekleri görülmektedir.

Tablo 1.3.1: Yazılımların Sunduğu Pan Kanunu Seçenekleri

Yazılım	Pan Kanunu Seçenekleri (dB)
Live	Yoktur
Fl Studio	Circular (dairesel), triangular (üçgensel)
Cubase	Equal power (eşit güç), 0, -3, -4,5, -6
Pro Tools	-2,5, -3, -4,5, -6
Reaper	0, -2,5, -3, -4,5, -6, -6,02
Studio One	Yoktur

Tablo 1.3.1’de belirtilen pan kanunları seçenekleri arasından ortak olan 0 db ve -3dB pan kanunları ele alınmış, analiz edilen yazılım çıktıları dosyalarının isimlendirilmesi, yazılımın adı ve kullanılan pan kanununun birleştirilmesi ile yapılmıştır. Pan kanunu ayarı bulunmayan yazılımların çıktıları yalnızca ilgili yazılımın adı ile isimlendirilmiştir.

Tablo 1.3.2: Yazılım Çıktılarının İsimlendirmesi

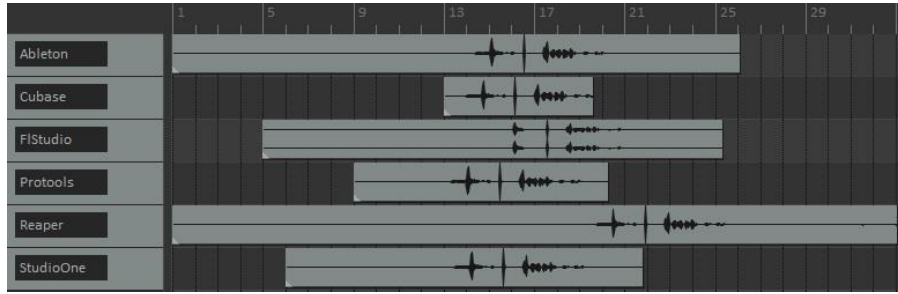
Yazılım	Pan Kanunu Ayarı	İsimlendirme
Live	Yoktur	Live
Fl Studio	Circular (dairesel)	FL Studio (C)
	Triangular (üçgensel)	FL Studio (T)
Cubase	-3dB pan kanunu	Cubase (-3)
	0 dB pan kanunu	Cubase (0)
Pro Tools	-3 dB pan kanunu	Pro Tools (-3)
Reaper	0 dB (-3 dB üzerinde doğrusal ölçek)	Reaper (0L)
	-3 dB (kompanse edilmiş kazanç)	Reaper (-3G)
Studio One	Yoktur	Studio One

Çalışmada kullanılan isimlendirme yöntemi ile kimi yerde çıktı dosya adları ifade edilirken kimi yerlerde de kullanılan pan kanunuyla birlikte, yazılımın kendisinden söz edilmiştir.

3. BULGULAR VE YORUMLAR

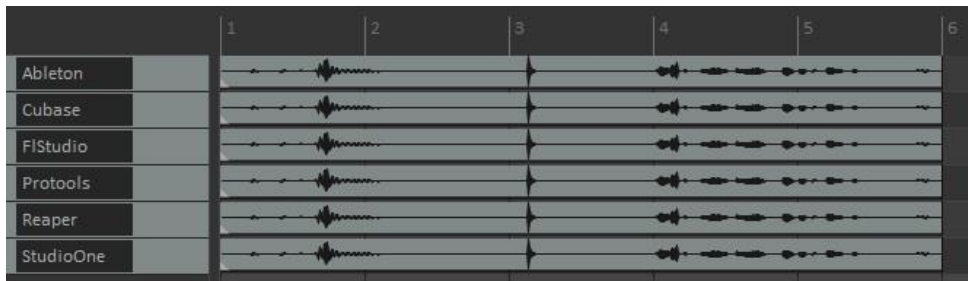
3.1 Yazılımlarda Ses Kaydının İncelenmesi ve Karşılaştırması

Karşılaştırılan yazılımlarda ses kaydı yapıldığında, bu yazılımların aynı sesi kaydedip etmediğini incelemek amacıyla bir test yapılmıştır. Tüm yazılımlar beraber çalıştırılmış, hepsinde boş projede mono bir kanal oluşturularak testlerde kullanılan ses kartının 12 numaralı analog mikrofön preamfisi kanal kayıt girişi olarak seçilmiştir. Tüm yazılımlarda kayıta girilmiş ve mikrofön ile bir test konuşması kaydedilmiştir. Diske kaydedilen konuşma (wave) dosyaları öncelikle Reaper yazılımında bir araya getirilmiştir.



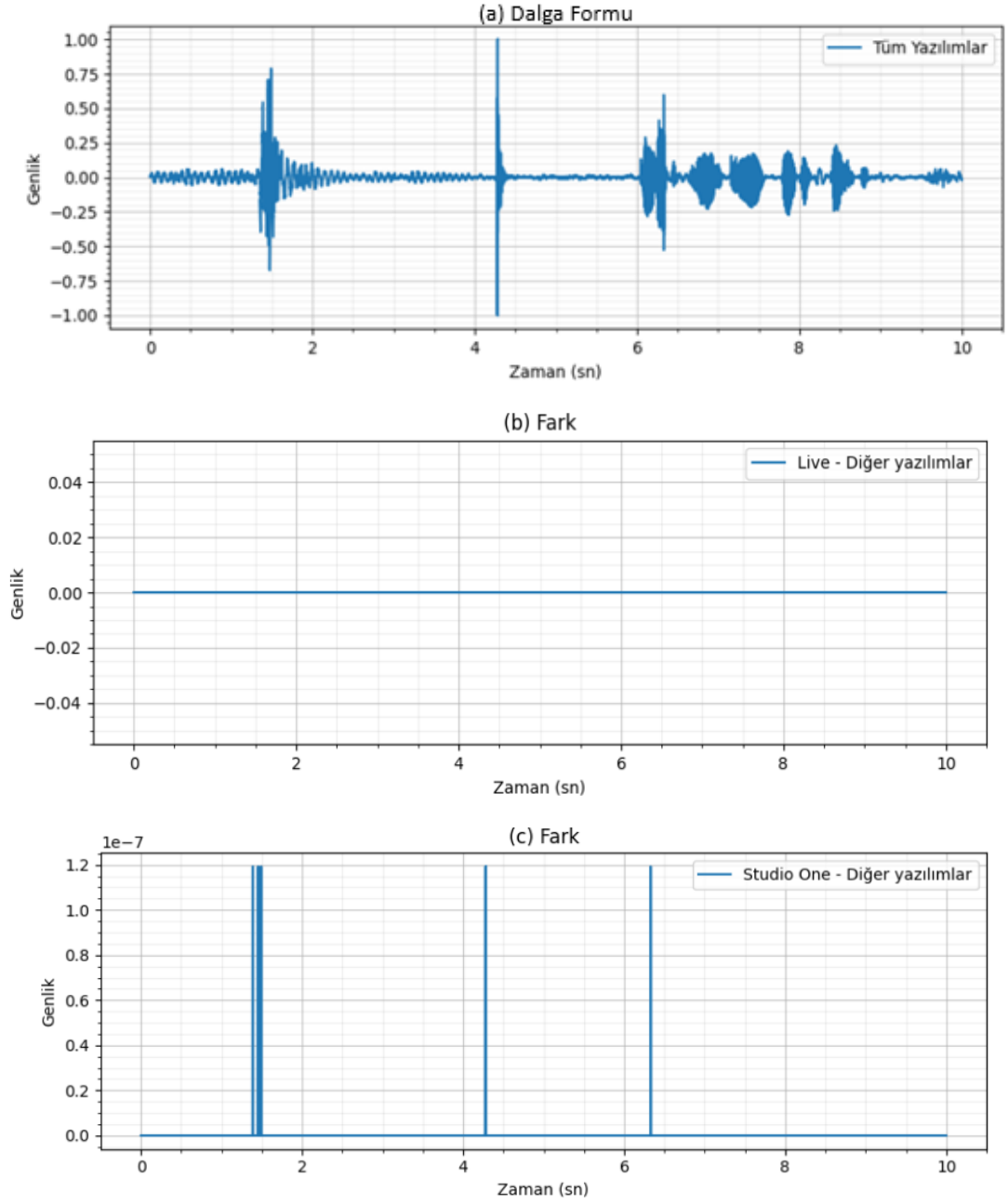
Resim 3.1.1: Yazılımlardan Alınan Kayıtlar

Resim 3.1.1’de yazılımlarda aynı konuşma kaydedildiği halde kayıta girme süreleri farklı olduğu için konuşma kayıtlarının doğal olarak aynı hizada olmadığı görülmektedir. Ayrıca FL Studio yazılımında mono giriş seçilmesine rağmen kaydedilen sesin stereo formatta olduğu görülmektedir.



Resim 3.1.2: Kayıtların Hizalanması

Karşılaştırmayı doğru yapabilmek için konuşma yapılan kısım tüm kayıtlarda hizalanmış başta ve sondaki boşluklar kesilmiştir. FL Studio yazılımından alınan stereo kaydın sadece sol kanalı kullanılarak mono bir kayıta dönüştürülmüştür. (Resim 3.1.2) Kesme ve hizalama sonrasında projeye ait kayıtların bulunduğu klasördeki dosyalar analiz edilerek dalga formu verileri grafiklere aktarılmış sonrasında dalga formları birbirinden çıkartılarak fark grafikleri elde edilmiştir.



Grafik 3.1.1: Konuşma Kayıtlarının Dalga Formu Grafiği

Grafik 3.1.1.(a)'da tüm yazılımlarda ortak dalga formu elde edildiği görülmektedir. Live'de yapılan kayıt ile diğer yazılımlarda yapılan kayıtların dalga formu verileri birbirinden çıkartılarak oluşan fark gözlemlenmiştir. Studio One dışındaki yazılımlarda yapılan kayıtların karşılaştırmasında oluşan genlik farkının 0 olduğu yani aralarında hiçbir farkın olmadığı, bu yazılımların aynı sesi kaydettiği belirlenmiştir. (Grafik 3.1.1.(b)) Studio One kaydında Grafik 3.1.1.(a)'da görülebilen genliğin 0,5'in üzerine çıktığı bölgelerde çok küçük bir değer de olsa $1e-7$ farkı tespit edilmiştir. Bu noktalar dışında fark 0'dır. (Grafik 3.1.1.(c))

Tablo 3.1.1: Studio One ve Diğer Yazılım Kayıtlarında Ölçülen Peak (dB) ve RMS (dB)

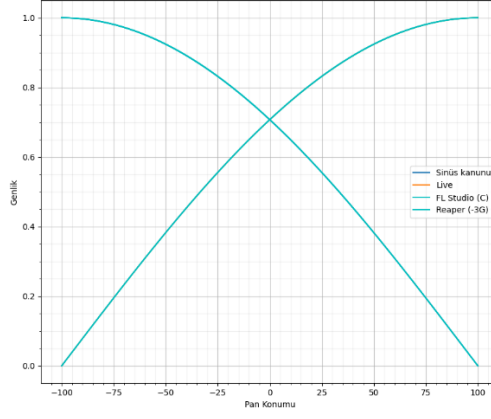
	Studio One	Diğer Yazılımlar	Fark
Peak (dB)	-24.9898246	-24.98982436	-2.419E-07
Max RMS (dB)	-10.40287774	-10.40287729	-4.43E-07
Min RMS (dB)	-50.82326397	-50.82326397	0
DR (dB)	40.42038623	40.42038668	-4.43E-07
Avr RMS (dB)	-29.32165343	-29.32165334	-9.727E-08

Tablo 3.1.1'de Studio One ve diğer yazılımlarda yapılan kayıtlara ait peak ve RMS değerleri ve bu değerler arasında oluşan fark görülmektedir. Studio One dışındaki yazılımlar aynı değerlere sahipken Studio One ölçümlerinde diğer yazılımlara göre yaklaşık 0,0000002 dB peak farkı olduğu görülmektedir.

3.2 Panlama Davranışlarının İncelenmesi ve Karşılaştırılması

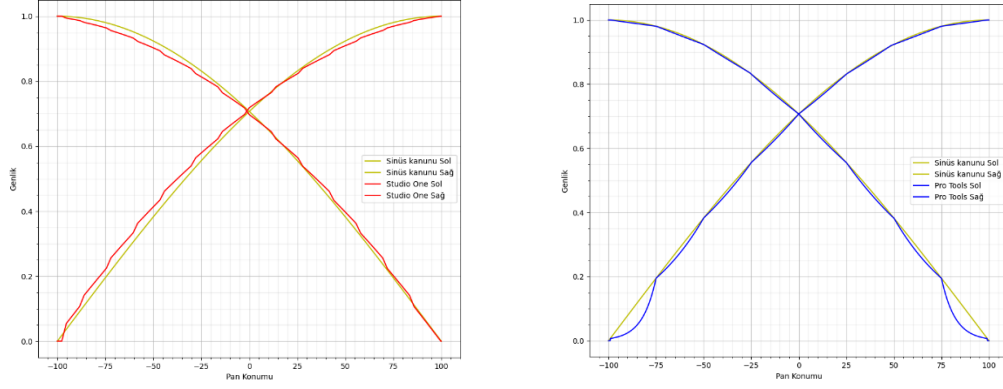
3.2.1 Yazılımlarda Pan Kanunu Tercihlerinin Temel Panlama Fonksiyonları ile Karşılaştırılması

Yazılımların hangi temel panlama fonksiyonu ile örtüştüğünü tespit etmek amacıyla yazılımlarda DC test sinyali ile tam soldan başlayıp tam sağda biten bir pan otomasyonu çizilerek çıktılar alınmıştır. Alınan çıktılar temel panlama fonksiyonları ile eşleştirilerek grafikler hazırlanmıştır. Aşağıda yazılımlar ve eşleştikleri temel panlama fonksiyonu grafikleri verilmiştir.



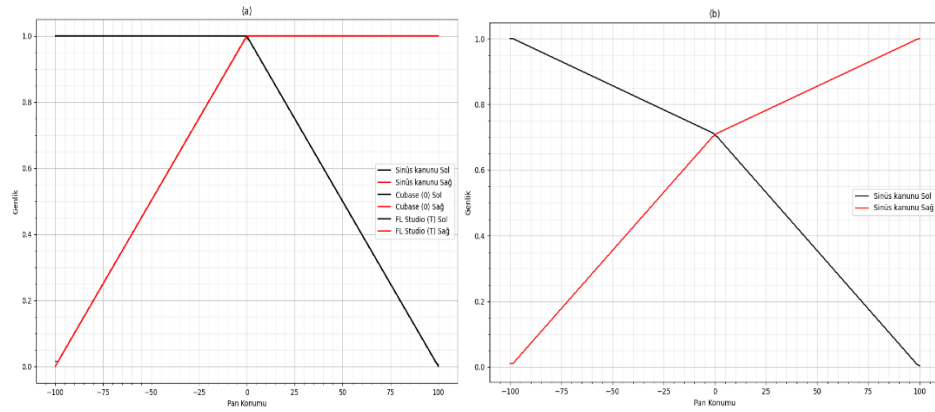
Grafik 3.2.1: Sinüs Kanunu Fonksiyonu ile Eşleşen Yazılımlar

Live, FL Studio (C) ve Reaper (-3G) yazılımlarının sinüs kanunu panlama fonksiyonu ile eşleştiği görülmektedir.



Grafik 3.2.2: Sinüs Kanunu Fonksiyonu ile Benzeşen Yazılımlar

Studio One ve Pro Tools (-3) yazılımlarının sinüs kanunu ile farklı yapıda olmalarına rağmen bazı bölgelerde sinüs kanunu fonksiyonuyla benzeştiği görülmektedir.



Grafik 3.2.3: Temel Panlama Fonksiyonları ile Örtüşmeyen Yazılımlar

Grafik 3.2.3.(a) ile gösterilen Cubase (0), FL Studio (T), Reaper (0L) ve Grafik 3.2.3.(b) ile gösterilen Cubase (-3) yazılımlarında kullanılan panlama fonksiyonlarının, çalışmada belirtilen temel panlama fonksiyonlarından herhangi bir tanesi ile benzeşmediği görülmektedir.

3.2.2 Yazılımların Pan Kanunu Davranışlarına Göre Gruplandırılması

Yazılımların pan kanunu davranışlarını karşılaştırabilmek için öncelikle kanunların temelini oluşturan merkez ve tam sol (L100) pan konumlarında peak değerleri tespit edilmiş ve test sinyali ile bu değerler arasındaki farklar seviye değişimi olarak belirtilmiştir.

Tablo 3.2.1: Merkez Pan Konumunda Ölçülen Peak ve Seviye Değişimi

Yazılım	Sol kanal	Sağ kanal	Seviye değişimi
	Peak (dB)	Peak (dB)	
Test Sinyali	-6.0206	-6.0206	
Live	-6.0206	-6.0206	0
Fl Studio (C)	-6.0206	-6.0206	0
FL Studio (T)	-6.0206	-6.0206	0
Cubase (0)	-6.0206	-6.0206	0
Cubase (-3)	-9.0309	-9.0309	-3.103
Pro Tools (-3)	-9.0306	-9.0306	-3
Reaper (0L)	-6.0206	-6.0206	0
Reaper (-3G)	-6.0206	-6.0206	0
Studio One	-9.0206	-9.0206	-3

Tam sol pan konumundaki seviye değişimini ölçmek amacı ile yazılımlarda mono bir kanal oluşturularak kanal pan değeri L100 tam sol konumunda iken test sinyali uzunluğunda çıktılar alınmış, sol ve sağ kanalda ölçülen peak (dB) tabloya aktarılmıştır. Test sinyali ve çıktıların sol kanalına ait peak değerleri arasındaki fark, seviye değişimi olarak gösterilmiştir. Tam sol ve tam sağ pan konumları simetrik olacağından, tam sağ pan konumunda ayrıca ölçüm alınmamıştır.

Tablo 3.2.2: Tam Sol (L100) Pan Konumunda Ölçülen Peak ve Sol Kanal Seviye Değişimi

Yazılım	Sol kanal Peak (dB)	Sağ kanal Peak (dB)	Sol kanal seviye değişimi
Live	-3.0103	-106,0088	3.0103
Fl Studio (C)	-3.0103	-	3.0103
FL Studio (T)	-6.0206	-	0
Cubase (0)	-6.0206	-	0
Cubase (-3)	-6.0206	-	0
Pro Tools (-3)	-6.0206	-	0
Reaper (0L)	-6.0206	-	0
Reaper (-3G)	-3.0203	-	3.0006
Studio One	-6.0206	-	0

Herhangi bir uç pan konumuna panlama yapıldığında karşı taraftaki sinyalin tam sessizliğe düşmesi beklenmektedir. Tablo 3.2.2'deki ölçümler incelendiğinde tüm yazılımlarda bu durum gözlenirken, Live yazılımında sağ kanalın tam sessizliğe düşmediği, -106,0088 dB peak ölçüldüğü görülmektedir.

Merkez ve tam sol pan ölçümlerinde benzer seviye değişimi (dB) tespit edilen yazılımlar, diğer bir deyişle, belirlenen pan konumlarında aynı pan kanunu davranışını sergileyen yazılımlar bir araya getirilerek gruplanmıştır (Gruplandırma yapılırken tespit edilmiş 0,0103 dB fark göz ardı edilmiştir). Tablo 3.2.3 incelendiğinde 1. Grup ve 3. Gruptaki yazılımlar -3 pan kanunu kullanmalarına karşın, merkez pan ve tam sol pan konumlarında aralarında 3 dB seviye farkı olduğu görülmektedir. Ayrıca tabloda farklı gruplardaki yazılımlardan alınan çıktıların karşılaştırılması a durumunda 3 dB' e varan seviye farkları oluşabileceği açıkça görülmektedir. Tespit edilen bu fark nedeniyle aynı pan grubunda bulunmayan yazılımlar arasında karşılaştırma yapılmayacaktır.

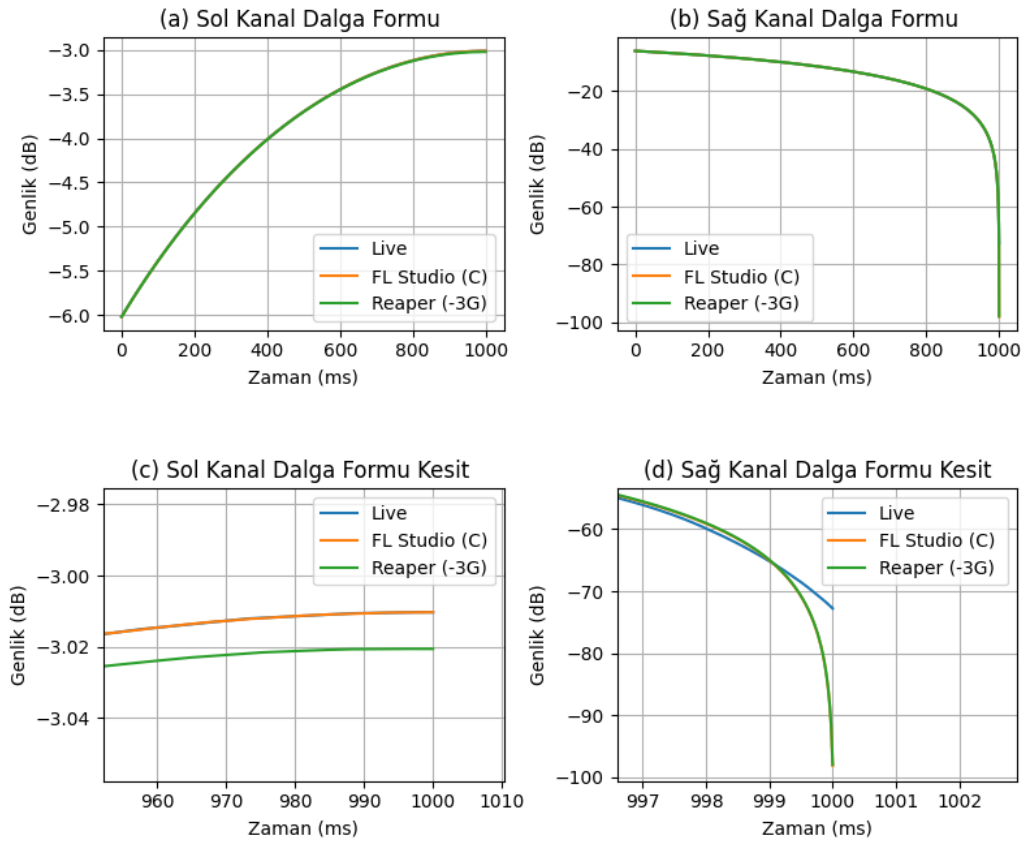
Tablo 3.2.3: Pan Kanunu Davranışlarına Göre Gruplandırılmış Yazılımlar

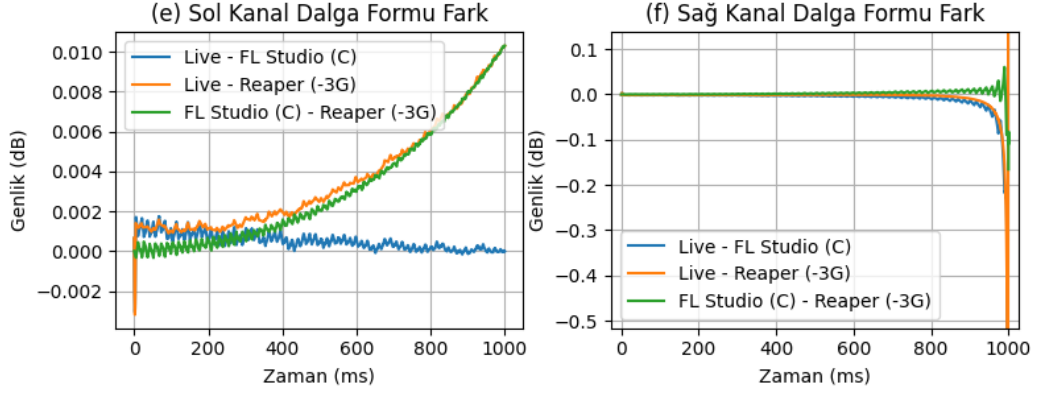
Yazılım	Grup	Merkez	L100
Live	1	0	3.0103
Fl Studio (C)		0	3.0103

Reaper (-3G)		0	3.0006
Cubase (0)		0	0
FL Studio (T)	2	0	0
Reaper (0L)		0	0
Cubase (-3)		-3.0103	0
Studio One	3	-3	0
Pro Tools (-3)		-3	0

Prodüksiyon süreci sadece merkez ve uç pan konumları kullanılarak gerçekleştirilmediği için, yalnızca pan kanunu eşleştirmesi yaparak panlama davranışlarının belirlenmesi yeterli olmayacaktır. Bu nedenle, diğer pan değerlerinin, yani ara pan konumlarının da sinyal seviyesi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Ara pan değerleri, kanal üzerindeki pan kontrolü ile sabit bir şekilde ayarlanabildiği gibi, pan otomasyonu ile de belirli bir zaman aralığında istenilen bir değerden başka bir değere değiştirilebilmektedir.

3.2.3 1. Grup Yazılımlarında Pan Otomasyonunun Karşılaştırılması





Grafik 3.2.4: 1. Grup Pan Otomasyonu Karşılaştırma Grafikleri

1. Pan grubu içerisinde bulunan Live, FL Studio (C) ve Reaper (-3G) yazılımlarında merkez ve tam sol pan konumları arasında doğrusal pan otomasyonu çizilerek elde edilen çıktılar karşılıklı analiz edilerek elde edilen veriler tablo ve grafiklere aktarılmıştır. Grafik 3.2.4.(c)'de otomasyonun bittiği L100 pan konumunda grup oluşturulurken göz ardı edilen 0,0103 dB fark görülmektedir. Grafik 3.2.4.(d) 'de Live ve Reaper yazılımlarının sağ kanalda otomasyonu farklı seviyelerde bitirdiği görülmektedir. (e) ve (f) grafiklerinde karşılaştırılan otomasyonların düşük seviyelerde de olsa farklı olduğu görülmektedir.

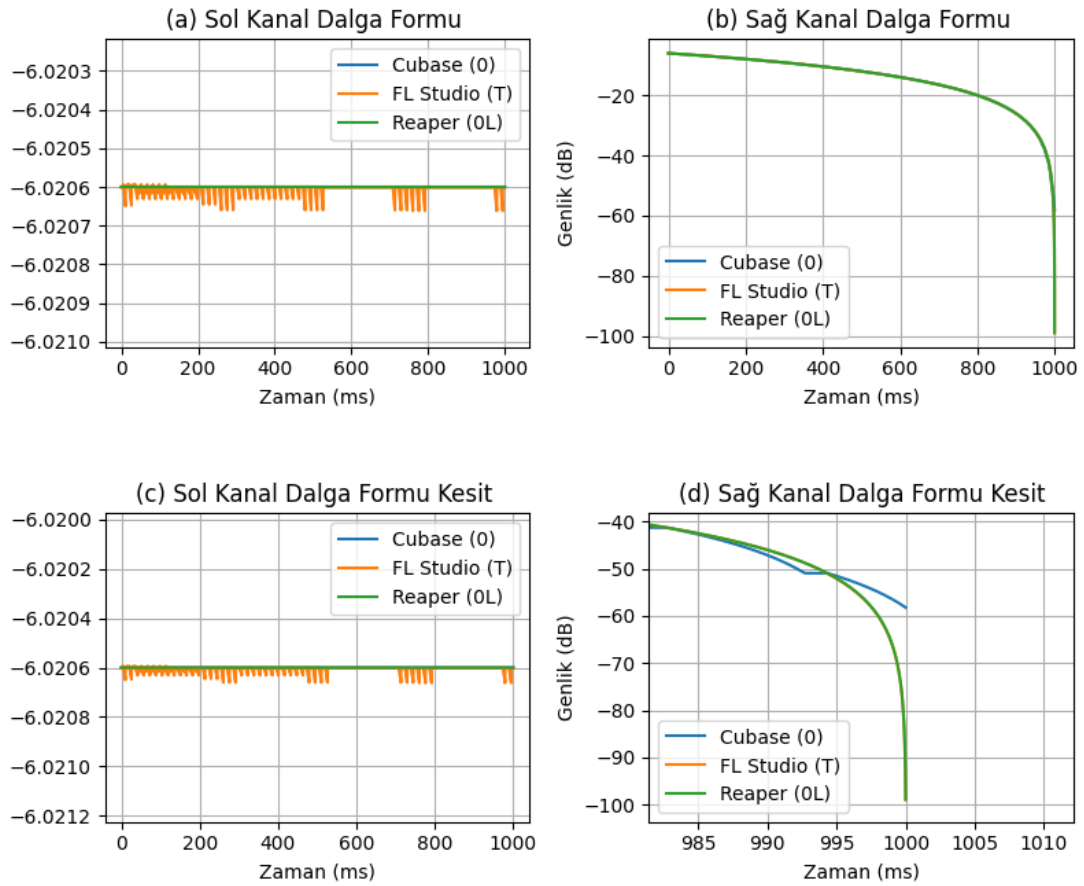
Tablo 3.2.4: 1. Grup Pan Otomasyonu Fark Analizi

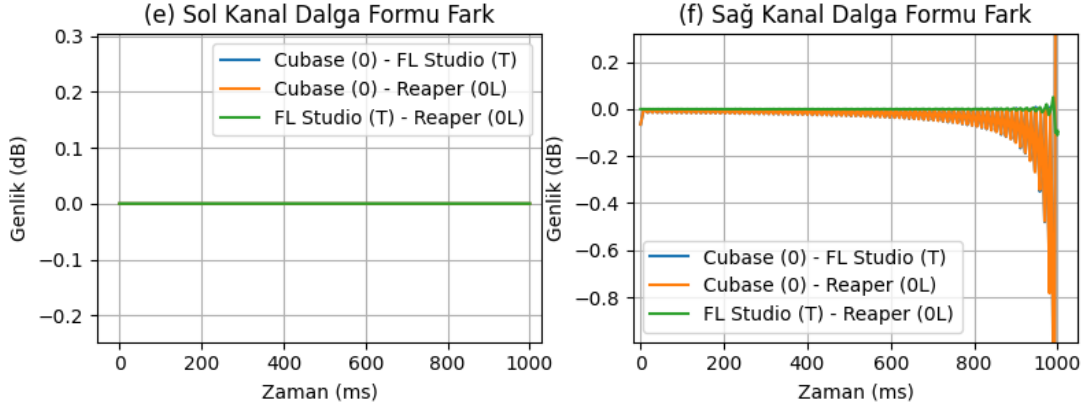
RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Live - FL Studio (C)	0.00043442	-0.0023993	-2.929E-06	-0.0006461
Live - Reaper (-3G)	0.00399736	-0.0014616	0.01027249	-0.0006461
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	0.00356293	0.00093762	0.01027542	0
Sol Kanal Maksimum	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Live - FL Studio (C)	1.95011338	-0.003065	-6.0105578	-6.0074929
Live - Reaper (-3G)	999.977324	0.01029743	-3.0103023	-3.0205997
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	999.977324	0.01031207	-3.0102877	-3.0205997
Sağ Kanal Maksimum	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Live - FL Studio (C)	999.977324	25.3569675	-72.776164	-98.133131
Live - Reaper (-3G)	999.977324	25.191517	-72.776164	-97.967681
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	999.977324	-0.1654505	-98.133131	-97.967681

Analiz tablosunda çıktılar arasında düşük RMS farkları olduğu görülmektedir. Yazılımların otomasyonu sağ kanalda farklı seviyelerde bitirmesi nedeniyle analiz tablosunda yaklaşık 25 dB'e varan farklar okunmaktadır. 25 dB büyük bir fark olmasına karşın -98,13 dB ve -72,77 dB gibi çok düşük sinyal seviyeleri arasında oluşmaktadır.

3.2.4 2. Grup Yazılımlarında Pan Otomasyonunun Karşılaştırılması

2. Pan grubu içerisinde bulunan Cubase (0), FL Studio (T) ve Reaper (0L) yazılımlarında merkez ve tam sol pan konumları arasında doğrusal pan otomasyonu çizilerek elde edilen çıktılar karşılıklı analiz edilerek elde edilen veriler tablo ve grafiklere aktarılmıştır.





Grafik 3.2.5: 2. Grup Pan Otomasyonu Karşılaştırma Grafikleri

Grafik 3.2.5 ile verilen karşılaştırmalarda sol kanalda farkların 0 dB veya çok düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. (d) grafiğinde farklı seviyelerde biten otomasyon, (f) grafiğinde ise Cubase (0) ve Reaper (0L) arasında sinyal seviyesi düştükçe artan fark görülmektedir.

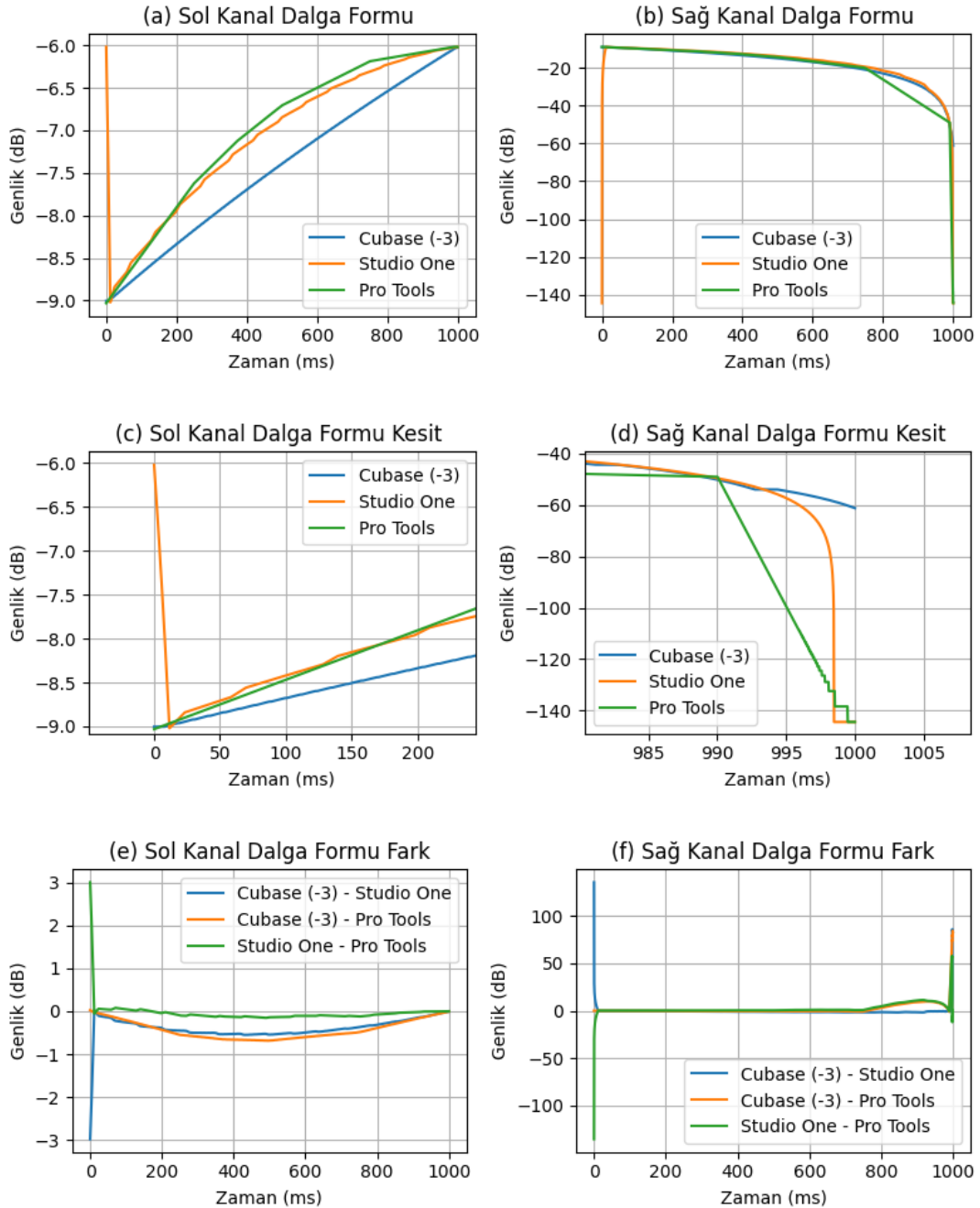
Tablo 3.2.5: 2. Grup Pan Otomasyonu Fark Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (0) - FL Studio (T)	6.0874E-06	-0.0111998	-6.213E-06	-0.0650407
Cubase (0) - Reaper (0L)	0	-0.0112026	0	-0.0650428
FL Studio (T) - Reaper (0L)	-6.087E-06	-2.815E-06	6.2126E-06	-2.071E-06
Sol Kanal Maksimum	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (0) - FL Studio (T)	760.385488	6.2127E-05	-6.0205999	-6.020662
Cubase (0) - Reaper (0L)	0	0	-6.0205999	-6.0205999
FL Studio (T) - Reaper (0L)	760.385488	-6.213E-05	-6.020662	-6.0205999
Sağ Kanal Maksimum	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (0) - FL Studio (T)	999.977324	40.8009311	-58.21031	-99.011241
Cubase (0) - Reaper (0L)	999.977324	40.7090161	-58.21031	-98.919326
FL Studio (T) - Reaper (0L)	999.886621	-0.1101819	-85.031841	-84.921659

Cubase (0) yazılımının L100 konumunda otomasyonu sağ kanalda -58.21 dB’de, FL Studio (T)’nin -99.01 dB’de ve Reaper (0L)’nin -98.91 dB’de bitirmesi nedeniyle, bu düşük seviyedeki sinyaller arasında yaklaşık 40 dB fark oluşmaktadır. Sol kanalda ise Cubase (0) - Reaper (0L) karşılaştırmasında 0 dB fark tespit edilmiştir.

3.2.5 3. Grup Yazılımlarında Pan Otomasyonunun Karşılaştırılması

3. Pan grubu içerisinde bulunan Cubase (-3), Studio One ve Pro Tools (-3) yazılımlarında merkez ve tam sol pan konumları arasında doğrusal pan otomasyonu çizilerek elde edilen çıktılar karşılıklı analiz edilerek elde edilen veriler tablo ve grafiklere aktarılmıştır.



Grafik 3.2.6: 3. Grup Pan Otomasyonu Karşılaştırma Grafikleri

(a) ve (b) grafiklerinde 3. Grupta bulunan yazılımların hem sol hem de sağ kanalda birbirlerinden farklı eğriler kullanarak panlama yaptıkları görülmektedir. Studio One karşılaştırmalarında sol ve sağ kanalda otomasyon başlangıcında 20 ms bir zaman dilimi içerisinde gerçekleşen sıçramanın diğer yazılımlara göre farklı bir davranış olması nedeniyle bu durum yazılım hatası olma olasılığını doğurmaktadır. Bu özel durum dışında (e) grafiğinde sol kanalda orta pan konumuna yaklaştıkça farkların artış gösterdiği, uç noktalara doğru azaldığı görülmektedir. (f) grafiğinde ise sağ kanaldaki sinyal seviyesi düştükçe farklılığın artış gösterdiği görülmektedir.

Tablo 3.2.6: 3. Grup Pan Otomasyonu Fark Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (-3) - Studio One	-0.3765231	-0.489705	-0.0061983	-0.0753394
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	-0.432335	-0.2648166	-0.0061983	-0.0653412
Studio One - Pro Tools (-3)	-0.0558119	0.22488842	0	0.00999821
Sol Kanal Maksimum	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (-3) - Studio One	0	-2.9834996	-9.0040995	-6.0205999
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	495.079365	-0.6859029	-7.4106633	-6.7247604
Studio One - Pro Tools (-3)	0	3.01000065	-6.0205999	-9.0306006
Sağ Kanal Maksimum	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (-3) - Studio One	0	135.398358	-9.0959418	-144.4943
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	999.455782	84.2670692	-60.227231	-144.4943
Studio One - Pro Tools (-3)	0	-135.4637	-144.4943	-9.0306006

Analiz tablosunda nispeten yüksek RMS farkları, farklı otomasyon eğrileri kullanıldığını işaret etmektedir. (d) grafiğinde ve sağ kanal analiz verilerinde görülebileceği üzere Studio One ve Pro Tools yazılımları otomasyon sonuna gelmeden SNR'nun altına düşmekte, Cubase (-3) ise otomasyonu -60 dB civarında tamamlamaktadır.

3.2.6 Çıktılar Alınırken Kullanılan Zaman Aralığının Pan Otomasyonu Üzerindeki Etkileri

Daha önce yapılan pan otomasyonu karşılaştırmalarında kullanılan çıktılar alınırken zaman aralığı, test sinyalinin başlangıcı ve bitişi olarak seçilmişti. Kullanılan zaman

aralığının değiştirilmesinin pan otomasyonu üzerinde herhangi bir etkisinin olup olmadığını araştırabilmek için zaman aralığının başlangıç ve bitiş noktaları değiştirilerek aynı pan otomasyonu ile tekrar çıktıları alınmıştır. Aşağıdaki kullanılan zaman aralıkları ve bu zaman aralıklarının isimlendirilmesi verilmiştir.

1. Zaman Aralığı: Zaman aralığı, test sinyali uzunluğunca seçilmiştir. Test sinyali ile başlar ve test sinyali ile biter. Bu zaman aralığı, çalışmada aksi belirtilmediği sürece kullanılan çıktı zaman aralığıdır.

2. Zaman Aralığı: Zaman aralığı, test sinyali ile başlamakta, test sinyalinin bitişinden 0,5 sn. sonra bitmektedir.

3. Zaman Aralığı: Zaman aralığı, test sinyalinden 0,5 sn. önce başlamakta, test sinyali ile bitmektedir.

Zaman aralığı değişiminin çıktılarda bir farklılık oluşturup oluşturmadığını tespit edebilmek amacıyla çıktılarda sinyalin olduğu bölüm karşılaştırılarak fark analizi yapılmıştır. Ölçülen peak ve maksimum fark aşağıdaki tablolara yansıtılmıştır.

Tablo 3.2.7: 1. ve 2. Zaman Aralığı Karşılaştırmalarının Fark Analizi (dB)

	Kanal	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Live	Sol	0	0	-6.0199518	-6.019952
	Sağ	0	0	-6.0212461	-6.021246
Cubase (0)	Sol	0	0	-6.0205999	-6.0206
	Sağ	0	0	-6.0854445	-6.085444
Cubase (-3)	Sol	0	0	-9.0041812	-9.004181
	Sağ	0	0	-9.0957441	-9.095744
FL Studio (C)	Sol	0	0	-6.0205999	-6.0206
	Sağ	0	0	-6.0205999	-6.0206
FL Studio (T)	Sol	0	0	-6.020602	-6.020602
	Sağ	0	0	-6.020602	-6.020602
Pro Tools (-3)	Sol	0	0	-9.0306006	-9.030601
	Sağ	0	0	-9.0306006	-9.030601
Reaper (0L)	Sol	0	0	-6.0205999	-6.0206

	Sağ	0	0	-6.0205999	-6.0206
Reaper (-3G)	Sol	0	0	-6.0205999	-6.0206
	Sağ	0	0	-6.0205999	-6.0206
Studio One	Sol	0	0	-9.0206024	-9.020602
	Sağ	0	0	-9.0206024	-9.020602

Elde edilen verilere göre zaman aralığına ait bitiş noktasının değiştirilmesinin pan otomasyonu üzerinde bir etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır.

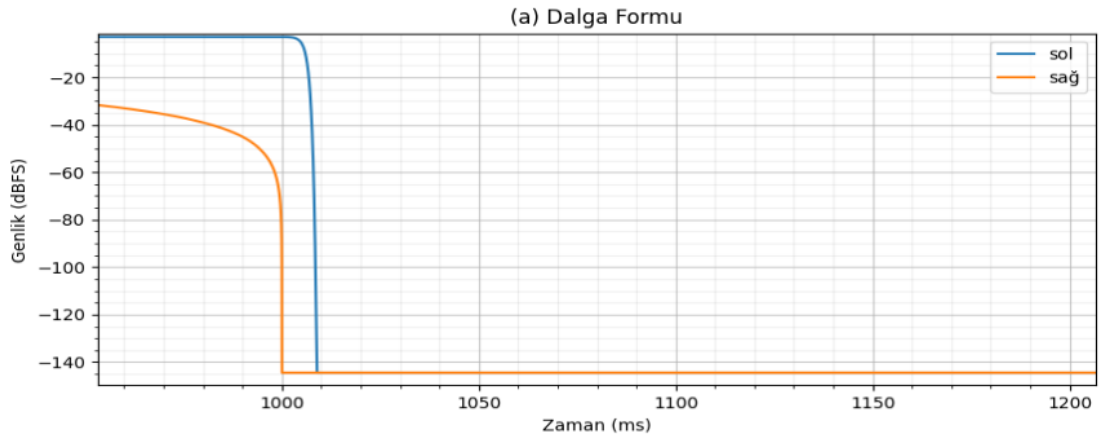
Tablo 3.2.8: 1. ve 3. Zaman Aralığı Karşılaştırmalarının Fark Analizi (dB)

	Kanal	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Live	Sol	0.1587302	-0.003393	-6.0199518	-6.016559
	Sağ	999.97732	-1.686683	-72.776164	-71.08948
Cubase (0)	Sol	0	0	-6.0205999	-6.0206
	Sağ	992.65306	-1.099424	-50.881524	-49.7821
Cubase (-3)	Sol	17.39229	0.0027667	-8.9626259	-8.965393
	Sağ	992.65306	-1.099023	-53.891429	-52.79241
FL Studio (C)	Sol	0	0	-6.0205999	-6.0206
	Sağ	0	0	-6.0205999	-6.0206
FL Studio (T)	Sol	0	0	-6.020602	-6.020602
	Sağ	0	0	-6.020602	-6.020602
Pro Tools (-3)	Sol	42.335601	-0.000153	-8.751482	-8.751329
	Sağ	988.63946	-0.000286	-48.814327	-48.81404
Reaper (0L)	Sol	0	0	-6.0205999	-6.0206
	Sağ	0	0	-6.0205999	-6.0206
Reaper (-3G)	Sol	150.92971	2.42E-05	-5.1045793	-5.104604
	Sağ	998.48073	-0.001229	-61.486638	-61.48541
Studio One	Sol	11.609977	-1.25E-01	-9.0206024	-8.895854
	Sağ	997.68707	74.134258	-70.360042	-144.4943

Tabloda FL Studio (C), FL Studio (T) ve Reaper (0L) dışında kalan tüm çıktılarda zaman aralığının başlangıç noktasının değiştirilmesi durumunda çıktılar arasında fark

oluştugu, pan otomasyonunun çıktı zaman aralığının başlangıç noktasının değiştirilmesinden etkilendiği görülmektedir.

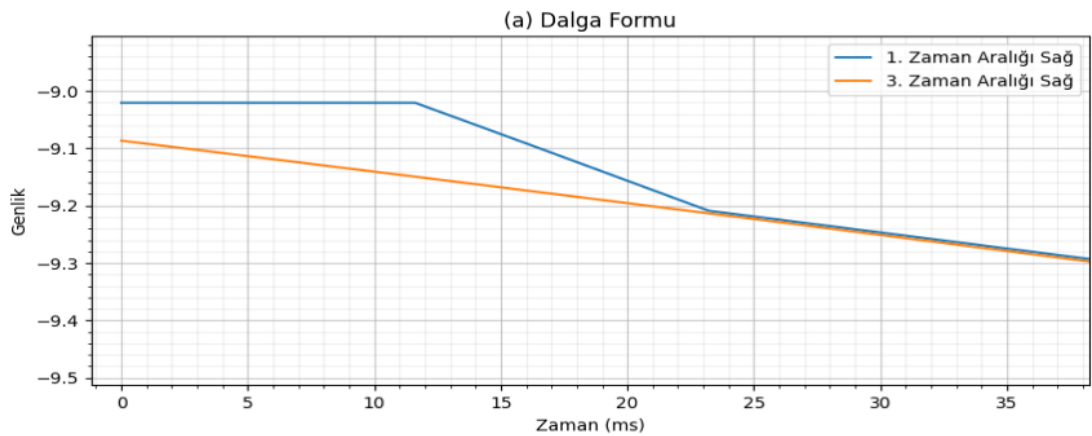
Zaman aralığı ve pan otomasyonu ilişkisi ile ilgili yapılan çalışmalarda bazı özel durumlar tespit edilmiştir. Bu özel durumların başında FL Studio yazılımında normalde 1000 ms’de bitmesi gereken sinyale 10 ms daha ekleme yapıldığı ve sinyal süresinin uzadığı anlaşılmıştır. FL Studio çevrimiçi kullanım kılavuzunda bu durum sızma (bleeding) olarak adlandırılmakta ve herhangi bir şekilde bu özelliği devre dışı bırakmak mümkün değildir. (Imageline, [ET: 01.04.2021])

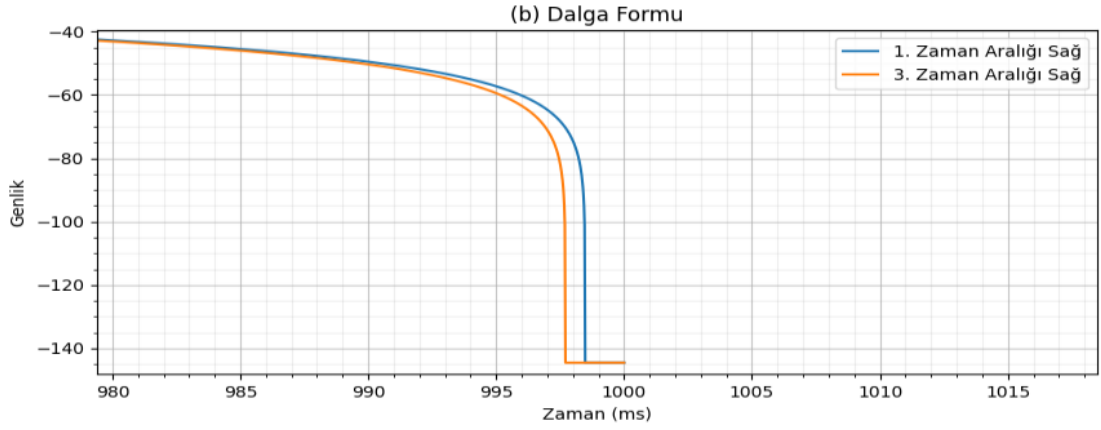


Grafik 3.2.7: FL Studio (C) 2. Zaman Aralığı Çıktısı Dalga Formu

Grafik 3.2.7 incelendiğinde normalde 1000 ms olan test sinyalinin sol kanalda 10 ms daha uzadığı görülmektedir. Sağ kanalın 1000 ms uzunluğunda sinyale sahip olduğu görülmektedir.

Grafik 3.2.8’de Studio One yazılımının 1. ve 3. Zaman aralılarında alınan çıktıların ilk 35 ms ve son 20 ms kesitlerini gösterildiği dalga formları verilmiştir.



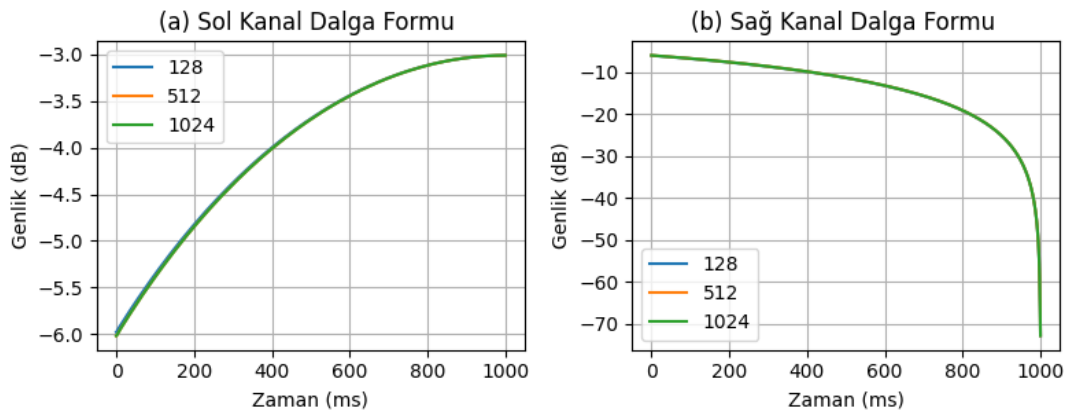


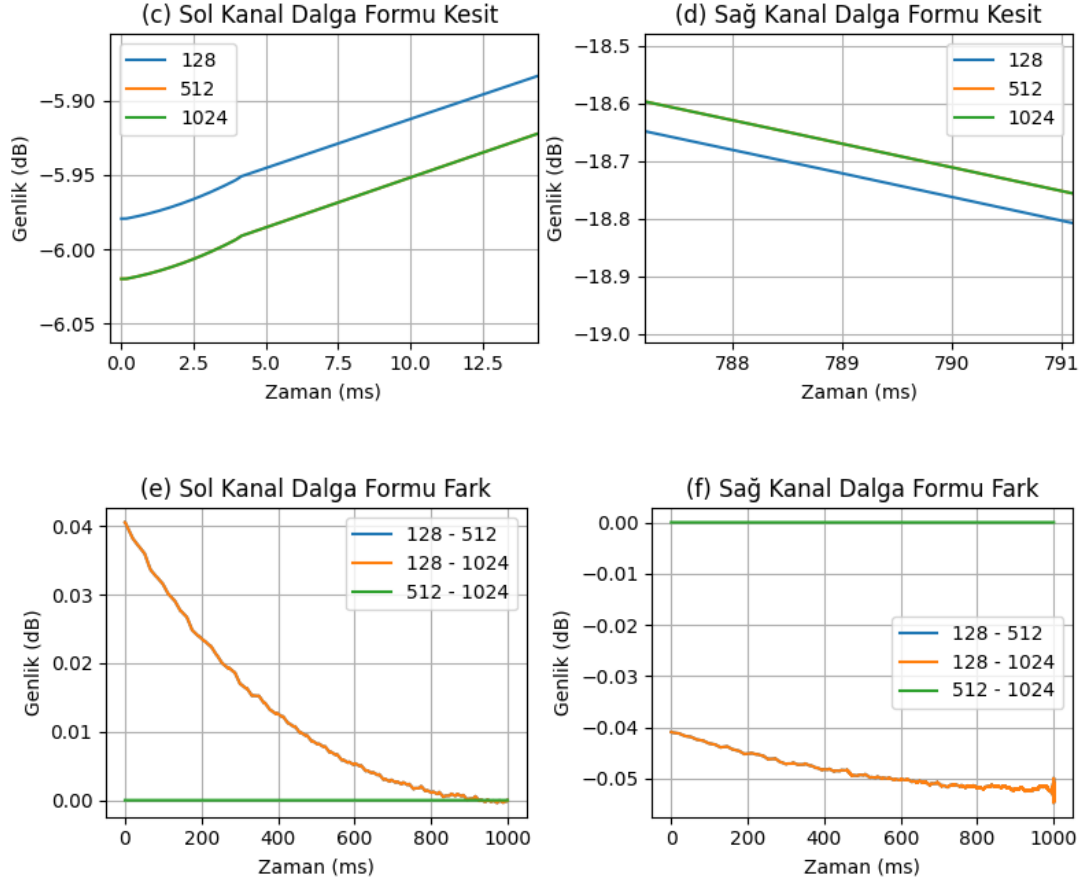
Grafik 3.2.8: Studio One 1. ve 3. Zaman Aralığı Çıktılarında Dalga Formu

Grafik 3.2.8.(a)'da daha önce Grafik 3.2.6'da tespit edilmiş yazılım hatası olasılığının zaman aralığı başlangıcının değiştirilmesi ile kaybolduğu görülmektedir. Grafik 3.2.8.(b)'de ise otomasyonun farklı noktalarda bittiği anlaşılmaktadır.

3.2.7 Arabellek Boyutunun Pan Otomasyonu Üzerindeki Etkisi

Arabellek boyutunun (buffer size) pan otomasyonu üzerinde bir etkisi olup olmadığını tespit etmek amacıyla daha önce 512 arabellek boyutunda yapılan otomasyon, bu kez 128 ve 1024 arabellek boyutları da kullanılarak tekrarlanmıştır. Yapılan analizlerde karşılaştırılan 6 yazılım içerisinde Reaper, FL Studio ve Pro Tools'ta arabellek boyutu değişiminin pan otomasyonunu etkilemediği yani oluşan farkın 0 olduğu, diğer yazılımlarda ise bazı farkların olduğu görülmüştür. Fark tespit edilen yazılımlara ait bulgular aşağıda sunulmuştur.





Grafik 3.2.9: Live 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu

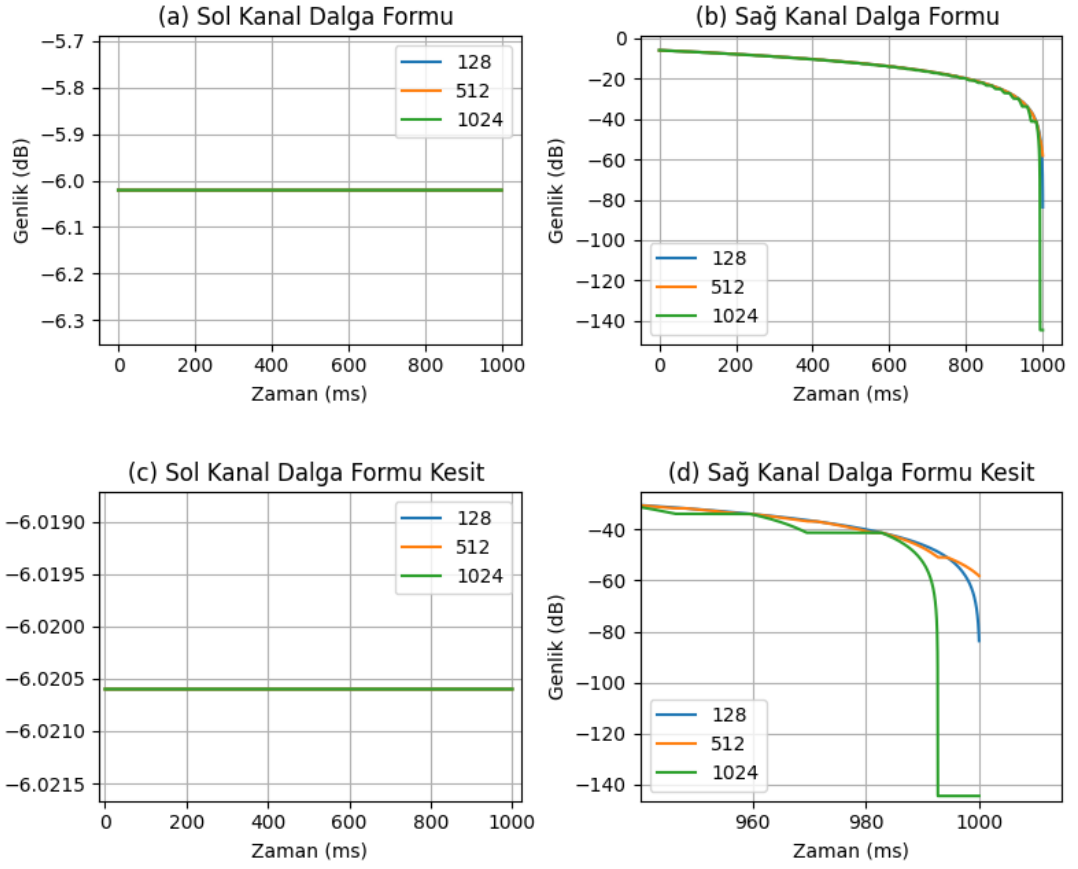
(e) ve (f) grafiklerinde, Live yazılımında 512 ve 1024 arabellek boyutunun eşleştiği görülmektedir. 128 arabellek boyutunun ise diğerlerine göre düşük düzeyde de olsa farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır.

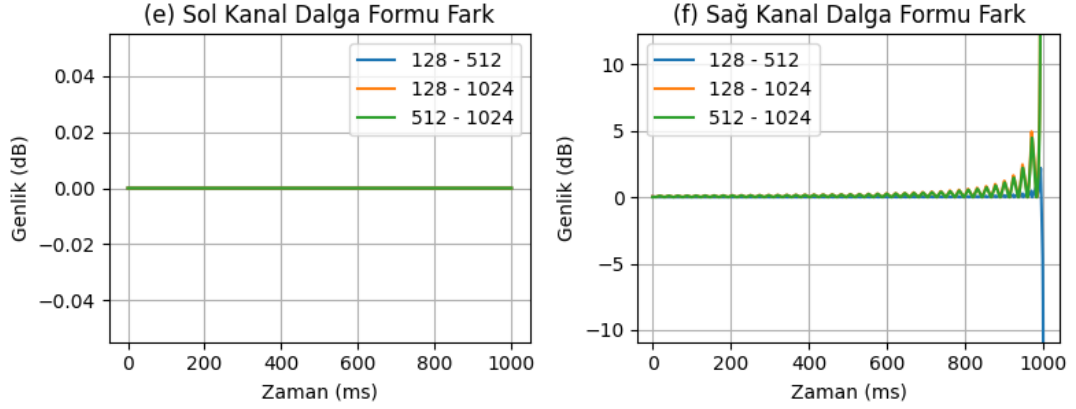
Tablo 3.2.9: Live 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu Fark Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
128 - 512	0.01003948	-0.0455815	-1.025E-05	-0.0409225
128 - 1024	0.01003948	-0.0455815	-1.025E-05	-0.0409225
512 - 1024	0	0	0	0
Sol Kanal Maksimum	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	0	0.04052668	-5.9794251	-6.0199518
128 - 1024	0	0.04052668	-5.9794251	-6.0199518
512 - 1024	0	0	-6.0199518	-6.0199518

Sağ Kanal Maksimum	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	999.773243	-0.0547317	-70.967843	-70.913112
128 - 1024	999.773243	-0.0547317	-70.967843	-70.913112
512 -1024	0	0	-6.0212461	-6.0212461

Sağ kanalda ölçülen en büyük değer olan -0,054 dB farkın sağ kanalda -70 dB civarındaki düşük sinyaller arasında gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Sol kanalda ise en büyük fark başlangıçta oluşmaktadır.





Grafik 3.2.10: Cubase 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu

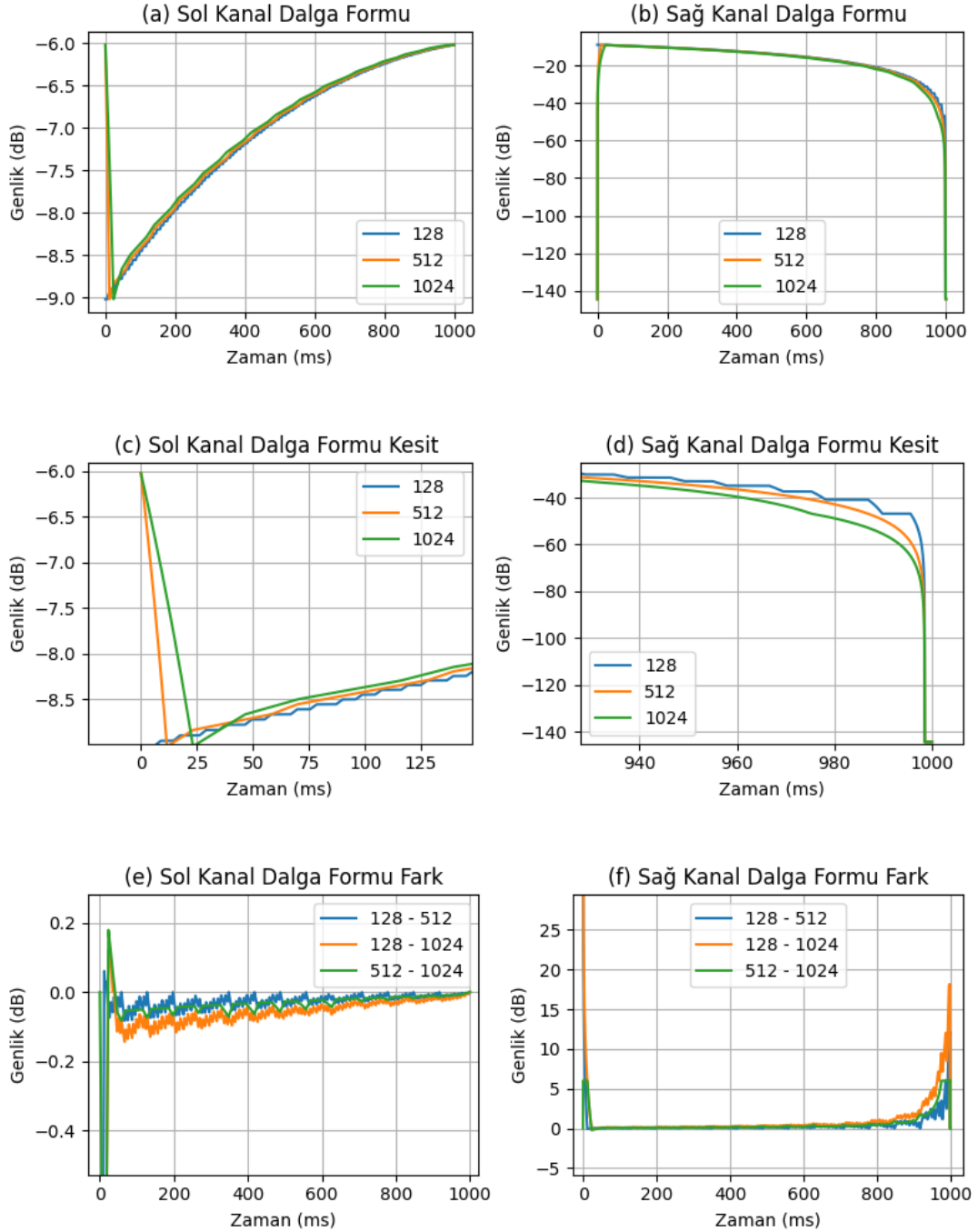
Cubase yazılımında (0) ve (-3) pan kanunlarında ortak olarak 1024 arabellek boyutu ile yapılan ölçümlerde sağ kanalda otomasyon eğrisinin basamaklı bir yapıya doğru değiştiği görülürken, 512’de bu değişimin azaldığı, 128 arabellek boyutunda ise eğrinin çözünürlüğünün arttığı görülmektedir. Yapılan pan otomasyonunda davranış gereği sabit bir seviyede kalan sol kanalda herhangi bir değişim görülmemektedir.

Tablo 3.2.10: Cubase 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu Fark Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
128 - 512	0	0.01118217	0	0.05065273
128 - 1024	0	0.08584308	0	0.05065273
512 - 1024	0	0.07466091	0	0
Sol Kanal Maksimum	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	0	0	-6.0205999	-6.0205999
128 - 1024	0	0	-6.0205999	-6.0205999
512 - 1024	0	0	-6.0205999	-6.0205999
Sağ Kanal Maksimum	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	999.977324	-25.487877	-83.698187	-58.21031
128 - 1024	992.675737	95.7689262	-48.725374	-144.4943
512 - 1024	992.675737	93.5782781	-50.916022	-144.4943

Sağ kanalda oluşan farkların otomasyon L100 konumuna yaklaştıkça yani sağ kanal seviyesi sessizliğe doğru ilerledikçe arttığı, otomasyonun farklı seviyelerde sonlandığı

buna bağılı olarak ta sona doğru büyük farkların tespit edildiği görülmektedir. Sol kanalda ise fark tespit edilmemiştir. Ayrıca analiz tablosunda sağ kanalda 128 arabellek boyutunda ölçülen peak sinyal seviyesinin 0.05 dB yukarıda olduğu görülmektedir.



Grafik 3.2.11: Studio One 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu

(c) ve (d) grafiklerinde arabellek boyutunun pan otomasyonunu etkilediği net bir şekilde görülmektedir. 128 arabellek boyutunda otomasyon sol kanalda, daha önce tablo 3.2.1 ile tespit edilen merkez pan konumu seviyesi olan -9,02 dB’de başlarken, 512 ve 1024 arabellek boyutlarında 25 ms içerisinde -6 dB’den -9,02 dB’e sıçradığı görülmektedir. Bu durum daha önce yazılımsal hata olasılığı olarak nitelendirilmişti. 128 arabellek boyutunda bu sıçrama oluşmamıştır ve bu boyutta otomasyonun basamaklı bir hal aldığı görülürken, diğer ara bellek boyutlarında çözünürlüğün nispeten arttığı gözlenmektedir.

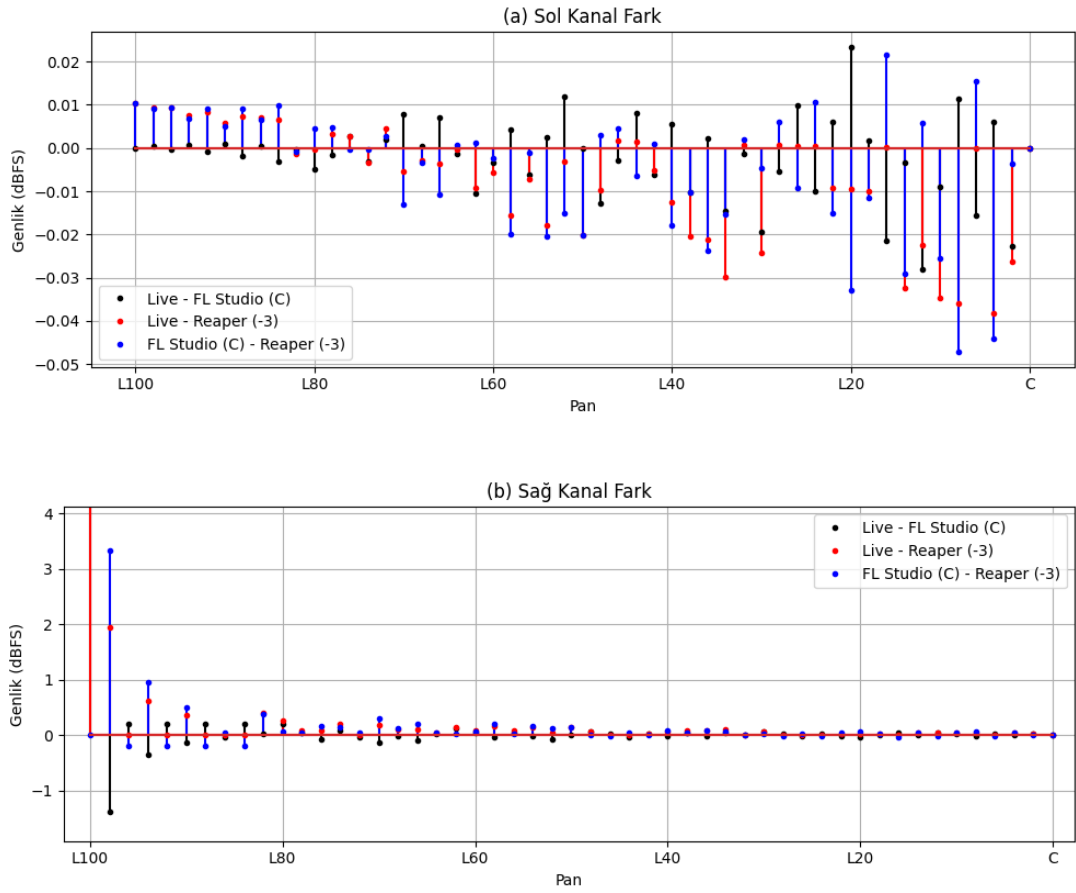
Tablo 3.2.11: Studio One 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Pan Otomasyonu Fark Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
128 - 512	-0.0372109	0.18361502	0	0
128 - 1024	-0.0785415	0.39683459	0	0
512 - 1024	-0.0413306	0.21321957	0	0
Sol Kanal Maksimum	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	0	-3.0000024	-9.0206024	-6.0205999
128 - 1024	0	-3.0000024	-9.0206024	-6.0205999
512 - 1024	11.6099773	-1.6288892	-9.0206024	-7.3917132
Sağ Kanal Maksimum	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	0	135.473698	-9.0206024	-144.4943
128 - 1024	0	135.473698	-9.0206024	-144.4943
512 - 1024	998.412698	6.07909097	-95.010073	-101.08916

3.2.8 1. Grup Yazılımlarında Sabit Ara Pan Konumlarının Karşılaştırması

Sabit ara pan konumlarını inceleyebilmek amacıyla Reaper (0L), Cubase (0), Studio One ve Pro Tools (-3) yazılımlarında 101 tane mono kanal oluşturulmuş, 1. Kanal: L100, 2. Kanal: L99, 3. Kanal: L98...101. kanal: C olacak şekilde 100’den 0’a tüm pan konumları ayarlanmıştır. 1 saniye uzunluğundaki test sinyali birbiri ardına tüm kanallarda yerleştirilerek çıktı alınmıştır. Live dışındaki yazılımlar tam sol ve merkez pan arasını 100 eş parçaya bölerken, Live 50 eş parçaya bölmektedir. Live’de L50 pan diğer yazılımlarda L100’e eştir. Aynı şekilde Live’de L49 diğer yazılımlarda L98’a

denk gelmektedir. Live ile aynı grupta bulunan Reaper (-3G) ve FL Studio (C) yazılımlarının Live ile uyum sağlaması açısından sadece çift sayılardan oluşan pan konumları kullanılarak çıktı alınmıştır. FL Studio yazılımında kanala eklenen bir sinyalin sonuna fazladan 0,01 saniye uzunluğunda sızma (bleeding) olarak adlandırılan birbiri ardına gelen sinyaller arasına bir çapraz geçiş (crossfade) uzantısı eklendiği görülmektedir (Grafik 3.2.7). Karşılaştırmada aynı koşulların sağlanması açısından, FL Studio yazılımında test sinyalleri birbiri ardına değil 1 saniye ara ile yerleştirilmiş, bu eklenen uzantının boş 1 saniye aralara denk gelmesi sağlanmıştır. Daha sonra bu boşluklar çıkartılarak elde edilen düzeltilmiş çıktı, karşılaştırmalarda kullanılmıştır. Çıktılar üzerinde 0,5 saniyelik aralıklarla ölçümler alınarak bu ölçüm farkları her grup için grafiklere aktarılmıştır.



Grafik 3.2.12: 1. Grup Sabit Ara Pan Konumları Karşılaştırması

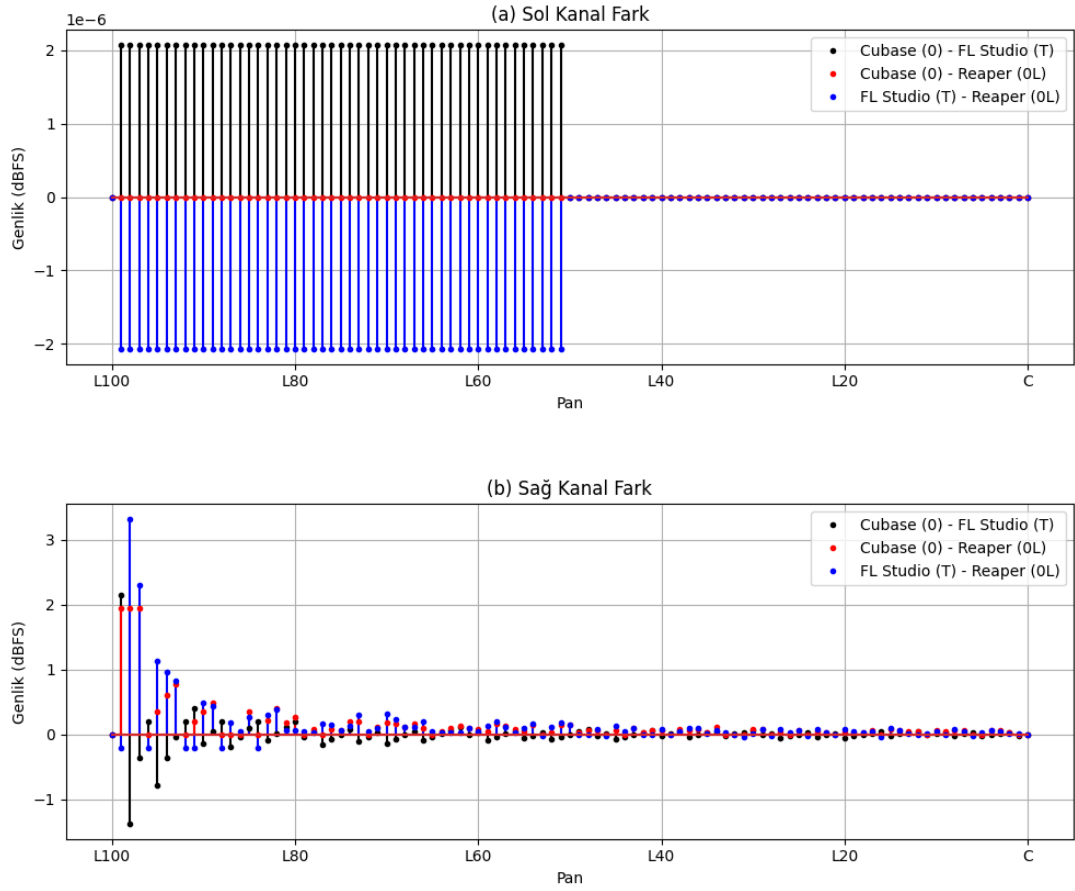
Grafik 3.2.12’de daha önce merkez ve tam sol pan konumlarında aynı seviyelere sahip olması nedeniyle gruplandırılan yazılımların ara pan değerlerinde birbirinden farklı seviyelerde çıktılar verdikleri açıkça görülmektedir.

Tablo 3.2.12: 1. Grup Sabit Ara Pan Konumları Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Live - FL Studio (C)	-0.0016417	0.00733644	0	0
Live - Reaper (-3G)	-0.0053187	0.0409329	0.01030035	0
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	-0.003677	0.03359646	0.01030035	0
Sol Kanal Maksimum	Pan	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Live - FL Studio (C)	L12	-0.0281041	-5.2746967	-5.2465925
Live - Reaper (-3G)	L4	-0.038239	-5.7561225	-5.7178834
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	L8	-0.0471519	-5.5190832	-5.4719313
Sağ Kanal Maksimum	Pan	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Live - FL Studio (C)	L100	38.4854878	-106.00881	-144.4943
Live - Reaper (-3G)	L100	38.4854878	-106.00881	-144.4943
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	L98	3.32537687	-37.710777	-41.036154

Tablo 3.2.12’de gösterilen konumlar, ölçümlerde kullanılan 50 ölçeği yerine uyumluluk açısından 100’lük ölçek üzerinden verilmiştir. Live karşılaştırmalarında sağ kanalda L100 konumda 38.485 dB’lik fark dikkat çekmektedir. Tablo 3.2.12’de tespit edildiği üzere Live yazılımı tam sol pan konumunda sağ kanalda tam sessizlik yerine -106.0088 dB’e düşmektedir. Sağ kanalda oluşan farkların tam sol pan konumuna yakın noktalarda kümелendiği, merkeze doğru gidildikçe farkların azaldığı görülmektedir.

3.2.9 2. Grup Yazılımlarında Sabit Ara Pan Konumlarının Karşılaştırması



Grafik 3.2.13: 2. Grup Sabit Ara Pan Konumları Karşılaştırması

2. Grup yazılımlarında ara pan konumlarında alınan çıktılarda sol kanalda çok düşük seviye farkları tespit edilirken sağ kanalda L100 pan konumuna yakın konumlarda farkın arttığı, merkeze doğru yaklaştıkça farkın azaldığı görülmektedir.

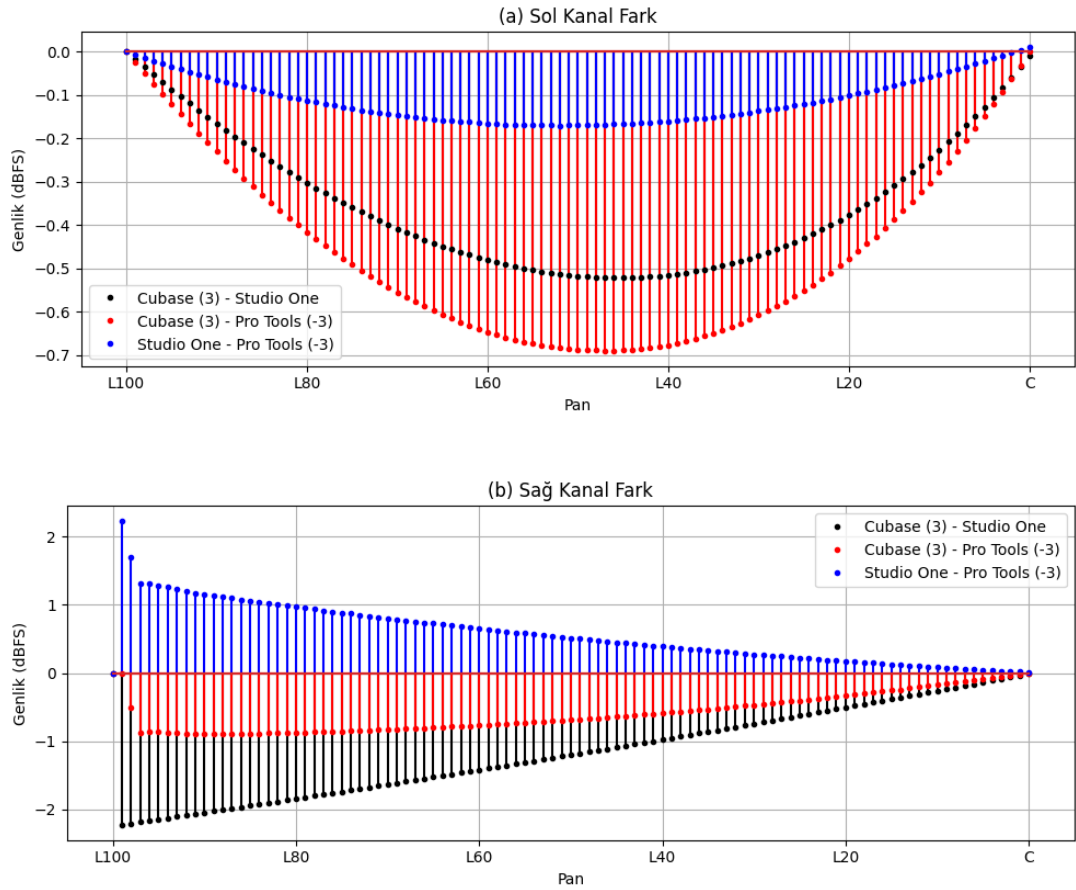
Tablo 3.2.13: 2. Grup Sabit Ara Pan Konumları Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (0) - FL Studio (T)	1.0269E-06	0.00154123	0	0
Cubase (0) - Reaper (0L)	0	0.04307047	0	0
FL Studio (T) - Reaper (0L)	-1.027E-06	0.04152924	0	0
Sol Kanal Maksimum	Pan	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (0) - FL Studio (T)	L99	2.0709E-06	-6.0205999	-6.020602
Cubase (0) - Reaper (0L)	L100	0	-6.0205999	-6.0205999

FL Studio (T) - Reaper (0L)	L99	-2.071E-06	-6.020602	-6.0205999
Sağ Kanal Maksimum	Pan	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (0) - FL Studio (T)	L99	2.14419111	-46.020608	-48.164799
Cubase (0) - Reaper (0L)	L99	1.9383038	-46.020608	-47.958912
FL Studio (T) - Reaper (0L)	L98	3.31580845	-38.622374	-41.938183

2. Grup sol kanal farklarına bakıldığında FL Studio (T) karşılaştırmalarında 0,000002 dB’lik fark görülmektedir. Sağ kanalda görülen maksimum farklar yaklaşık -47 dB civarındaki sinyal seviyeleri arasındadır.

3.2.10 3. Grup Yazılımlarında Sabit Ara Pan Konumlarının Karşılaştırması



Grafik 3.2.14: 3. Grup Sabit Ara Pan Konumları Karşılaştırması

Grafik 3.2.14.(a)’da sol kanalda L50 pan konumuna yaklaştıkça farkların arttığı, tam sol ve merkeze yaklaştıkça farkların azaldığı görülmektedir. Grafik 3.2.14.(b)’de sağ kanalda tam soldan merkeze doğru yaklaştıkça farkların azaldığı göze çarpmaktadır.

Tablo 3.2.14: 3. Grup Sabit Ara Pan Konumları Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (-3) - Studio One	-0.3442553	-0.6292442	0	-0.0102969
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	-0.4576688	-0.3691303	0	-0.0002987
Studio One - Pro Tools (-3)	-0.1134135	0.26011385	0	0.00999821
Sol Kanal Maksimum	Pan	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (-3) - Studio One	L45	-0.5216685	-7.5463062	-7.0246378
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	L47	-0.6902639	-7.485865	-6.7956011
Studio One - Pro Tools (-3)	L52	-0.1707978	-6.8233972	-6.6525994
Sağ Kanal Maksimum	Pan	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (-3) - Studio One	L99	-2.2274859	-49.030961	-46.803475
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	L90	-0.8993059	-29.030902	-28.131596
Studio One - Pro Tools (-3)	L99	2.22719308	-46.803475	-49.030668

Analiz tablosunda ölçülen RMS farklarının diğer gruplara göre nispeten yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Studio One karşılaştırmalarında sağ kanalda oluşan maksimum farkların -49 dB civarındaki seviyelerde olduğu gözlenmiştir.

3.2.11 Stereo Kanallarda Panlama

Mono kanallar üzerindeki pan kontrolü davranışı tüm yazılımlarda ortak olup örneğin mono kanal tam sola panlandığında ana çıkışta sinyal sadece soldan gelmekte ve sağ kanal Ableton yazılımı dışında sessizliğe düşmektedir. Stereo kanallarda pan kontrolünde ise farklı seçenek ve davranışlar vardır.

Gerçek stereo pan (dual pan): Gerçek stereo pan kontrolü stereo kanaldaki sinyalin sol ve sağ tarafını birbirinden bağımsız bir biçimde stereo panorama içerisinde istenilen pozisyonda konumlandırma yapabilmeyi sağlayan iki adet pan kontrolü bulunmaktadır. Stereo kanal üzerinde bulunan bu iki pan kontrolü ile sol ve sağ taraf bağımsız bir şekilde hareket ettirilebilmektedir.

Stereo denge (stereo balance veya single pan): Stereo denge pan kontrolünde stereo kanal üzerinde tek bir pan kontrolü bulunmakta ve mono kanallarda olduğu gibi sol ve sağ tarafın seviyesini kontrol etmektedir. Stereo kanal üzerinde stereo denge pan

kontrolü tam sola çevrildiğinde stereo sinyale ait sinyalin sadece sol tarafı duyulmaktadır.

Denge kontrolü (balance control): Stereo kanal üzerinde 2 pan kontrolü ile gerçekleştirilen gerçek stereo panlamanın tek pan kontrolü ile yapılması durumudur. Denge kontrolü panlamasında stereo kanal en sola panlandığında stereo sinyalin sağ kısmının tamamı sinyalin sol kısmı ile sol taraftan gelmektedir.

Aşağıdaki tabloda yazılımlarda mikser üzerinde stereo kanal panlamasında kullanılabilen panlama seçenekleri verilmiştir.

Tablo 3.2.15: Stereo Kanal Panlama Seçenekleri

Yazılım	Gerçek stereo pan	Stereo denge	Denge kontrolü
Ableton	+	+	-
FL Studio	-	+(klip üzerinden)	+
Cubase	+	+	-
Pro Tools	+	-	-
Reaper	+	+	-
Studio One	+(eklenti ile)	+	-

FL Studio yazılımında mikser üzerinde stereo denge panlaması yapılamamakta ancak klip özellikleri penceresinde bulunan pan kontrolü ile yapılabilmektedir. Studio One yazılımında gerçek stereo pan kontrolü için yazılımla birlikte gelen “Dual pan” eklentisi kullanılmaktadır. Pro Tools yazılımında stereo denge kontrolü bulunmamaktadır ve yazılımla birlikte gelen ve bu işlemi yapabilecek hiçbir eklenti yoktur. Tablo 3.2.15’te 6 yazılımında birlikte dahil olabileceği yani birlikte ortak olarak kullanabilecekleri stereo kanala panlama kontrolü bulunmadığı görülmektedir. Gerçek stereo pan kontrolü için FL Studio, Stereo denge pan kontrolü için Pro Tools yazılımları testlere dahil edilmeyerek stereo kanallarda panlama davranışları karşılaştırılmıştır. Öncelikle tüm yazılımlarda ortak bir şekilde stereo kanalın merkez pan konumunda olması durumu incelenmiştir. Oluşturulan stereo kanallarda stereo beyaz gürültü test sinyali kullanılmış ve kanal pan kontrolü merkez pan

konumundayken çıktı alınarak çıktıların peak dB ve değerleri bulunmuştur. Daha sonra bulunan bu değerlerin kullanılan test sinyali ile farkı hesaplanarak seviye değişimi gözlemlenmiştir.

Tablo 3.2.16: Merkez Pan Konumunda Ölçülen Peak ve Seviye Değişimi

Yazılım	Sol kanal	Sağ kanal	Seviye değişimi
	Peak (dB)	Peak (dB)	
Test Sinyali	10,0300	10,0301	
Live	10,0300	10,0301	0
Fl Studio (C)	10,0300	10,0301	0
FL Studio (T)	10,0300	10,0301	0
Cubase (0)	10,0300	10,0301	0
Cubase (-3)	10,0300	10,0301	0
Pro Tools (-3)	10,0300	10,0301	0
Reaper (0L)	10,0300	10,0301	0
Reaper (-3G)	10,0300	10,0301	0
Studio One	10,0300	10,0301	0

Tabloda tüm yazılımların stereo kanal merkez pan konumundayken aynı seviyede çıktı verdiği tespit edilmiştir.

Aşağıda verilen Tablo 3.2.17 tablosunda stereo kanal çıktıları ve test sinyali arasındaki RMS ve Peak farkları görülmektedir. Tüm yazılımlarda aynı değerlere sahip çıktılar alınmış ve bu verilerin kullanılan test sinyali ile farkının 0dB olması nedeni ile yazılımların 0 dB fade konumunda bulunan stereo kanaldan alınan çıktıların özdeş olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.2.17: Stereo Kanal Çıktıları ve Test Sinyali arasında RMS ve Peak Farkı (dB)

	Test Sinyali	Yazılım Çıktıları	Fark
Peak (dB)	-10.03003428	-10.03003428	0
Max RMS (dB)	-14.68908065	-14.68908065	0
Min RMS (dB)	-14.90089218	-14.90089218	0

DR (dB)	0.211811526	0.211811526	0
Avr RMS (dB)	-14.80512643	-14.80512643	0

Yazılımlarda stereo denge pan kontrolü kullanılarak kanal panı tam sola çevrilerek çıktılar alınmış ve kullanılan test dosyası ile oluşan seviye değişimi hesaplanmıştır.

Tablo 3.2.18: Tam Sol Pan Konumunda Ölçülen Peak ve Seviye Değişimi

Yazılım	Sol kanal	Sağ kanal	Seviye değişimi
	Peak (dB)	Peak (dB)	
Live	-7,02	-110,174	3,0103
Fl Studio (C)	-7,02	-	3,0103
FL Studio (T)	10,0300	-	0
Cubase (0)	10,0300	-	0
Cubase (-3)	10,0300	-	0
Pro Tools (-3)	xxx	xxx	xxx
Reaper (0L)	10,0300	-	0
Reaper (-3G)	-7,02	-	3
Studio One	10,0300	-	0

Tablo 3.2.18’de elde edilen veriler ile daha önce oluşturulan pan grupları tablosu stereo kanallarda dahil edilerek tekrar düzenlenmiştir.

Tablo 3.2.19: Mono ve Stereo Kanallar için Pan Grupları

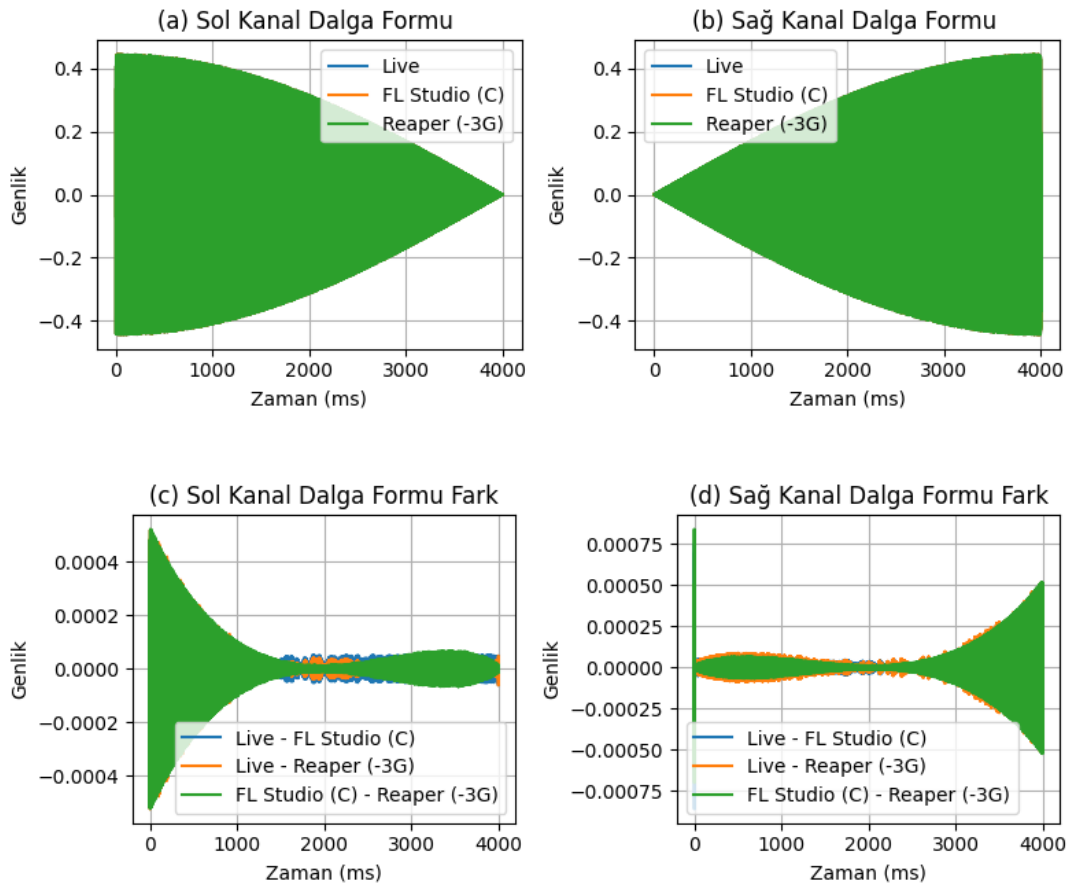
Grup	MONO		STEREO	
	Orta	Sol/Sağ	Orta	Sol/Sağ
Ableton	0	3,0103	0	3,0103
Fl Studio (C)	0	3,0103	0	3,0103
Reaper (-3G)	0	3	0	3
Cubase (0)	0	0	0	0
FL Studio (T)	0	0	0	0
Reaper (0L)	0	0	0	0
Cubase (-3)	-3,01	0	0	0
Studio One	-3	0	0	0

Pro Tools (-3)	-3	0	0	XXX
----------------	----	---	---	-----

Tablo 3.2.19’da -3 pan kanunu kullanan 1. Grupta stereo kanal panlamasında seviye değişiminin mono kanallar ile aynı olduğu gözlemlenirken, 2. ve 3. Grupta stereo kanal panlamasında seviyenin değişmediği görülmektedir.

Stereo kanallarda ara pan değerlerindeki seviye farklarını tespit edebilmek için kullanılan stereo beyaz gürültü test dosyasına tam soldan başlayıp tam sağda biten bir pan otomasyonu uygulanmış ve çıktılar analiz edilmiştir.

3.2.12 1. Grup Yazılımlarında Stereo Denge Pan Kontrolü ile Pan Otomasyonu



Grafik 3.2.15: 1. Grup Yazılımlarında Stereo Kanal Pan Otomasyonu

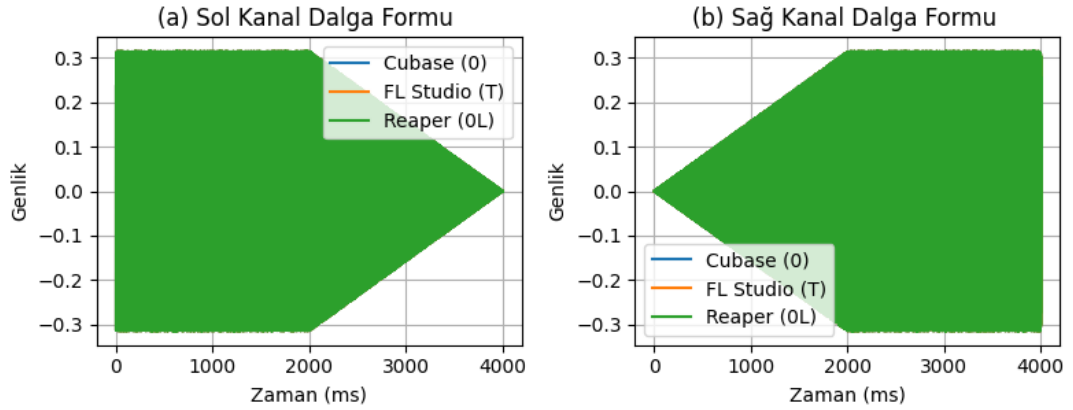
Karşılaştırma grafiklerinde 1. Grupta bulunan yazılımların düşük seviyelerdeki farklarla mono kanal panlamasında olduğu gibi yaklaşık aynı eğrileri kullanarak panlama yaptıkları görülmektedir.

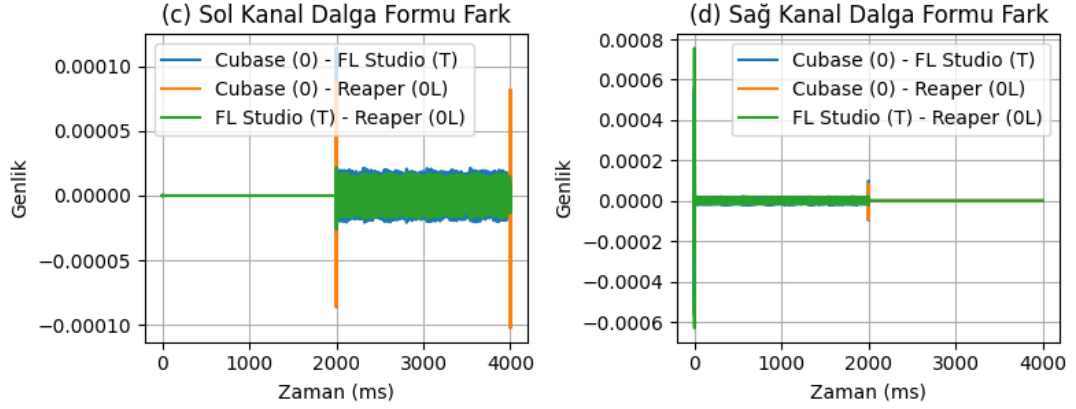
Tablo 3.2.20: 1. Grup Yazılımlarında Stereo Kanal Pan Otomasyon Fark Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Live - FL Studio (C)	-0.0004971	0.00028825	-0.0002673	-0.0001975
Live - Reaper (-3G)	0.00254294	0.00331496	0.0096552	0.00985487
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	0.00304006	0.00302671	0.00992248	0.01005237
Sol Kanal	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Live - FL Studio (C)	3999.97732	24.9281809	-92.717763	-117.64594
Live - Reaper (-3G)	3999.97732	24.9281809	-92.717763	-117.64594
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	3999.70522	0.25178255	-101.57184	-101.82362
Sağ Kanal	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Live - FL Studio (C)	0.15873016	-36.21361	-128.93137	-92.717763
Live - Reaper (-3G)	0	44.6088805	-99.885419	-144.4943
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	0	79.5835828	-64.910717	-144.4943

Fark analiz tablosunda düşük RMS farkları ve düşük seviyelerdeki sinyaller arasında oluşan maksimum farklar göze çarpmaktadır.

3.2.13 2. Grup Yazılımlarında Stereo Denge Pan Kontrolü ile Pan Otomasyonu





Grafik 3.2.16: 2. Grup Yazılımlarında Stereo Kanal Pan Otomasyonu

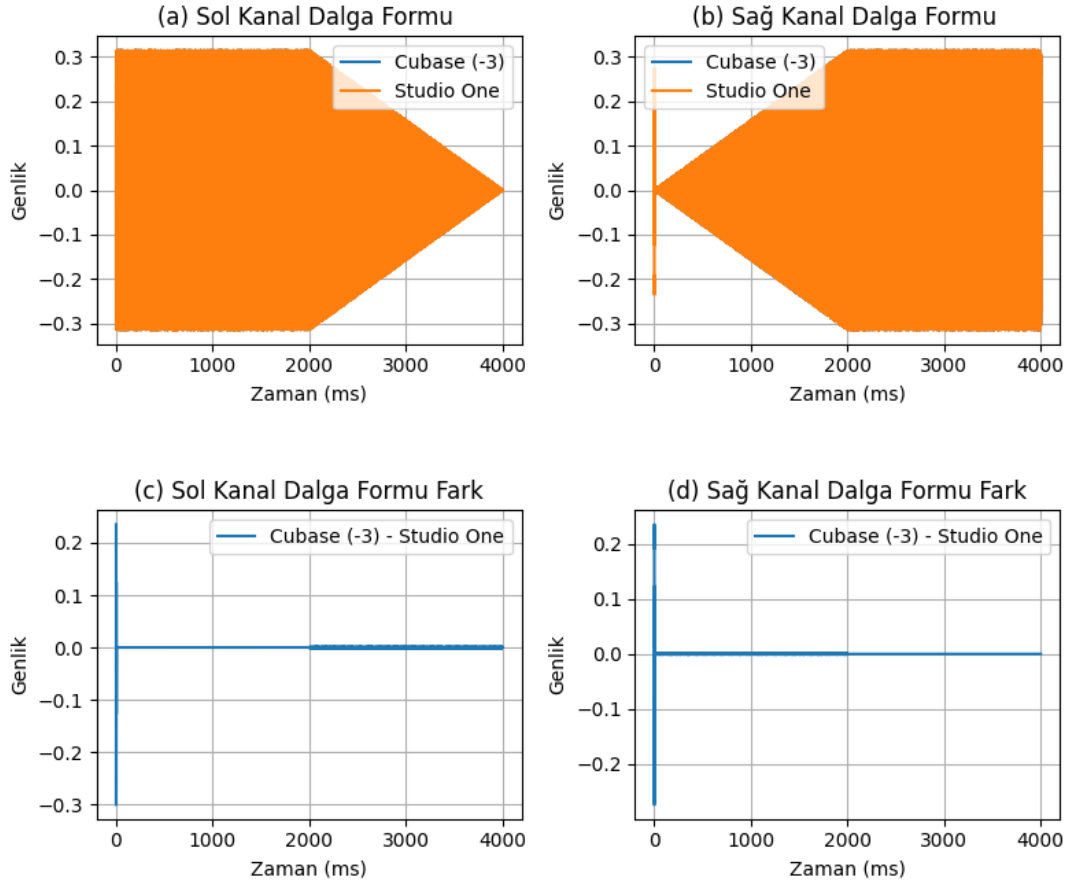
2. Grupta bulunan Cubase (0), FL Studio (T) ve Reaper (0L) yazılımlarında stereo pan denge kontrolünün düşük farklarla birbirinden ayrıldığı görülmektedir.

Tablo 3.2.21: 2. Grup Yazılımlarında Stereo Kanal Pan Otomasyon Fark Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (0) - FL Studio (T)	-3.717E-05	3.4398E-05	0	0
Cubase (0) - Reaper (0L)	-3.857E-05	3.5932E-05	0	0
FL Studio (T) - Reaper (0L)	-1.4E-06	1.5333E-06	0	0
Sol Kanal	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (0) - FL Studio (T)	3999.97732	29.6001389	-88.873659	-118.4738
Cubase (0) - Reaper (0L)	3999.97732	29.6001389	-88.873659	-118.4738
FL Studio (T) - Reaper (0L)	3999.00227	0.22272732	-100.52126	-100.74398
Sağ Kanal	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (0) - FL Studio (T)	0.38548753	-10.266669	-101.69682	-91.430148
Cubase (0) - Reaper (0L)	0	68.4253979	-76.068902	-144.4943
FL Studio (T) - Reaper (0L)	0	78.6716723	-65.822628	-144.4943

Fark analiz tablosunda düşük RMS farkları panlama otomasyonunun birbirine çok yakın bir şekilde gerçekleştiğini işaret etmektedir.

3.2.14 3. Grup Yazılımlarında Stereo Denge Pan Kontrolü ile Pan Otomasyonu



Grafik 3.2.17: 3. Grup Yazılımlarında Stereo Kanal Pan Otomasyonu

Diğer gruplardaki gözlemlere paralel olarak 3. Grupta da yazılımların çok düşük farklarla otomasyonu gerçekleştirdiği görülmektedir.

Tablo 3.2.22: 3. Grup Yazılımlarında Stereo Kanal Pan Otomasyon Fark Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (-3) – Studio One	-0.000308	0.00195946	0	0
Sol Kanal	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (-3) – Studio One	0	131.926301	-12.567999	-144.4943
Sağ Kanal	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (-3) – Studio One	5.69160998	82.5445905	-61.94971	-144.4943

Fark analiz tablosunda düşük RMS farkı ve düşük seviyelerdeki sinyaller arasında oluşan maksimum fark göze çarpmaktadır. Po Tools yazılımında stereo denge pan kontrolü yapılamadığı için karşılaştırmalara dahil edilmemiştir.

3.2.15 Yazılımlarında Gerçek Stereo Pan Kontrolü (Dual Pan) Kullanılması

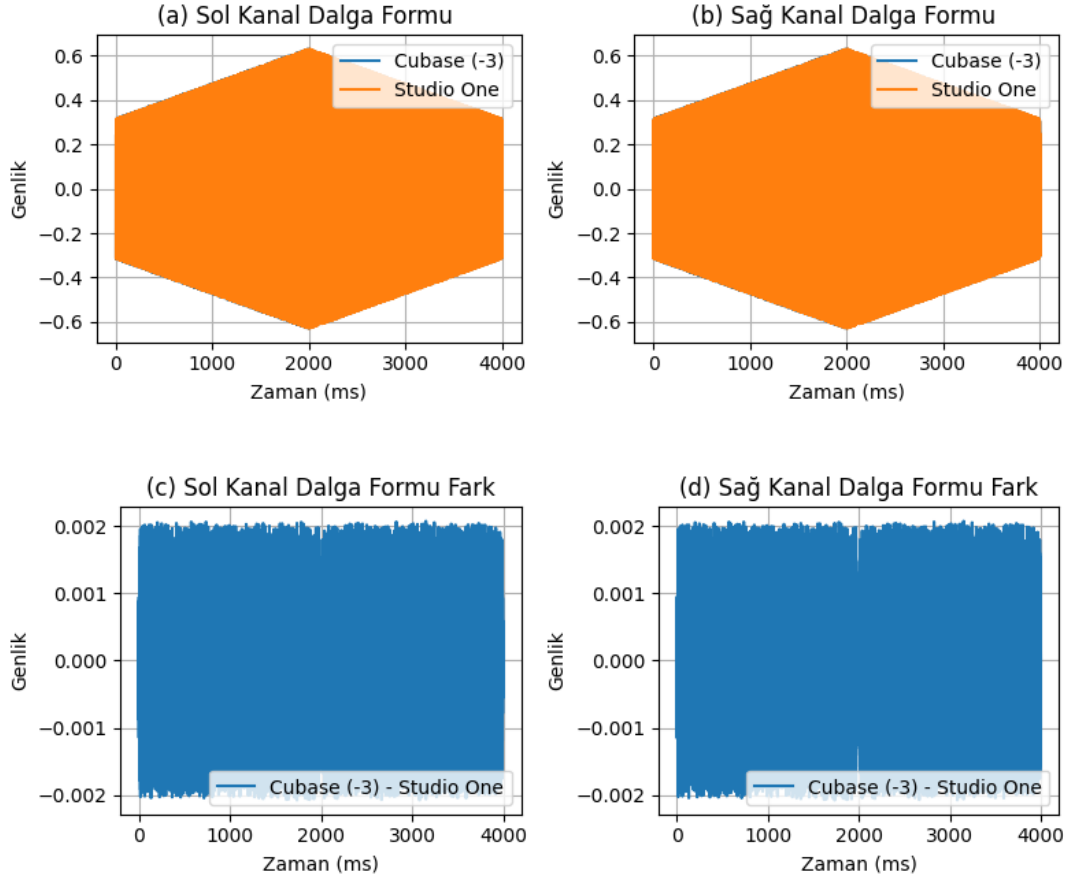
Stereo kanallarda gerçek stereo pan kontrolü (dual pan) kullanılması durumunda oluşan pan davranışlarını inceleyebilmek için stereo beyaz gürültü test sinyali bir stereo kanala yerleştirilmiş, dual pan kontrolünde bulunan 2 pan kontrolü önce merkez pan konumuna getirilerek (C – C), sonra da tam sol pan konumuna getirilerek (L100 – L100) iki ayrı çıktı alınmış ve bu çıktılarda ölçülen peak(dB) değerleri tabloya aktarılarak seviye değişimleri gözlenmiştir.

Tablo 3.2.23: Dual Pan Çıktılarında Ölçülen Peak (dB)

Yazılım	Kanal	C - C	L100 - L100
Live	Sol	-7.019734	-4.009434368
	Sağ	-7.019734	-
Cubase (0)	Sol	-4.009434	-4.009434368
	Sağ	-4.009434	-
Cubase (-3)	Sol	-7.019734	-4.009434368
	Sağ	-7.019734	-
Pro Tools (-3)	Sol	-7.019434	-4.009434368
	Sağ	-7.019434	-
Reaper (0L)	Sol	-4.009434	-4.009434368
	Sağ	-4.009434	-
Reaper (-3G)	Sol	-4.009434	-1.009433848
	Sağ	-4.009434	-
Studio One	Sol	-7.021491	-4.009434368
	Sağ	-7.021491	-

Yukarıdaki tabloda ölçülen seviyeler incelendiğinde 2. Grupta bulunan Cubase (0) ve Reaper (0L) ile 3. Grupta bulunan Cubase (-3), Pro Tools (-3) ve Studio One yazılımlarının aynı peak değerlerine sahip olduğu görülmektedir. 1. Grup'ta bulunan Live ve Reaper (-3G) yazılımları arasında eşleşme sağlanamamış olup bu yazılımların

farklı eğriler kullanarak dual pan kontrolü yaptıkları tespit edilmiştir. Eşleşen yazılımlarda sol pan kontrolü için tam soldan tam sağa, sağ pan kontrolü için tam sağdan tam sola pan otomasyonu çizilerek alınan çıktılar ile ara pan değerlerindeki davranışlar gözlemlenmiştir.



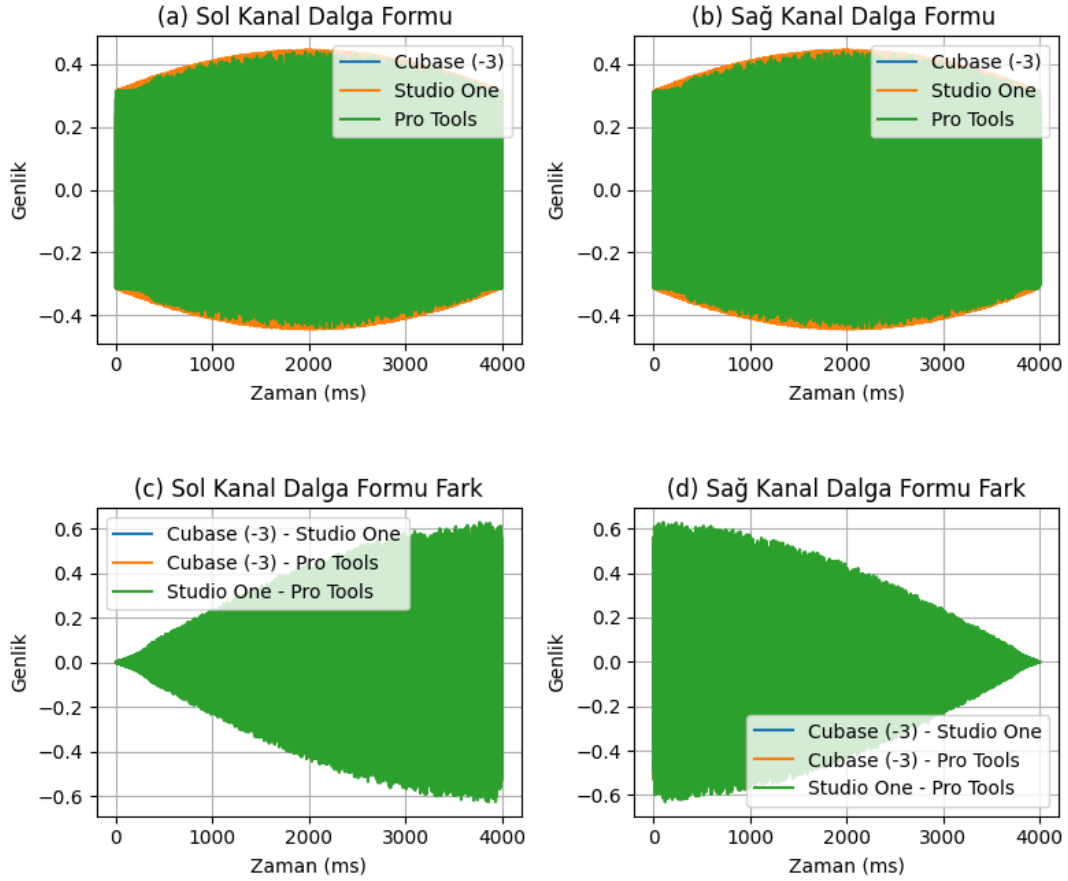
Grafik 3.2.18: 2. Grup Dual Pan Çıktılarının Karşılaştırması

(c) ve (d) grafiklerinde sinyal boyunca devam eden düşük seviyedeki fark göze çarpmaktadır.

Tablo 3.2.24: 2. Grup Dual Pan Çıktılarının Fark Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (0) – Reaper (0L)	6.0793E-05	6.078E-05	0.00495305	0.00495305
Sol Kanal	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (0) – Reaper (0L)	3103.10658	-0.1306173	-102.08292	-101.9523
Sağ Kanal	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak

Analiz tablosunda görülen düşün RMS farkı otomasyonun yaklaşık aynı seviyelerde ilerlediğini işaret etmektedir.



Grafik 3.2.19: 3. Grup Dual Pan Çıktılarının Karşılaştırması

(c) ve (d) grafiklerinde here iki kanalda da sinyal seviyesinin düştüğü konumlarda yüksek farkların oluştuğu göze çarpmaktadır.

Tablo 3.2.25: 3. Grup Dual Pan Çıktılarının Fark Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (-3) - Studio One	-0.4622245	-0.4622245	-0.0092885	-0.0092885
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	1.68046602	1.68651049	0.05012932	0.0472519
Studio One - Pro Tools (-3)	2.14269051	2.14873496	0.05941787	0.05654045
Sol Kanal	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (-3) - Studio One	3084.33107	-0.7134892	-40.400497	-39.687008

Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	3468.79819	101.693052	-12.171768	-113.86482
Studio One - Pro Tools (-3)	3468.79819	102.242294	-11.622526	-113.86482
Sağ Kanal	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (-3) - Studio One	3084.33107	-0.7134892	-40.400497	-39.687008
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	1062.76644	104.077447	-8.3757508	-112.4532
Studio One - Pro Tools (-3)	1062.76644	104.735231	-7.7179675	-112.4532

Analiz tablosunda özellikle Pro Tools karşılaştırmalarında ölçülen yüksek RMS farkları, otomasyonun farklı seviyelerle gerçekleştiğini işaret etmektedir. Studio One yazılımında panlama işlemi yazılımla birlikte gelen Dual Pan eklentisi ile gerçekleştirilmiş olup bu eklentide “-3 dB constant power sin/cos” seçeneği kullanılmıştır.

3.3 Fader Davranışlarının İncelenmesi ve Karşılaştırılması

Yazılımlarda panlama ile ilgili yapılan çalışmalarda fader konumu 0 dB’de sabit tutulmuştu. Müzik prodüksiyonu projelerinde düzgün bir seviye dengesi yakalayabilmek içinde kanallar çok farklı fader konumlarında bulunabilmektedir. Hatta çalışılan şarkıların bazı bölümlerinde ihtiyaca göre enstrümanların seviyeleri fader otomasyonu yapılarak öne veya geriye alınmaktadır. Aşağıdaki tabloda yazılımlarda bulunan mikserler üzerinde izin verilen maksimum ve minimum fader (dB) pozisyonları ve fader hareketi ile elde edilen minimum değişim yani hassasiyet verilmiştir. Verilen minimum fader konumu sonrasında fader değeri sessizlik (-inf) olarak görülmektedir.

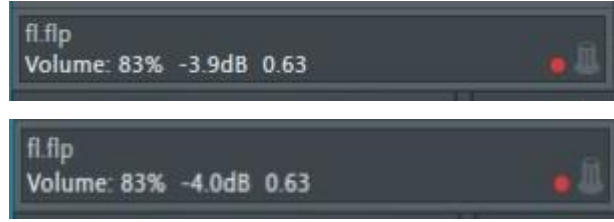
Tablo 3.3.1: Yazılımlarda İzin Verilen Fader Hareket Aralığı

Yazılım	Maksimum	Minimum	Hassasiyet
Live	+6 dB	-69,6 dB	0,1 dB
FL Studio	+5,6 dB	-88,5 dB	0,1 dB
Cubase	+6,02 dB	-120 dB	0,01 dB
Pro Tools	+12 dB	-117 dB	0,1 dB
Reaper	+12 dB	-144 dB	0,01 dB

Studio One	+10	-143,9 dB	0,1 dB
------------	-----	-----------	--------

Tablo 3.3.1’den anlaşılabileceği üzere yazılımlarda fader’ler farklı hareket alanları ve hassasiyet kullanmaktadır.

FL Studio yazılımında fader, 0,1 dB hassasiyet ile hareket ettirilebilmektedir. Mikser üzerinde fader hareketi ile okunabilen en küçük değer -88,5 dB olmasına karşın -50 dB’den sonra fader hassasiyeti giderek kaybolarak yani 0,1 dB birim değişimi bozulduğu için fader istenilen dB’e değerlerine net bir şekilde getirilememektedir. Ayrıca FL Studio yazılımında kanal seviyesi fader pozisyonunu gösteren dB değeri dışında yüzde olarak (%0 ve %125 arasında) ve 1,90 ile 0 arasında değişen sayısal bir ifade ile de gösterilmektedir. Yazılım hatası olasılığı bulunan bir davranış ile yüzde ve sayısal ifade aynı kalmasına karşın farklı dB değerleri görülebilmektedir. Bu nedenle fader konumu istenilen dB değerine getirilse bile yüzde ve diğer sayısal ölçek farklı sonuç çıkartabilmektedir.



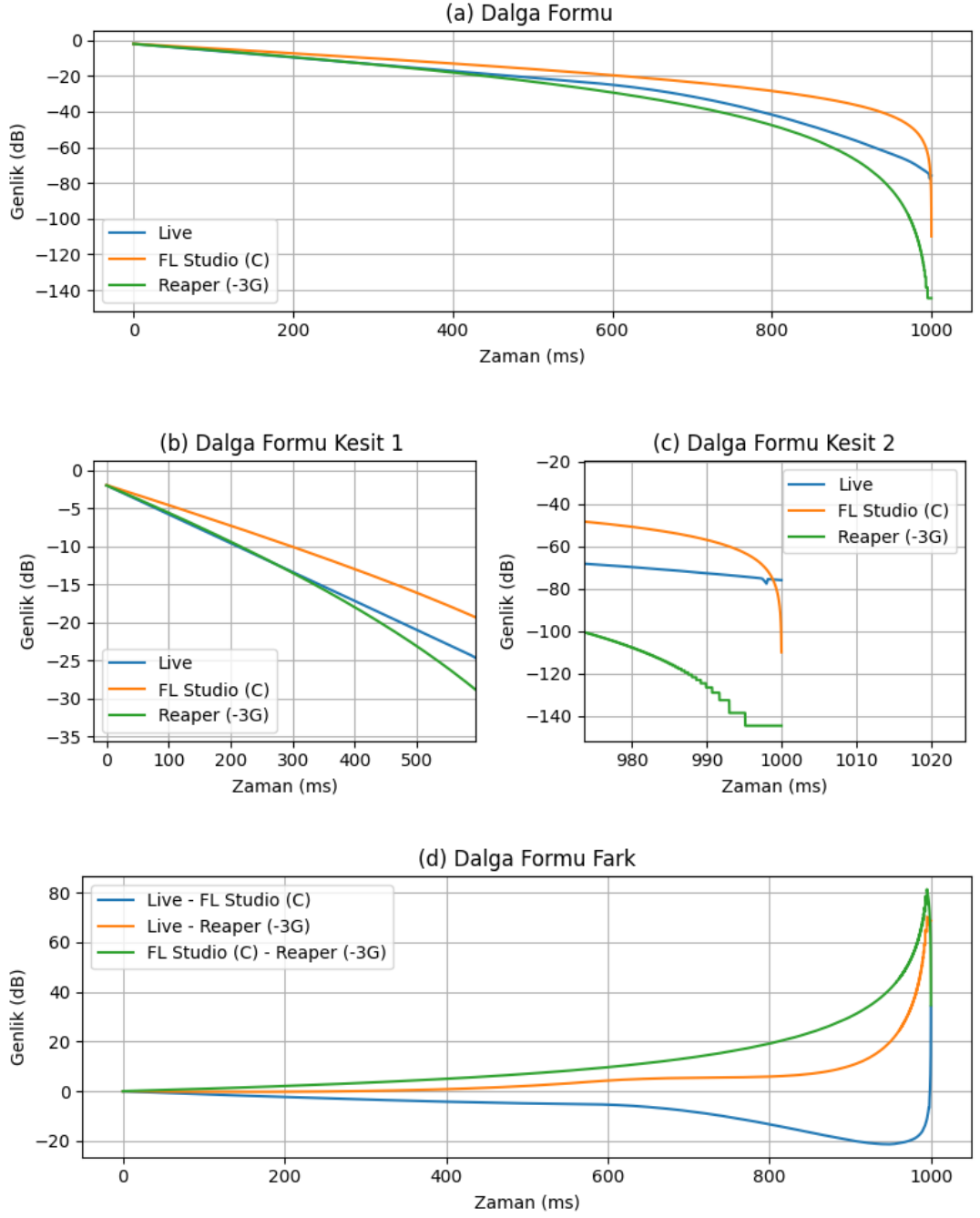
Resim 3.3.1: FL Studio’da Fader Pozisyonunda Yazılım Hatası İhtimali

Pro Tools yazılımında fader 0,1 dB hassasiyet ile hareket etmekte ve fader’da okunan en küçük değer -117 dB’dir. Ancak -41 dB’den sonra hassasiyet kaybolarak -41 dB’den daha küçük değerler net bir şekilde girilememektedir. Örneğin sayısal olarak -42 dB yazılmasına rağmen fader -41,9 dB göstermektedir.

Diğer yazılımlarda FL Studio ve Pro Tools’ta görülen problem oluşmamaktadır.

3.3.1 1. Grup Fader Otomasyonu Karşılaştırması

Test sinyali üzerinde +4dB’den başlayıp sessizlikte (-inf’te) biten bir fader otomasyonu çizilerek çıktılar alınmış ve analiz edilmiştir.



Grafik 3.3.1: 1. Grup Fader Otomasyonu

1. Grup dalga formu grafiğinde otomasyonun başladığı +4dB fader konumundan uzaklaştıkça farkların arttığı ve otomasyonun farklı noktalarda bittiği görülmektedir.

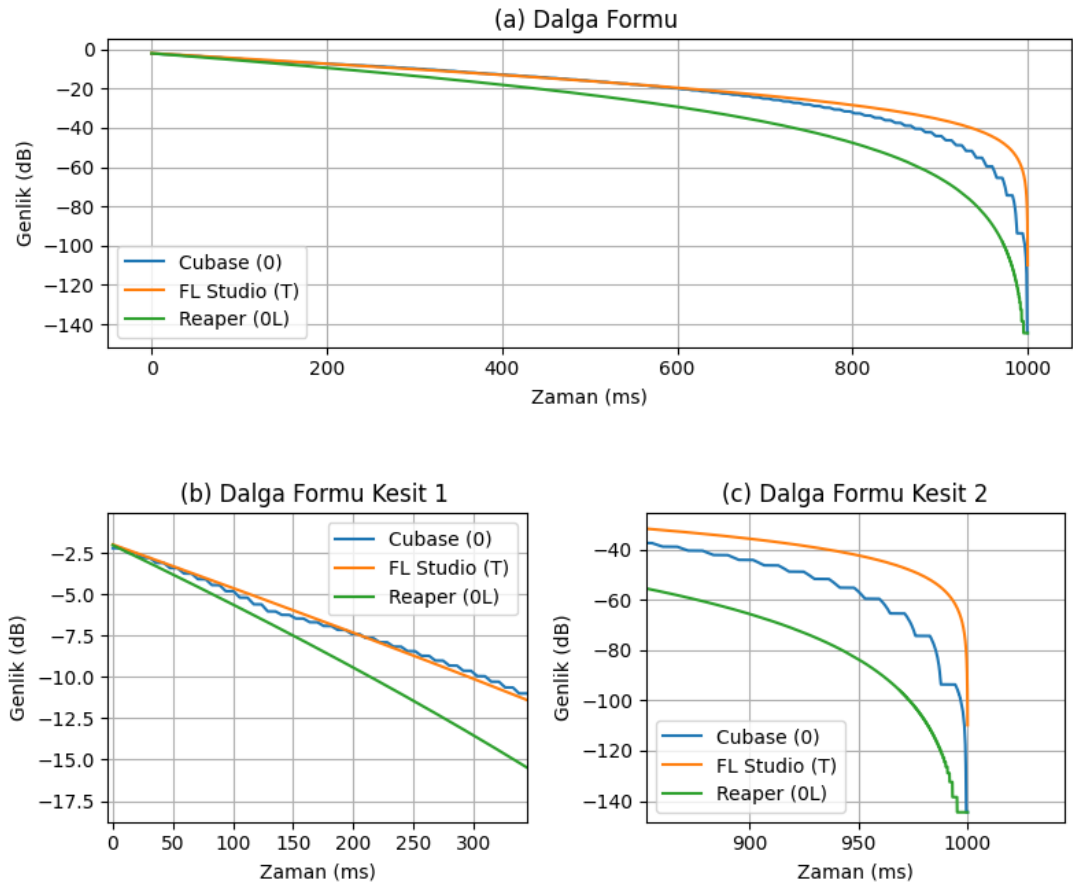
Tablo 3.3.2: 1. Grup Fader Otomasyonu Analizi (dB)

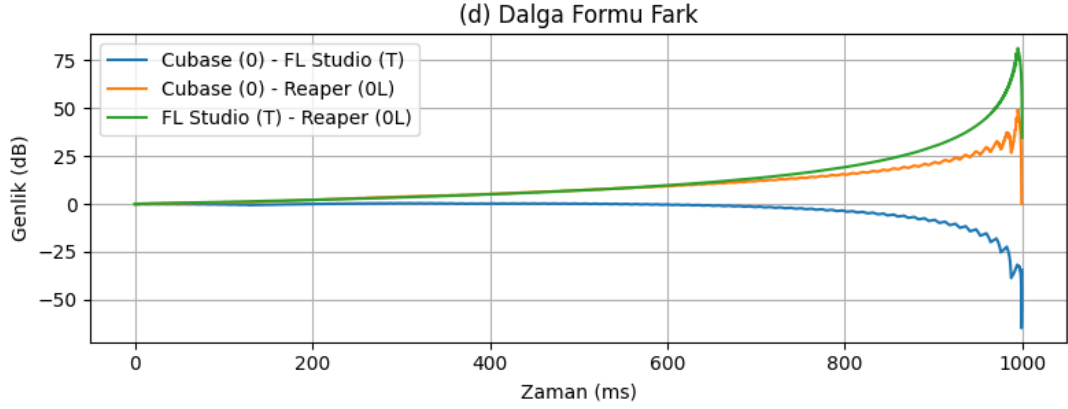
RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
------------------	---------	---------	----------	----------

Live - FL Studio (C)	-1.4780271	-1.4780271	-0.0466098	-0.0466098
Live - Reaper (-3G)	-0.0702098	-0.0702098	-0.0035221	-0.0035221
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	1.40781731	1.40781731	0.0430877	0.0430877
Maksimum Fark	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Live - FL Studio (C)	999.977324	33.9986806	-75.847842	-109.84652
Live - Reaper (-3G)	995.147392	70.25359	-74.24071	-144.4943
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	995.147392	81.3159763	-63.178324	-144.4943

Ölçülen maksimum farkların sessizlik konumu ve civarında oluştuğu ve yazılımların otomasyonu farklı seviyelerde tamamlamasından kaynaklandığı görülmektedir.

3.3.2 2. Grup Fader Otomasyonu Karşılaştırması





Grafik 3.3.2: 2. Grup Fader Otomasyonu

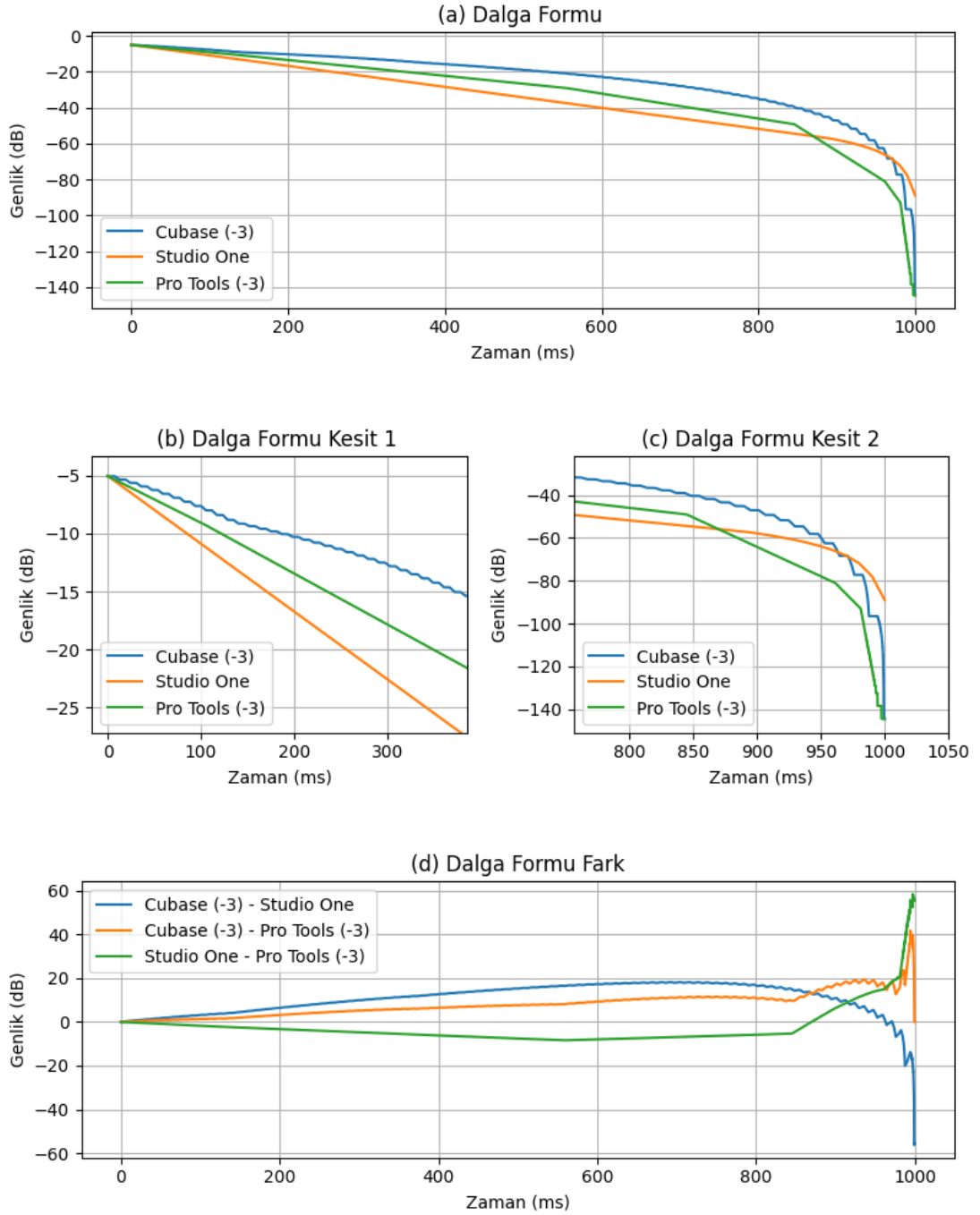
2. Grup dalga boyu grafiğinde otomasyonun başlangıç konumundan uzaklaştıkça farkların arttığı görülmektedir. Pan otomasyonunda olduğu gibi fader otomasyonunda da Cubase yazılımında basamaklı bir yapı görülmektedir.

Tablo 3.3.3: 2. Grup Fader Otomasyonu Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (0) - FL Studio (T)	-0.1056762	-0.1056762	-0.2217914	-0.2217914
Cubase (0) - Reaper (0L)	1.30214028	1.30214028	-0.1787037	-0.1787037
FL Studio (T) - Reaper (0L)	1.40781651	1.40781651	0.0430877	0.0430877
Maksimum Fark	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (0) - FL Studio (T)	999.274376	-64.810887	-144.4943	-79.683413
Cubase (0) - Reaper (0L)	995.147392	49.1877518	-95.306548	-144.4943
FL Studio (T) - Reaper (0L)	995.147392	81.3159763	-63.178324	-144.4943

Ölçülen maksimum farklar otomasyon bitiş noktasına çok yakın bir zamanda ve düşük seviyeler arasında oluşmaktadır. Ölçülen farklar yazılımların otomasyonu farklı seviyelerde bitirmesinden kaynaklanmaktadır.

3.3.3 3. Grup Fader Otomasyonu Karşılaştırması



Grafik 3.3.3: 3. Grup Fader Otomasyonu

3. Grup dalga boyu grafiğinde otomasyonun başladığı +4dB fader konumundan uzaklaştıkça farklılaştığı ve yazılımların otomasyonu farklı noktalarda tamamladığı görülmektedir.

Tablo 3.3.4: 3. Grup Fader Otomasyonu Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (-3) - Studio One	3.37380268	3.37380268	-0.0252559	-0.0252559
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	1.90640539	1.90640539	-0.0152559	-0.0152559
Studio One - Pro Tools (-3)	-1.4673973	-1.4673973	0.01000006	0.01000006
Maksimum Fark	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (-3) - Studio One	999.274376	-56.284854	-144.4943	-88.209446
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	994.353741	41.7981022	-96.675696	-138.4738
Studio One - Pro Tools (-3)	997.346939	58.4232231	-86.071077	-144.4943

Otomasyon bitişinin farklı seviyelerde olması nedeniyle diğer grup ölçümlerinde olduğu gibi bu grupta da maksimum farklar düşük seviyedeki sinyaller arasında sessizliğe yakın noktalarda ölçülmüştür.

3.3.4 Çıktı Zaman Aralığının Fader Otomasyonu Üzerimdeki Etkisi

1. Zaman Aralığı: Zaman aralığı, test sinyali uzunluğunca seçilmiştir. Test sinyali ile başlar ve test sinyali ile biter.

2. Zaman Aralığı: Zaman aralığı, test sinyalinden 0,5 sn. önce başlamakta ve test sinyalinin bitişinden 0,5 sn. sonra bitmektedir.

1. ve 2. Zaman aralıkları kullanılarak fader otomasyonu çıktıları alınmıştır. Zaman aralığı değişiminin çıktılarda bir farklılık oluşturup oluşturmadığını tespit edebilmek amacıyla çıktılar sinyal süresince karşılaştırılarak fark analizi yapılmıştır. Ölçülen maksimum fark aşağıdaki tablolara yansıtılmıştır.

Tablo 3.3.5: 1. ve 2. Zaman Aralığı Karşılaştırmalarında Ölçülen Maksimum Fark (dB)

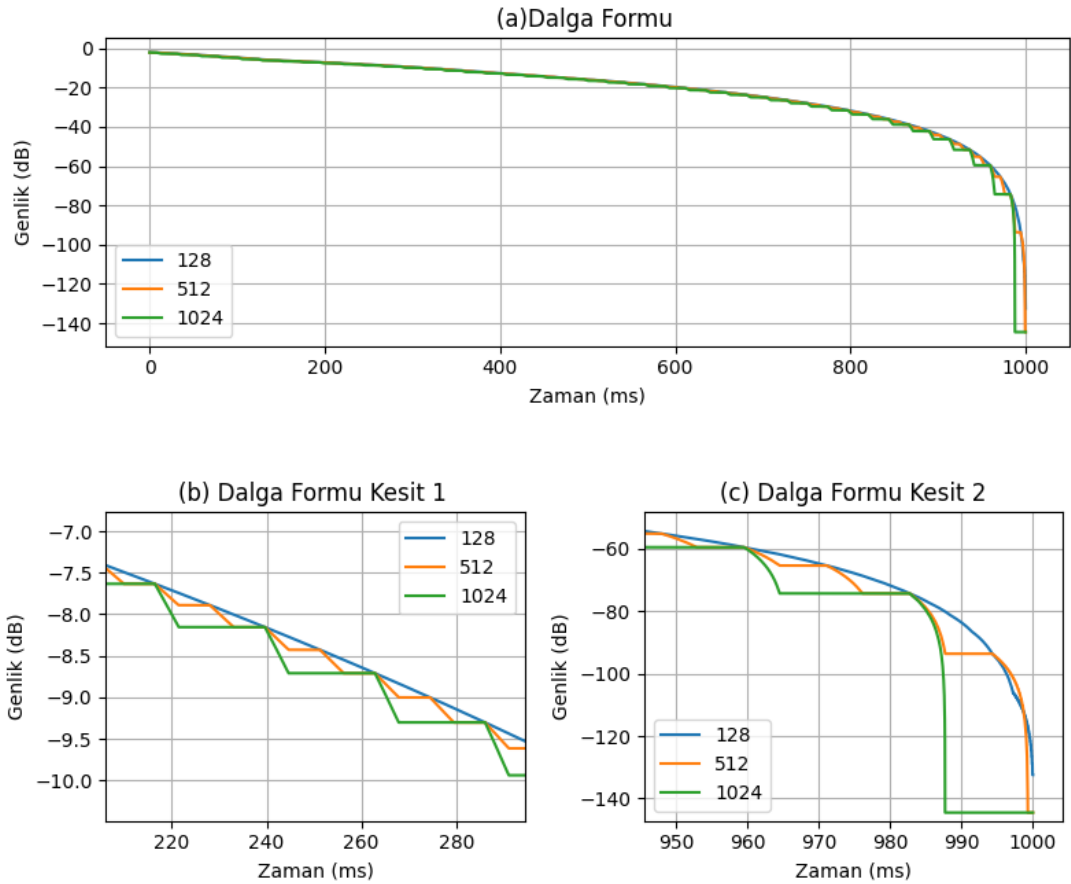
Sol Kanal		
Karşılaştırma	Zaman (ms)	Fark (dB)
Live	996,008	2,844
FL Studio (C)	0	0
FL Studio (T)	0	0
Reaper (OL)	0	0

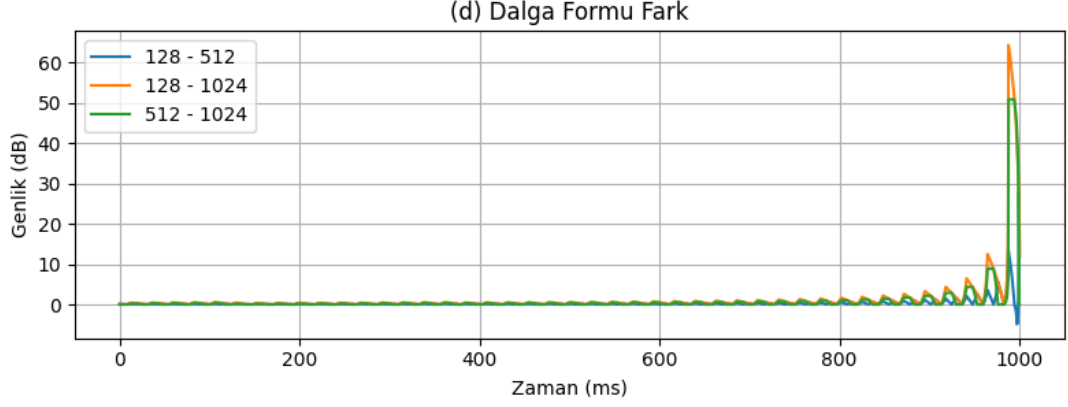
Reaper (-3G)	0	0
Cubase (-3)	998,503	34,448
Cubase (0)	998,503	37,543
Studio One	998,458	5,704
Pro Tools (-3)	899,521	0,0022

Yukarıdaki tabloda FL Studio ve Reaper dışındaki yazılımlarda çıktı zaman aralığının başlangıç noktasının değiştirilmesinin alınan çıktılar arasında fark yarattığı tespit edilmiştir.

3.3.5 Arabellek Boyutunun Fader Otomasyonu Üzerindeki Etkisi

512 arabellek boyutunda yapılmış olan fader otomasyonu, 128 ve 1024 arabellek boyutları kullanılarak tekrarlanmış ve alınan çıktılar analiz edilmiştir. Analiz neticesinde aşağıdaki analiz sonuçları verilen yazılımlarda, fader otomasyonunun boyut değişiminden etkilendiği tespit edilmiştir.





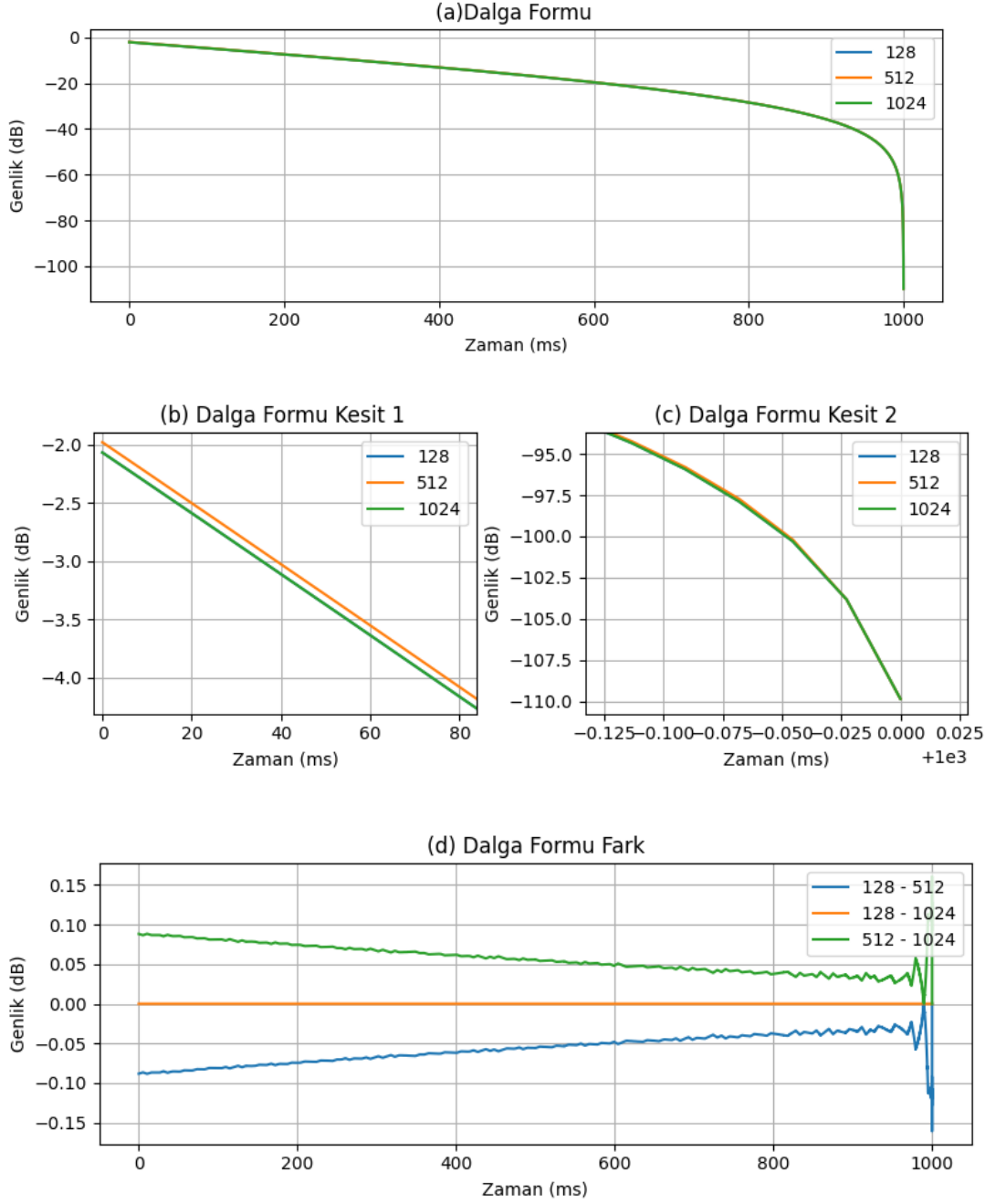
Grafik 3.3.4: Cubase 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Fader Otomasyonu

Cubase fark grafiği incelendiğinde arabellek boyutu değişiminin fader otomasyonunu etkilediği ve farkların sessizlik noktasına yaklaştıkça arttığı görülmektedir.

Tablo 3.3.6: Cubase 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Fader Otomasyonu Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
128 - 512	0.09059815	0.09059815	0.13936867	0.13936867
128 - 1024	0.24184419	0.24184419	0.13936867	0.13936867
512 -1024	0.15124604	0.15124604	0	0
Maksimum Fark	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	999.274376	27.6041269	-116.89017	-144.4943
128 - 1024	987.664399	64.3284987	-80.165801	-144.4943
512 -1024	987.664399	50.831487	-93.662813	-144.4943

Analiz tablosunda özellikle 128-512 arabellek boyutlarında alınan çıktıların arasında oluşan 0,09 dB fark dikkat çekmektedir.

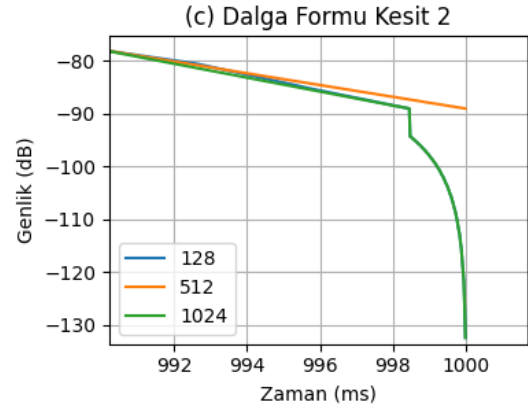
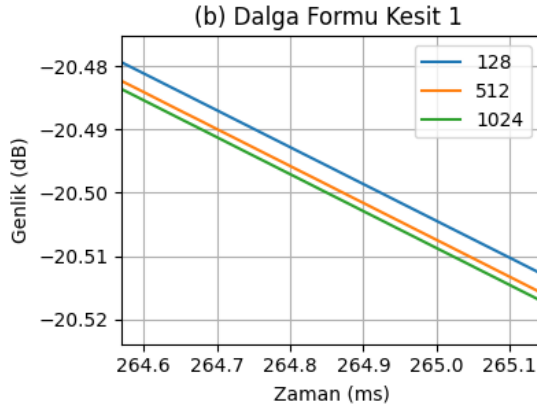
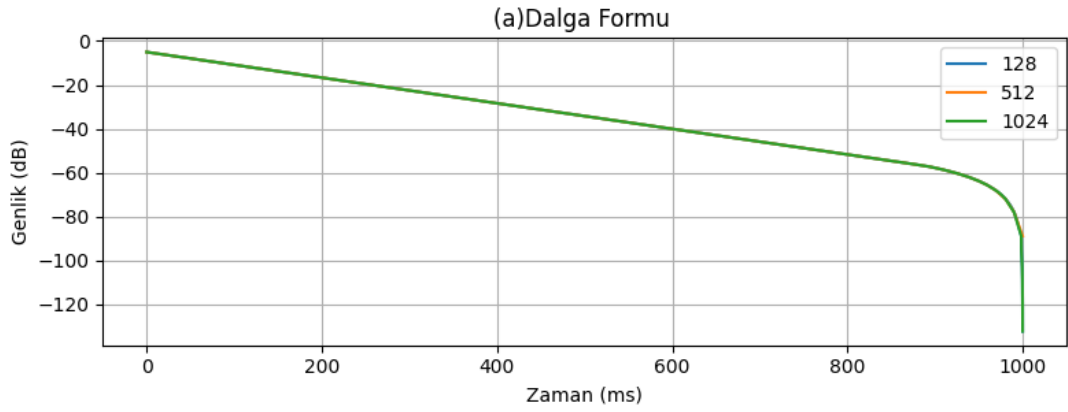


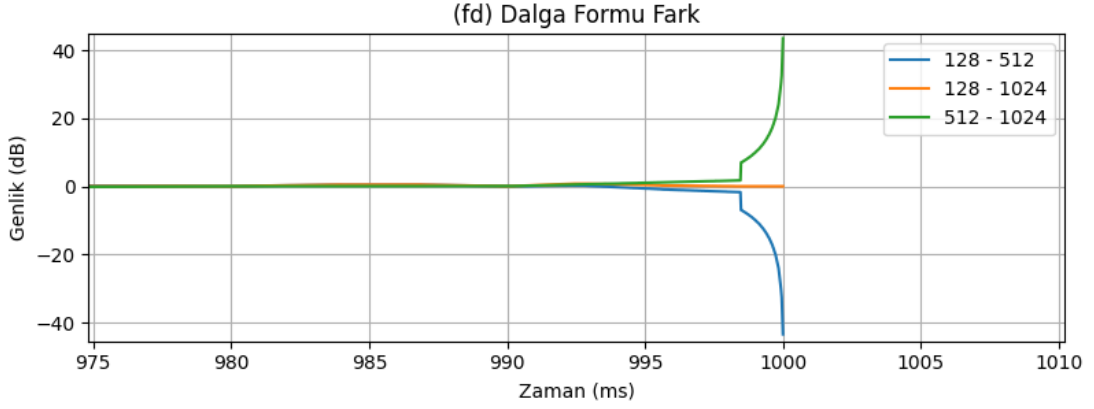
Grafik 3.3.5: FL Studio 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Fader Otomasyonu

FL Studio yazılımında 128 ve 1024 arabellek boyutlarında fark tespit edilmezken 512 arabellek boyutunda farklılık göze çarpmaktadır.

Tablo 3.3.7: FL Studio 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Fader Otomasyonu Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
128 - 512	-0.0780508	-0.0780508	-0.088221	-0.088221
128 - 1024	0	0	0	0
512 -1024	0.07805077	0.07805077	0.08822096	0.08822096
Maksimum Fark	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	999.909297	-0.1608544	-97.886122	-97.725268
128 - 1024	0	0	-2.065733	-2.065733
512 -1024	999.909297	0.16085441	-97.725268	-97.886122





Grafik 3.3.6: Studio One 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Fader Otomasyonu

Studio One yazılımında yapılan fader otomasyonunun, özellikle sessizliğe yaklaşılan noktalarda arabellek boyutu değişiminden etkilendiği görülmektedir. 128 ve 1024 boyutlarında otomasyonun -132,5 dB seviyesinde biterken, 512 boyutunda -89 dB 'de bittiği tespit edilmiş ve fark grafiğinde sonlara doğru oluşan ayrışmanın nedeninin bu durum olduğu anlaşılmıştır.

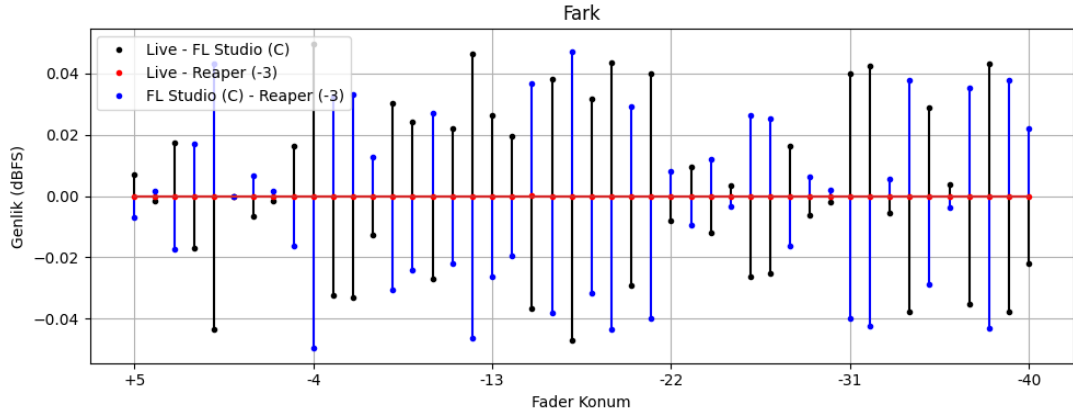
Tablo 3.3.8: Studio One 128, 512, 1024 Arabellek Boyutlarında Fader Otomasyonu Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
128 - 512	0.00174127	0.00174127	-0.0012847	-0.0012847
128 - 1024	0.00238259	0.00238259	0	0
512 -1024	0.00064132	0.00064132	0.00128468	0.00128468
Maksimum Fark	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	999.977324	-43.463725	-132.4532	-88.989473
128 - 1024	992.630385	0.81905118	-80.532258	-81.351309
512 -1024	999.977324	43.4637254	-88.989473	-132.4532

Reaper, Pro Tools ve Live yazılımlarında yapılan fader otomasyonlarının arabellek boyutu değişiminden etkilenmediği ve farkın 0 dB olduğu tespit edilmiştir.

3.3.6 Sabit Fader Pozisyonlarının Karşılaştırılması

Yazılımların hassas bir şekilde ortak olarak kullanabildiği +5 dB ve -40 dB fader pozisyonu aralığındaki tüm fader konumları 46 kanaldan oluşan bir projede sırası ile kanallara yansıtılmış ve her kanalda ard arda yerleştirilen test sinyali kullanılarak çıktılar alınmıştır.



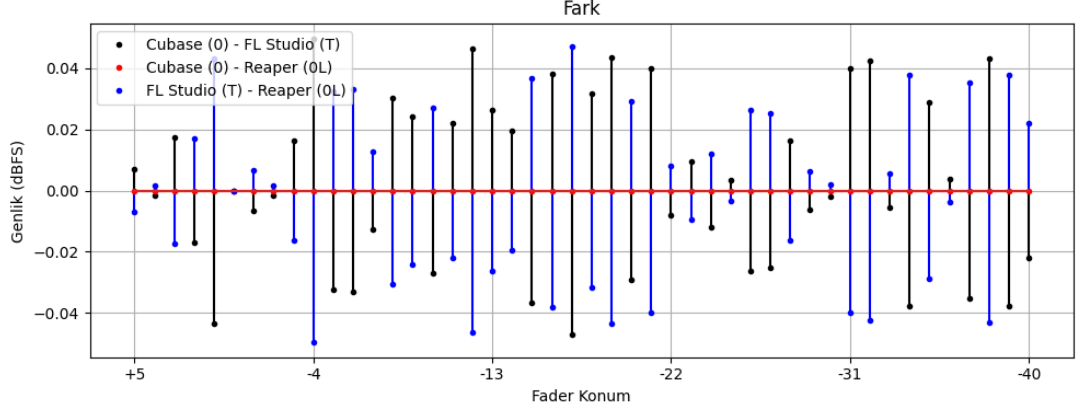
Grafik 3.3.7: 1. Grup Sabit Fader Pozisyonlarının Karşılaştırması

FL Studio (C) karşılaştırmalarında Resim 3.3.1’de gösterilen davranış nedeniyle farkların oluştuğu görülmektedir.

Tablo 3.3.9: 1. Grup Sabit Fader Pozisyonlarının Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Live - FL Studio (C)	-0.0010812	-0.0010812	0.00702035	0.00702035
Live - Reaper (-3G)	4.6132E-07	4.6132E-07	1.1645E-06	1.1645E-06
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	0.00108164	0.00108164	-0.0070192	-0.0070192
Maksimum Fark	Fader	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Live - FL Studio (C)	-4	0.049593	-10.0206	-10.070193
Live - Reaper (-3G)	-15	1.1645E-05	-21.020593	-21.020605
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	-4	-0.049593	-10.070193	-10.0206

Live ve Reaper (-3G) karşılaştırmasında maksimum fark 0,00001 dB ölçülürken, FL Studio (C) karşılaştırmalarında maksimum fark -4 fader pozisyonunda -0,049 dB ölçülmüştür.



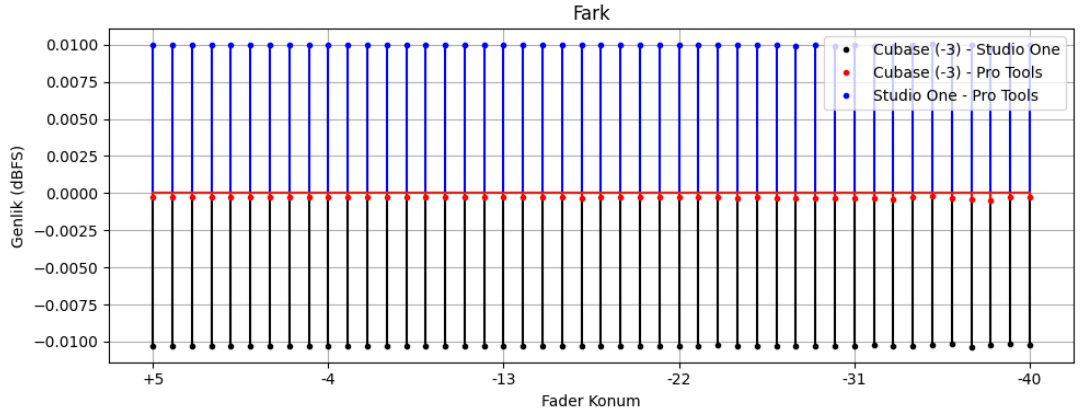
Grafik 3.3.8: 2. Grup Sabit Fader Pozisyonlarının Karşılaştırması

FL Studio (T) karşılaştırmalarında daha önce bahsedilen fader konumunda dB ve % parametrelerinin tutarsızlığı nedeniyle oluşan farklar görülmektedir.

Tablo 3.3.10: 2. Grup Sabit Fader Pozisyonlarının Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (0) - FL Studio (T)	-0.0010799	-0.0010799	0.00702152	0.00702152
Cubase (0) - Reaper (0L)	6.0498E-07	6.0498E-07	1.1645E-06	1.1645E-06
FL Studio (T) - Reaper (0L)	0.00108049	0.00108049	-0.0070204	-0.0070204
Maksimum Fark	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (0) - FL Studio (T)	-4	0.049593	-10.0206	-10.070193
Cubase (0) - Reaper (0L)	-11	7.3478E-06	-17.020596	-17.020603
FL Studio (T) - Reaper (0L)	-4	-0.049593	-10.070193	-10.0206

Cubase (0) ve Reaper (-3G) karşılaştırmasında maksimum fark 0,000007 dB ölçülmüş, FL Studio (T) karşılaştırmalarında maksimum fark -4 fader pozisyonunda -0,049 dB ölçülmüştür.



Grafik 3.3.9: 3. Grup Sabit Fader Pozisyonlarının Karşılaştırması

Grafik 3.3.9’da Studio One karşılaştırmalarında belirginleşen farklar göze çarpmaktadır.

Tablo 3.3.11: 3. Grup Sabit Fader Pozisyonlarının Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (-3) - Studio One	-0.0102981	-0.0102981	-0.0102986	-0.0102986
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	-0.0002997	-0.0002997	-0.0002997	-0.0002997
Studio One - Pro Tools (-3)	0.00999843	0.00999843	0.00999887	0.00999887
Maksimum Fark	Fader	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (-3) - Studio One	-37	-0.0103606	-46.030969	-46.020608
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	-38	-0.0004653	-47.03101	-47.030544
Studio One - Pro Tools (-3)	-35	0.01004006	-44.020626	-44.030666

Cubase (-3) ve Pro Tools (-3) karşılaştırmasında maksimum fark -0,0004 dB ölçülürken, Studio One karşılaştırmalarında -0,0103 dB ölçülmüştür.

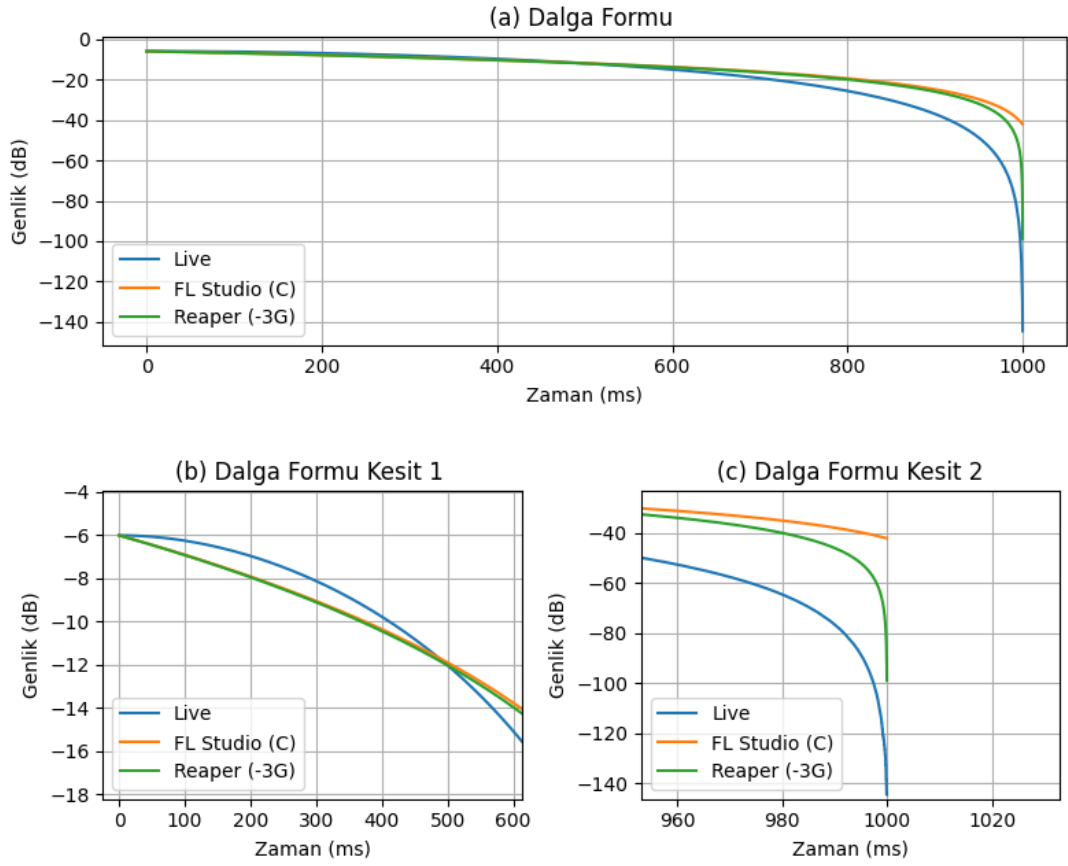
3.4 Ses Klibi Üzerinde Doğrusal Sönümleme (Fade Out) İşlemi

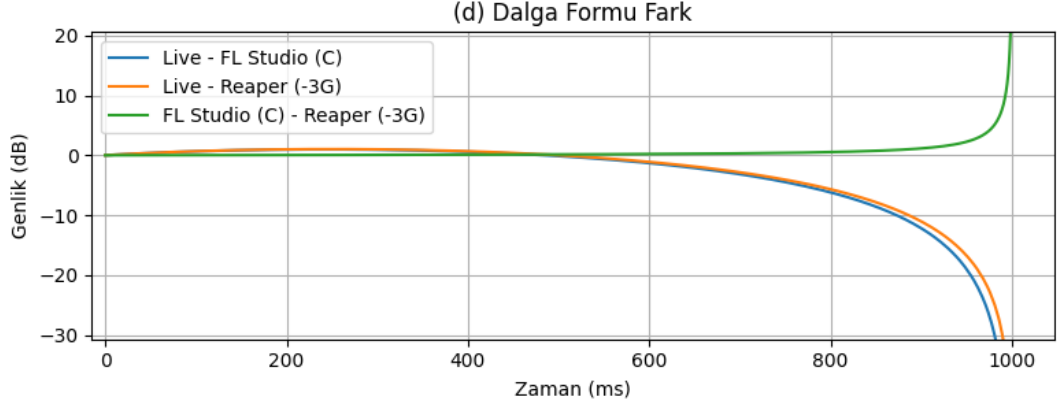
Bir ses sinyali yazılımlarda proje aranje ekranına yerleştirildiğinde ses klibine dönüşmektedir. Ses klibi üzerinde başlangıç noktasından itibaren yükseltme (fade in) ve sondan itibaren ise sönümleme (fade out) uygulanabilmektedir. Yükseltme yapıldığında sinyal, seçilen zaman aralığında sessizlikten 0 dB’e; sönümleme yapıldığında ise 0 db’den sessizliğe düşmektedir. Yazılımların bu işlem ile ilgili davranışını karşılaştırmak amacı ile test sinyaline başlangıç noktasından sonuna kadar

doğrusal Sönümlleme uygulanarak çıktılar alınmıştır. Live yazılımında doğrusal sönümlleme yapılamamaktadır. Bu nedenle Live yazılımı ile yapılan karşılaştırmalarda çıkabilecek farkların başlıca nedeni sönümllemenin doğrusal yapılamaması olacaktır.



Resim 3.4.1: Live Yazılımında Sönümlleme İşlemi





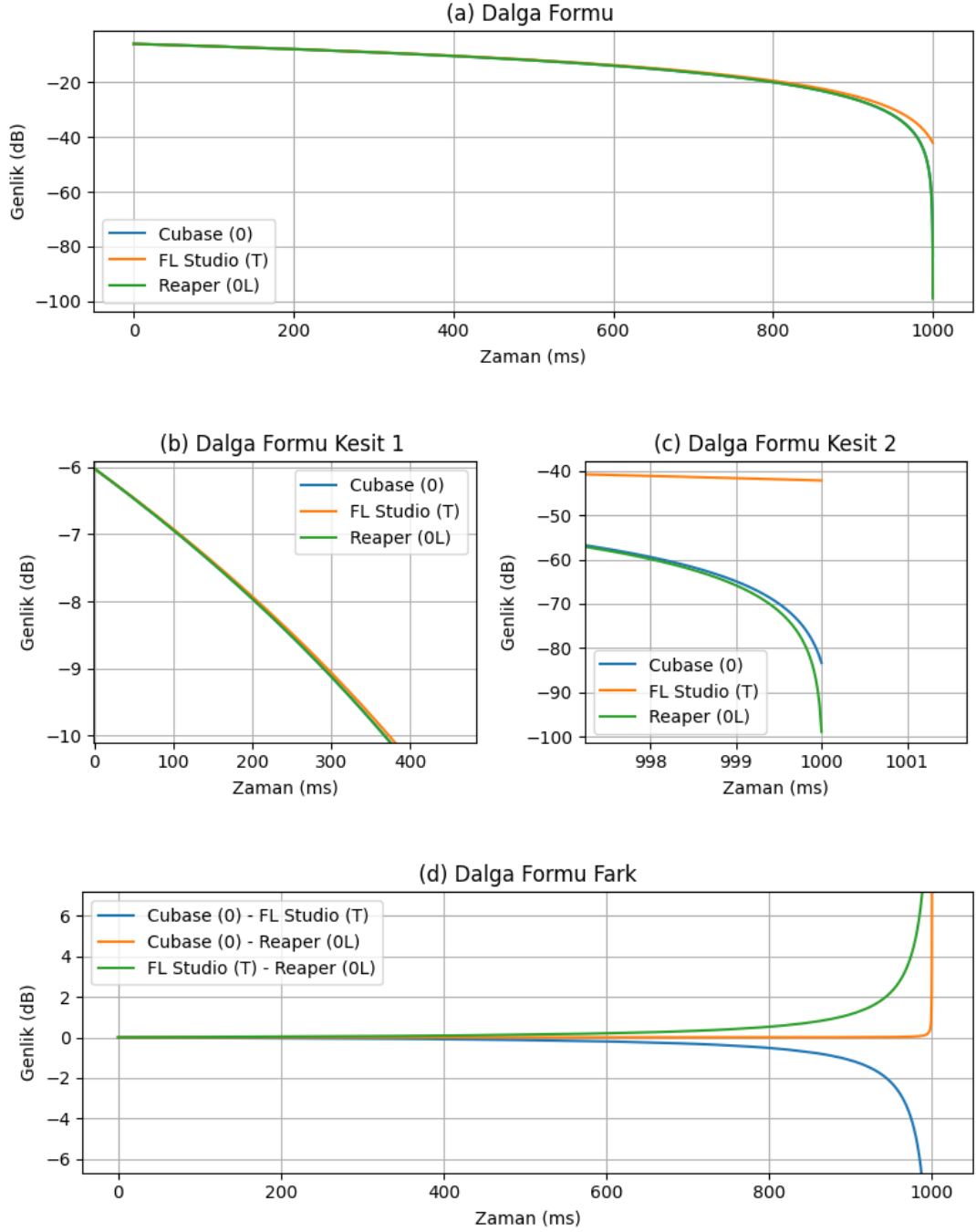
Grafik 3.4.1: 1. Grup Sönümlleme İşlemi Karşılaştırmaları

1. Grup sönümlleme (fade out) işlemi karşılaştırmalarında yazılımların farklı eğriler üzerinde sönümlleme yaptığı ve bu işlemi farklı seviyelerde bitirdiği görülmektedir.

Tablo 3.4.1: 1. Grup Sönümlleme İşlemi Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Live - FL Studio (C)	0.40167269	0.40167269	0	0
Live - Reaper (-3G)	0.4699496	0.4699496	0	0
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	0.06827691	0.06827691	0	0
Maksimum Fark	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Live - FL Studio (C)	999.909297	-102.38726	-144.4943	-42.107036
Live - Reaper (-3G)	999.818594	-57.627693	-138.4738	-80.846105
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	999.977324	56.7751265	-42.144199	-98.919326

1. Grup fark grafiği incelendiğinde Live karşılaştırmalarında oluşan farkların 500 ms 'den itibaren artış gösterdiği ve özellikle son kısımda yazılımların sönümllemeyi farklı seviyelerde bitirmesi nedeniyle büyük farklar oluştuğu görülmektedir.



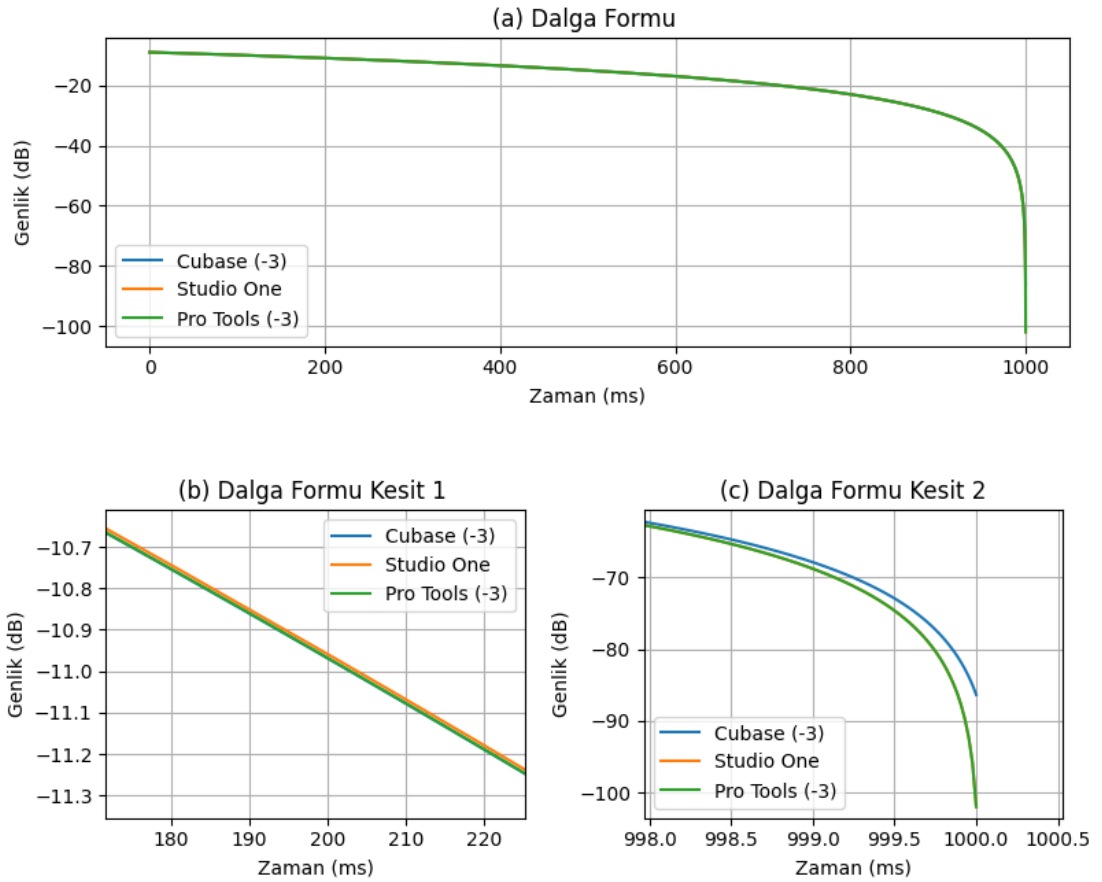
Grafik 3.4.2: 2. Grup Sönümlleme İşlemi Karşılaştırmaları

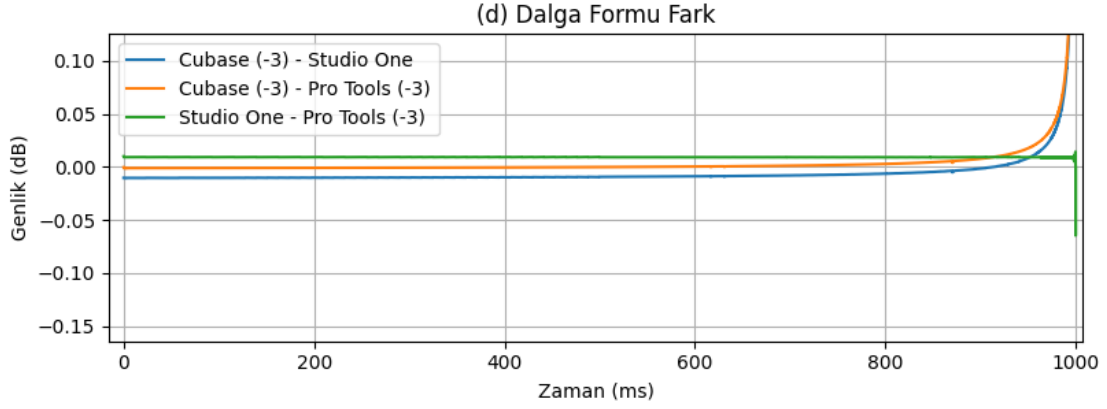
2. Grup sönümlleme (fade out) işlemi karşılaştırmalarında da yazılımların farklı eğriler üzerinde sönümlleme yaptığı ve bu işlemi farklı seviyelerde bitirdiği görülmektedir.

Tablo 3.4.2: 2. Grup Sönümleme İşlemi Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (0) - FL Studio (T)	-0.0677848	-0.0677848	2.0709E-06	2.0709E-06
Cubase (0) - Reaper (0L)	0.00049142	0.00049142	0	0
FL Studio (T) - Reaper (0L)	0.06827625	0.06827625	-2.071E-06	-2.071E-06
Maksimum Fark	Zaman	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (0) - FL Studio (T)	999.977324	-41.196876	-83.341076	-42.144199
Cubase (0) - Reaper (0L)	999.977324	15.5782501	-83.341076	-98.919326
FL Studio (T) - Reaper (0L)	999.977324	56.7751265	-42.144199	-98.919326

2. Grupta bulunan Cubase (0) ve Reaper (0L)'de sessizliğe yakın noktalarda kadar sönümleme farkı olmadığı fakat son kısımda yazılımların sönümlemeyi farklı seviyelerde bitirmesi nedeniyle fark olduğu görülmektedir. FL Studio (T) ile yapılan karşılaştırmalarda farklar başlangıç noktasından itibaren artış göstermekte sonda ise farklı seviyelerde bitmektedir.





Grafik 3.4.3: 3. Grup Sönümlleme İşlemi Karşılaştırmaları

(d) grafiğinde sönümlleme işlemi sırasında oluşan seviye farkları açıkça görülmektedir.

Tablo 3.4.3: 3. Grup Sönümlleme İşlemi Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
Cubase (-3) - Studio One	-0.0098685	-0.0098685	-0.0102969	-0.0102969
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	-0.0005964	-0.0005964	-0.0002987	-0.0002987
Studio One - Pro Tools (-3)	0.00927205	0.00927205	0.00999821	0.00999821
Maksimum Fark	Zaman (ms)	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
Cubase (-3) - Studio One	999.977324	15.5846049	-86.367697	-101.9523
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	999.977324	15.5846049	-86.367697	-101.9523
Studio One - Pro Tools (-3)	999.954649	-0.0645794	-95.931702	-95.867123

3. Grup karşılaştırmalarında Studio One ve Pro Tools (-3) arasında farkın son noktada tavan yaptığı, diğer yazılım karşılaştırmalarında ise sönümlleme işlemi boyunca bir fark oluştuğu sona doğru ise bu farkın belirgin bir şekilde arttığı tespit edilmiştir.

3.5 Ses Klibinde Hızlandırma ve Yavaşlatma (Stretch)

Müzik prodüksiyonunda bazen yapılan kayıtlarda veya kullanılan örneklerde oluşabilecek ritmik bozuklukları veya değişimleri oturtabilmek amacı ile ses kliplerinin içeriği hızlandırılarak veya yavaşlatılarak süresi değiştirilmektedir. Yazılımlarda “time-stretch” olarak geçen bu işlem 1 sn. uzunluğunda stereo 1000 khz sinüs test sinyali 1.5 sn uzunluğa getirilerek karşılaştırılmıştır. Aşağıda yazılımların

sundukları time- stretch algoritması seçenekleri kullanılarak elde edilen çıktıların Peak (dB) ve RMS (dB) değerleri verilmiştir.

Tablo 3.5.1: Live Stretch Algoritmaları Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)

	Beats	Complex	Complex Pro	Texture	Tones	Resample
Peak L	-12.0325	-10.98838	-9.624692	-9.043062	-12.0325	-12.03266
Peak R	-12.0325	-10.98838	-9.624692	-9.043062	-12.0325	-12.03266
Max RMS	-15.04651	-15.04641	-15.04642	-13.09531	-15.04412	-15.04611
Min RMS	-16.50084	-15.80134	-15.78504	-19.2528	-15.05675	-15.05705
DR	1.454328	0.7549268	0.7386177	6.1574931	0.0126267	0.0109314
Avr RMS	-15.18285	-15.09669	-15.0959	-15.66929	-15.05135	-15.05209

Tablo 3.5.2: Cubase Stretch Algoritmaları Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)

	Pro	Time	Tape
Peak L	-10.807708	-11.00495	-12.03249822
Peak R	-10.8077044	-11.00495	-12.03249822
Max RMS	-15.0470708	-15.046351	-15.04623669
Min RMS	-16.4101116	-15.689481	-15.22507659
DR	1.363040779	0.64313014	0.178839902
Avr RMS	-15.1425812	-15.109175	-15.06453601

Tablo 3.5.3: FL Studio Stretch Algoritmaları Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)

	Auto	Generic	Mono	Resample	Slice Map	Slice Stretch
Peak L	-9.879292	-9.879292	-12.0325	-11.43176	-11.21929	-10.85693
Peak R	-9.879292	-9.879292	-12.0325	-11.43176	-11.21929	-10.85693
Max RMS	-15.04635	-15.04635	-15.04917	-15.04611	-15.04417	-15.04635
Min RMS	-15.61268	-15.61268	-15.07899	-15.05704	-15.90974	-16.04882
DR	0.5663241	0.5663241	0.0298173	0.0109355	0.865562	1.0024683
Avr RMS	-15.10054	-15.10054	-15.05305	-15.05204	-15.10902	-15.12167

Tablo 3.5.4: Pro Tools Stretch Algoritmaları Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)

	Polyphonic	Rhythmic	Monophonic	Varispeed
Peak L	-10.41987	-12.0325	-12.0325	-11.07129
Peak R	-10.41987	-12.0325	-12.0325	-11.07129
Max RMS	-14.40785	-15.04651	-15.17282	-15.04609
Min RMS	-15.05276	-22.27422	-15.2774	-15.05775
DR	0.6449084	7.227711	0.1045745	0.0116635
Avr RMS	-15.01151	-16.33692	-15.24517	-15.0521

Tablo 3.5.5: Reaper Stretch Algoritmaları Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)

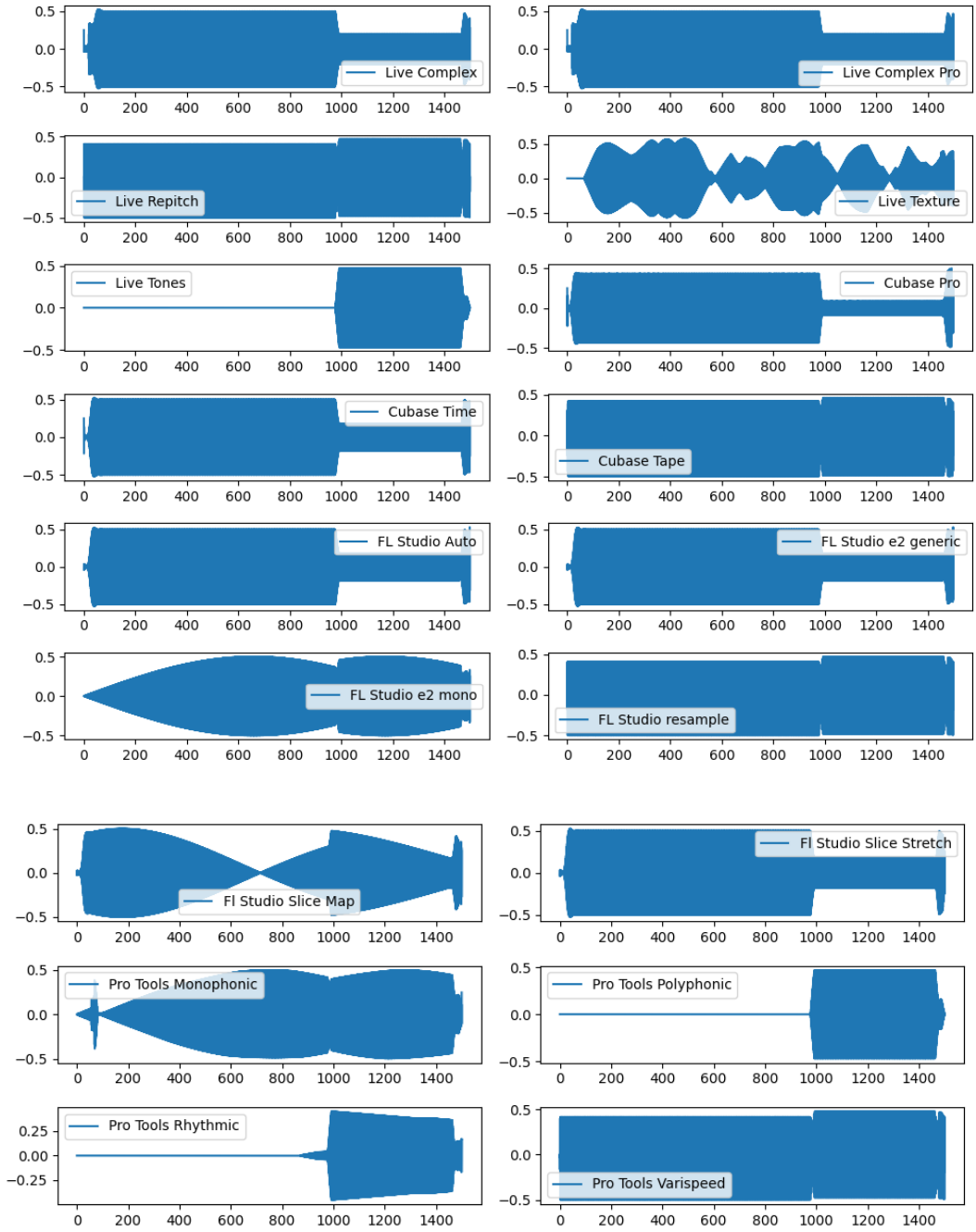
	Efficiency	Pro	Soloist
Peak L	-8.638417	-10.85693	-12.0325
Peak R	-8.638417	-10.85693	-12.0325
Max RMS	-15.04635	-15.04635	-15.04917
Min RMS	-17.19475	-17.27174	-15.06031
DR	2.1484066	2.2253849	0.0111422
Avr RMS	-15.19159	-15.1948	-15.05207

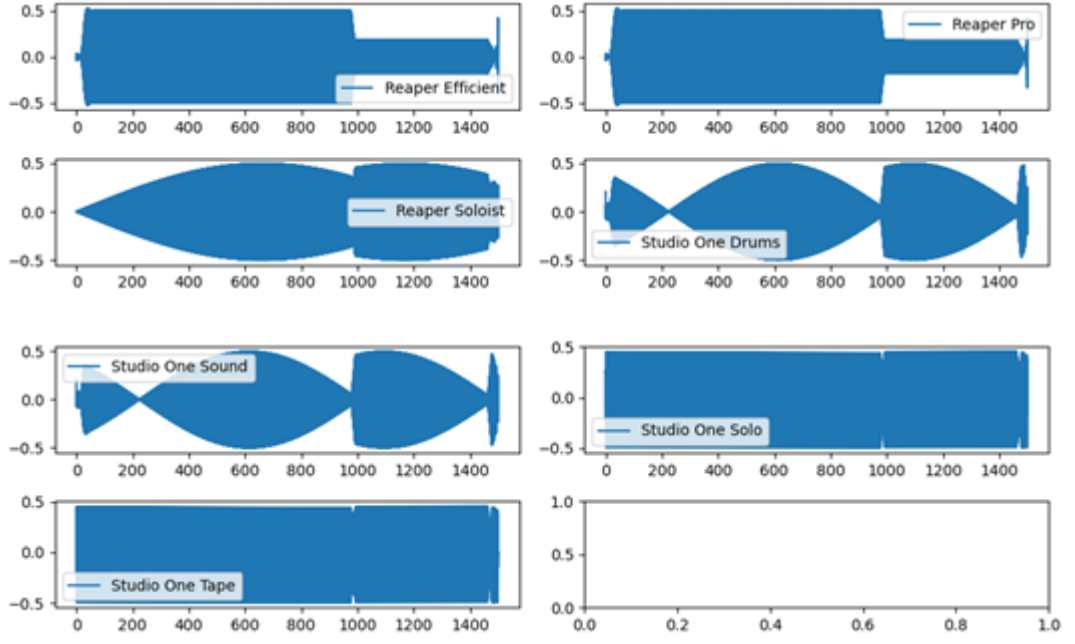
Tablo 3.5.6: Studio One Stretch Algoritmaları Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)

	Drums	Solo	Sound	Tape
Peak L	-10.95928	-11.55317	-12.0325	-11.62038
Peak R	-10.95928	-11.55317	-12.0325	-11.62038
Max RMS	-15.04589	-15.04589	-15.04917	-15.04332
Min RMS	-16.43351	-16.44868	-15.07899	-15.06063
DR	1.3876283	1.4027911	0.0298172	0.0173081
Avr RMS	-15.14	-15.14068	-15.05305	-15.04983

Ölçülen Peak (dB) ve RMS (dB) değerleri incelendiğinde tümünün birbirinden farklı olduğu görülecektir. Buradan yazılımlarda bulunan time-stretch algoritmalarının birbirinden farklı çalıştığı sonucu çıkarılmaktadır.

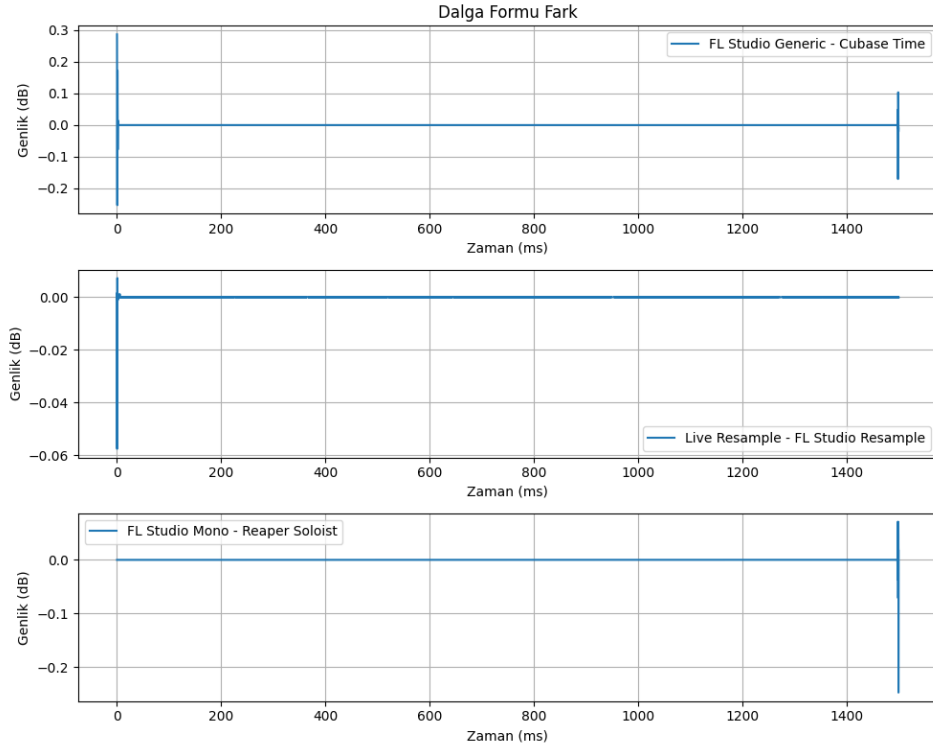
Tüm yazılımların stretch algoritması çıktıları, Live Beats algoritması çıktıları ile karşılaştırılarak elde edilen dalga boyu farkları aşağıdaki grafikte verilmiştir. Elde edilen fark grafikleri incelenerek Live Beats algoritması ile benzer farka sahip olanların kendi aralarında da benzer olacağı fikri ile benzer algoritmalar aranmıştır.





Grafik 3.5.1: Yazılımların Stretch Algoritmalarının Live Beats Algoritması ile Dalga Formu Fark Grafikleri

Live Beats algoritması ile diğer algoritmaların karşılaştırmalarında eşleşme bulunamamıştır. Live Beats ile yaklaşık aynı fark grafiğine sahip birbirleri ile tekrar karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalarda FL Studio Generic – Cubase Elastique Time, Live Resample – Fl Studio Resample, FL Studio Elastique mono – Reaper Elestique Soloist algoritmalarının başlangıç ve sonda oluşan kısa süreli sıçramalara dışında nispeten benzer çalıştığı görülmektedir (Grafik 3.5.2). Bu algoritmalar dışında diğer algoritmaların karşılaştırmalarında düzgün bir eşleşme sağlanamamıştır. Stretch algoritması farkları, kullanılan test sinyalinin içeriğine, yapılan hızlandıırma ve yavaşlatma işleminin süresine bağlı olduğu için seviye ve spektrum çalışmalarına gerek duyulmamıştır.



Grafik 3.5.2: Benzerlik Gösteren Stretch Algoritmaları

Fark grafikleri incelendiğinde, karşılaştırılan 6 algorithmada başlangıç veya bitiş noktalarında belirgin bir farkın olduğu, diğer kısımlarda ise farkın düşük seviyelerde seyrettiği görülmektedir.

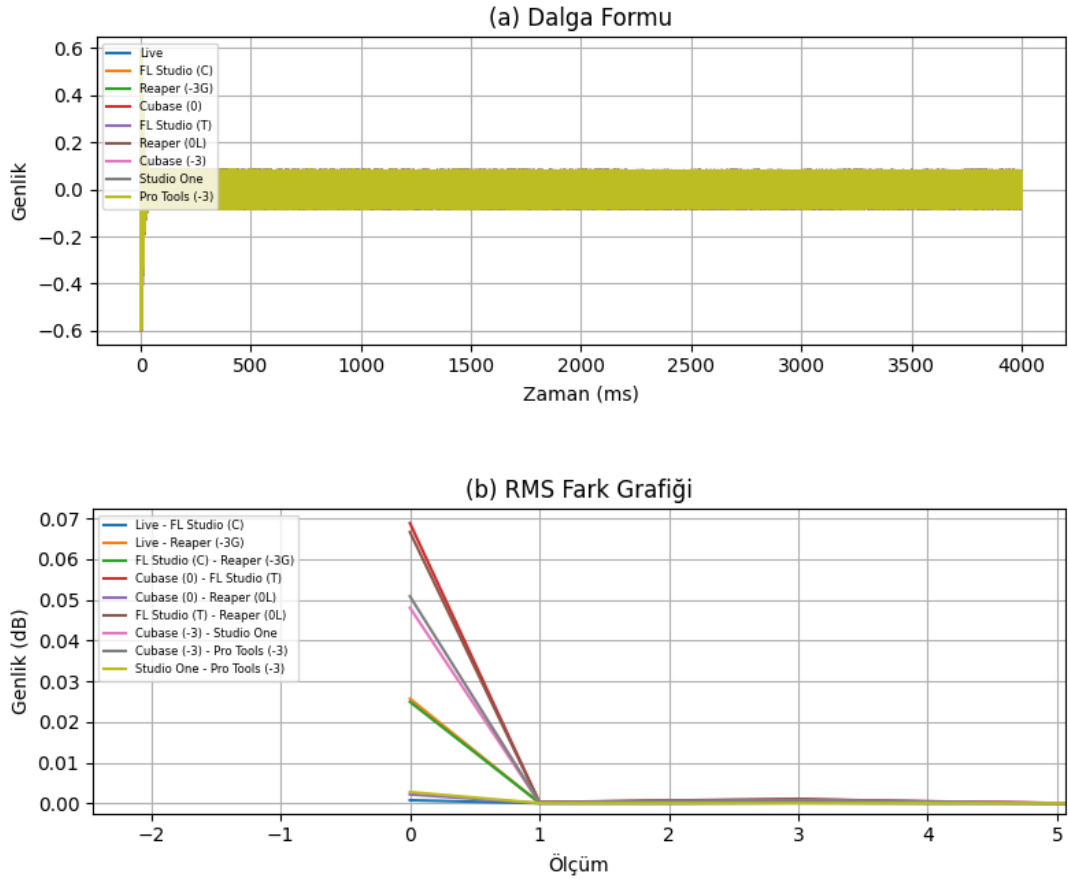
3.6 3. Parti Ses Eklentilerinin İncelenmesi

3. parti ses eklentileri, müzik prodüksiyonunda en az yazılım kadar önemli olup, ses tasarımı, işlenmesi ve mikslenmesi gibi işlemlerde kullanıcıların çoğu zaman yazılımlarla birlikte gelen seçenekler yerine tercihleri ettikleri araçlardır. 3. Parti eklentiler, bilgisayar ile müzik prodüksiyonunun vazgeçilmez bir parçasıdır.

3. parti eklentilerin yazılımlarda farklı çalışarak çıktılarda ses niteliğini değiştirip değiştirmediğini test etmek amacıyla dünya çapında çok geniş kullanıcı kitlesine sahip olan Izotope, Melda, Ayaic ve Waves firmaları tarafından üretilmiş 10 adet ses eklentisi analiz edilmiştir. Bu eklentiler Pro Tools yazılımında AAX 64 bit, diğer yazılımlarda ise VST3 64 bit formatında kullanılmıştır. Stereo bir kanalda 4 sn. uzunluğunda stereo beyaz gürültü test sinyali ve eklenti kullanılarak çıktı alınmış ve bu çıktılar analiz edilmiştir.

3.6.1 Waves Api 2500 (sürüm 10.0.0)

Waves API 2500 (Waves, [ET: 01.04.2021]) eklentisi API firması tarafından üretilen “API 2500+ Stereo Bus Compressor” analog kompresör ünitesinin dijital bir modellemesidir. Eklenti ile gelen “strings” isimli preset kullanılarak elde edilen çıktılar analiz edilmiştir.



Grafik 3.6.1: Api 2500 Çıktılarının Karşılaştırması

Yakın kesit olarak verile Grafik 3.6.1.(b)’de belirgin farkın kompresörün devreye girdiği ilk 40 ms içerisinde farklılıklar göze çarpmaktadır. Tablo 3.6.1 incelendiğinde ortalama RMS fark değerlerinin çok düşük olduğu görülmektedir.

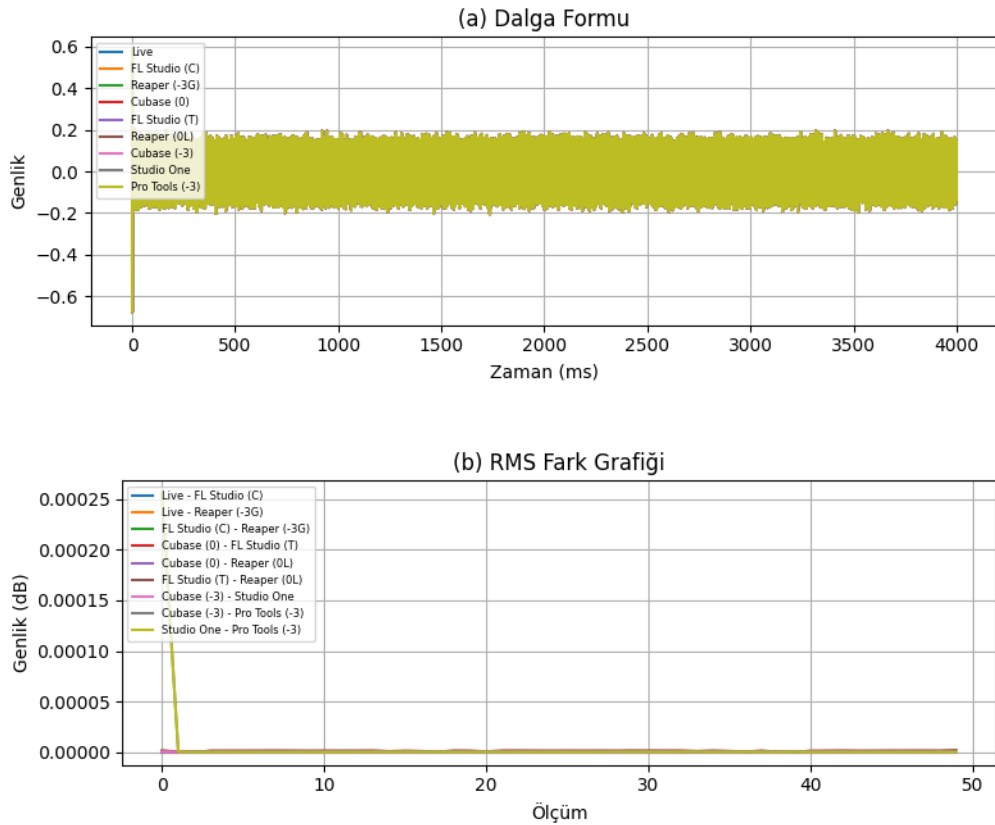
Tablo 3.6.1: Api 2500 Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	3.13E-05
Live - Reaper (-3G)	6.06E-04

FL Studio (C) - Reaper (-3G)	0.000586248
Cubase (0) - FL Studio (T)	0.00158129
Cubase (0) - Reaper (0L)	6.22E-05
FL Studio (T) - Reaper (0L)	1.54E-03
Cubase (-3) - Studio One	0.001135643
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	0.001192803
Studio One - Pro Tools (-3)	7.07E-05

3.6.2 Waves Audio Track (sürüm 10.0.0)

Audio Track (Waves, [ET: 01.04.2021]) üzerinde eq, gate ve kompresör modülleri bulunan bir eklentidir. Bu üç modül ile bir mikser konsolunun kanal şeridi gibi çalışmaktadır. Eklenti ile birlikte gelen “Vintage OH” isimli preset kullanılan çıktılar analiz edilmiştir.



Grafik 3.6.2: Audio Track Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması

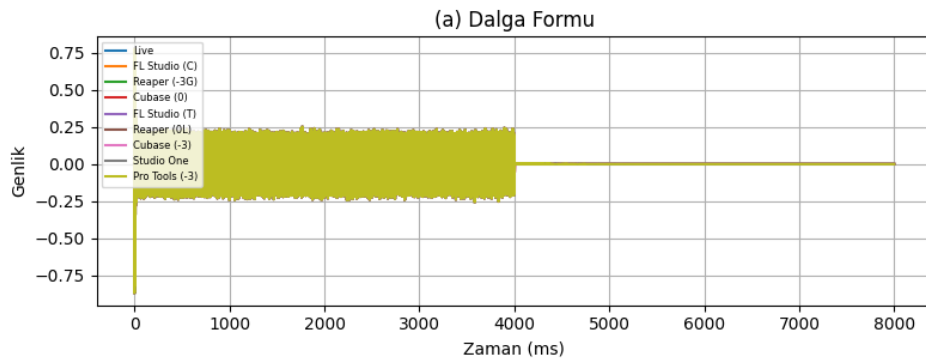
Audio Track çıktılarında çok düşük RMS farkları görülmektedir. Studio One çıktısında başlangıçta bir fark sıçraması görülse de bu değer çok küçüktür. Ortalama RMS fark tablosunda da çok küçük farklar tespit edilmiş olup. Live – Reaper (-3G) ve Cubase (0) – Reaper (0L) karşılaştırmalarında fark 0dB’dir.

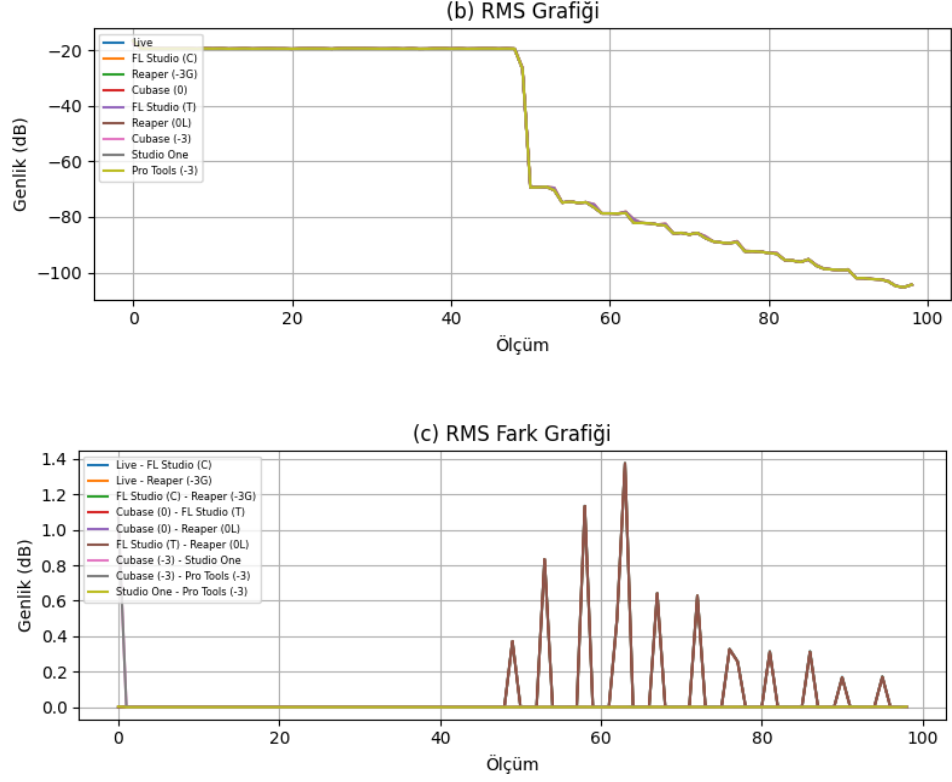
Tablo 3.6.2: Audio Track Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	3.91E-07
Live - Reaper (-3G)	0
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	3.91E-07
Cubase (0) - FL Studio (T)	1.04E-06
Cubase (0) - Reaper (0L)	0.00E+00
FL Studio (T) - Reaper (0L)	1.04E-06
Cubase (-3) - Studio One	3.82E-07
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	5.47E-06
Studio One - Pro Tools (-3)	5.18E-06

3.6.3 Waves GTR Stomp 6 (sürüm 10.0.0)

Waves GTR Stomp 6 (Waves, [ET: 01.04.2021]), distortion, doubler, delay, flanger, fuzz ve daha birçok modul ile özellikle elektro gitar enstrümanı üzerine yoğunlaşan ve elektro gitar ile kullanılan efekt pedallarını simule eden bir eklentidir. Bu eklenti ile gelen “Ready to Rock” isimli preset kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Presette bulunan delay uzantısını da analiz edebilmek için zaman aralığı 8000 ms olarak seçilmiştir





Grafik 3.6.3: GTR Stomp 6 Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması

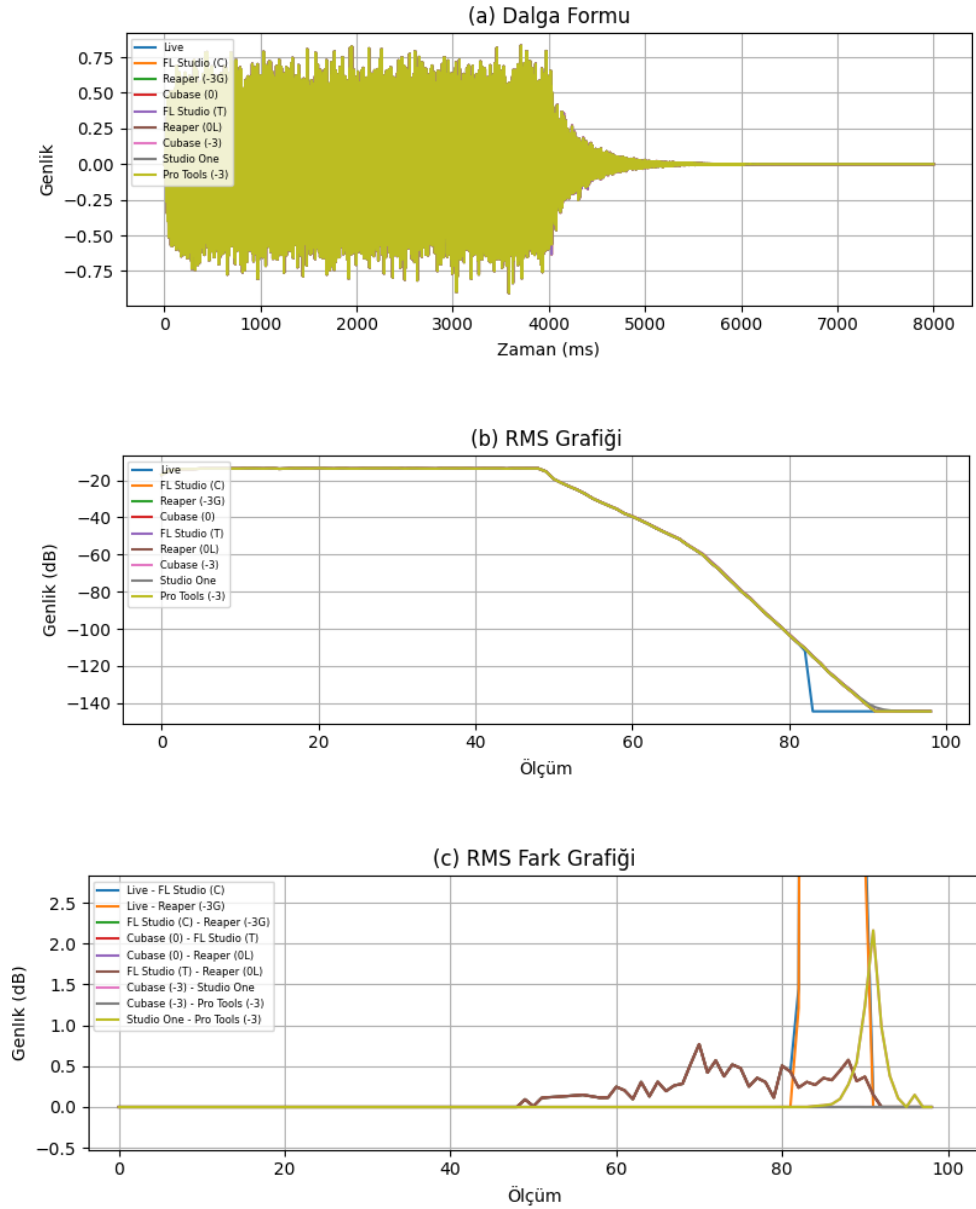
GTR Stomp 6 eklentisinin tüm yazılımlarda yaklaşık aynı şekilde çalıştığı görülmektedir. Son kısımda tespit edilen farkların -70 dB ve altındaki düşük RMS seviyelerinde oluştuğu anlaşılmaktadır. Tablo 3.6.3 incelendiğinde ortalama RMS fark değerlerinin çok düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 3.6.3: Gtr Stomp 6 Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	7.12E-02
Live - Reaper (-3G)	2.43E-04
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	7.10E-02
Cubase (0) - FL Studio (T)	7.10E-02
Cubase (0) - Reaper (0L)	2.80E-06
FL Studio (T) - Reaper (0L)	7.10E-02
Cubase (-3) - Studio One	1.12E-02
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	1.13E-02

3.6.4 Waves H Reverb Long (sürüm 10.0.0)

H-Reverb Long eklentisi (Waves, [ET: 01.04.2021]) sonlu dürtü cevabı (FIR) tekniğini kullanarak reverb üreten bir eklenti olup eklentiyle birlikte gelen “medium hall” isimli preset kullanılarak analiz yapılmıştır. Reverb uzantısını da dahil edilerek 8000 ms uzunluğunda çıktı alınmıştır.



Grafik 3.6.4: H – Reverb Long Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması

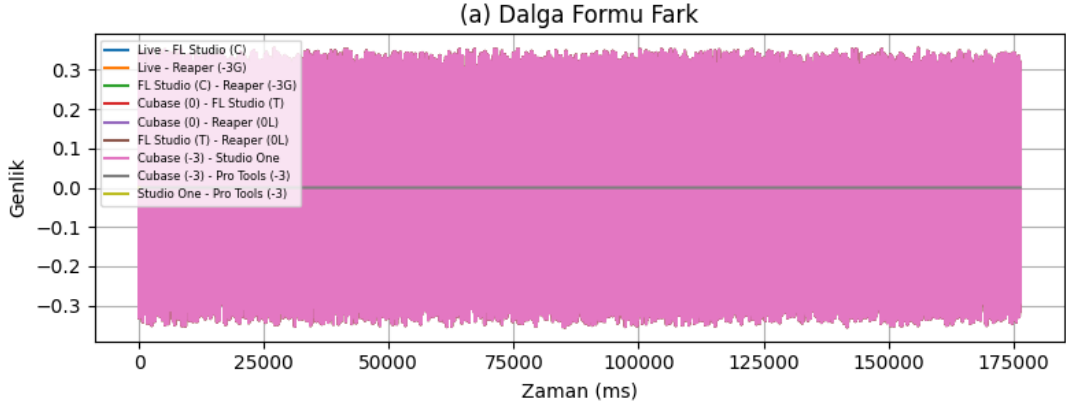
Test sinyalinin bittiği ve reverb uzantısının başladığı noktada FL Studio karşılaştırmalarında fark görülmektedir. Bu durum daha önce de bahsedilen ve FL Studio’ya özgü farklı bir davranış olan “bleeding” nedeniyle oluşmaktadır. -110 db RMS seviyesinde Ableton’da ani bir düşüş yaşanmakta ve -110 dB altında fark sıçraması oluşmaktadır. Test sinyali boyunca oluşan farklar minimum düzeydedir. Tespit edilen ortalama RMS farkları çok düşük seviyededir (Tablo 3.6.4).

Tablo 3.6.4: H - Reverb Long Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	1.43E+00
Live - Reaper (-3G)	1.31E+00
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	1.24E-01
Cubase (0) - FL Studio (T)	1.24E-01
Cubase (0) - Reaper (0L)	1.38E-05
FL Studio (T) - Reaper (0L)	1.24E-01
Cubase (-3) - Studio One	6.06E-02
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	1.40E-05
Studio One - Pro Tools (-3)	6.06E-02

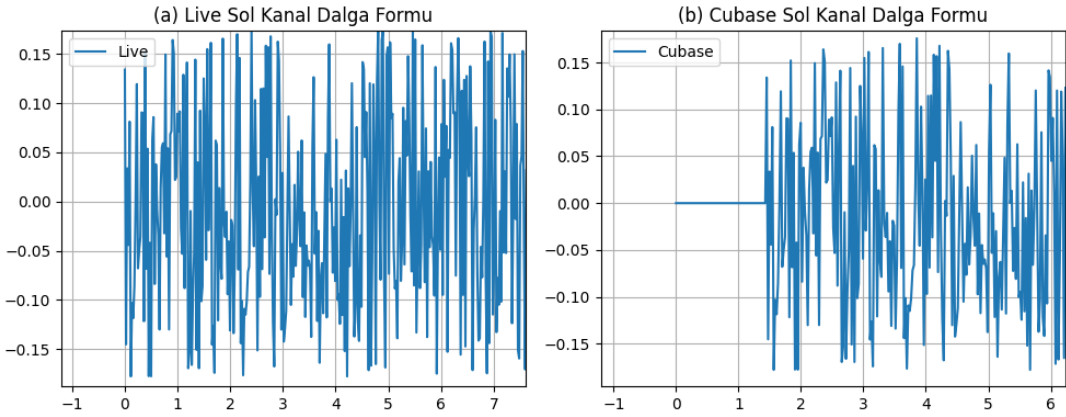
3.6.5 Waves L2 Ultramaximizer (sürüm 10.0.0)

İleriye dönük Peak limitlemesi (look-ahead brickwall peak limiting) yapan L2 Ultramaximizer eklentisi (Waves, [ET: 01.04.2021]) ile gelen “Pensado Boost” preseti uygulandıktan sonra threshold ve ceiling -15 dB olarak ayarlanmış ve çıktılar analiz edilmiştir.



Grafik 3.6.5: L2 Ultramaximizer Eklentisi Dalga Formu Farkı

Dalga formu fark grafiğinde Cubase ile yapılan karşılaştırmalarda test sinyali uzunluğunca oluşan 0.35 dB fark, bir kayma olabileceğini işaret etmektedir.



Grafik 3.6.6: Cubase'de Oluşan Kayma

Grafikten de anlaşılabileceği gibi L2 eklentisi diğer yazılımlardan farklı olarak Cubase2'te yaklaşık 1,5 ms gecikme ile çalışmaktadır. Bu durum eklenti gecikme telafisi (PDC) ile ilgili farklı bir davranışı işaret etmektedir. Tespit edilen ortalama RMS farkları çok düşük seviyededir (Tablo 3.6.5). Kullanılan test sinyalinin stereo beyaz gürültü dosyası olması, diğer bir değişle tüm frekansların eşit seviyede ve test sinyali süresince devam etmesi nedeniyle cubase karşılaştırmalarında elde edilen ortalama RMS fark değeri düşük gözüksede farklı bir ses kaydı ile yapılacak testte bu farklar daha belirgin hale gelecektir.

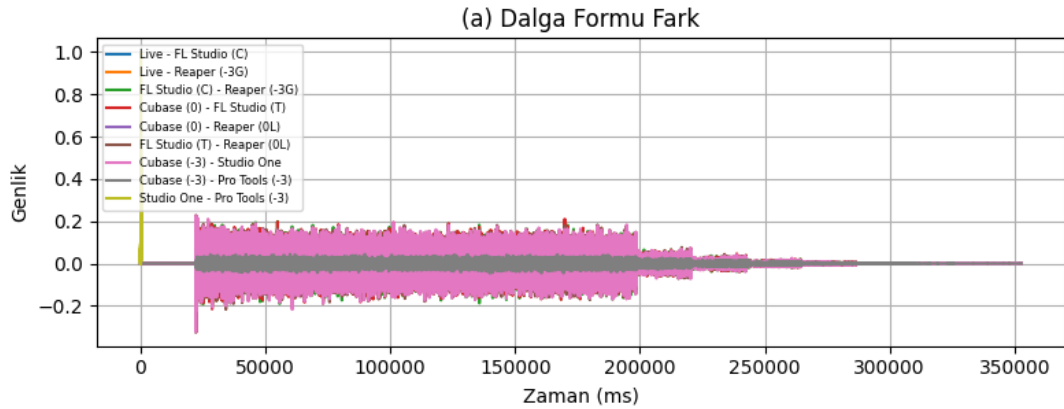
Tablo 3.6.5: L2 Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)

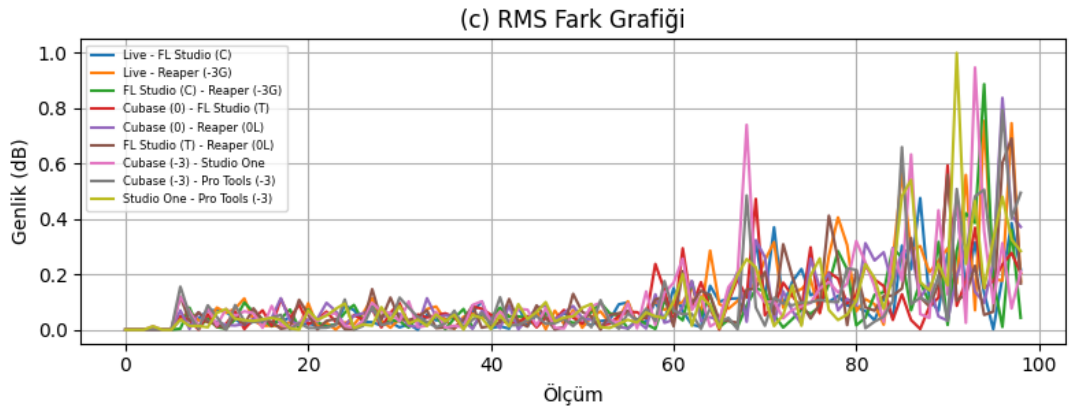
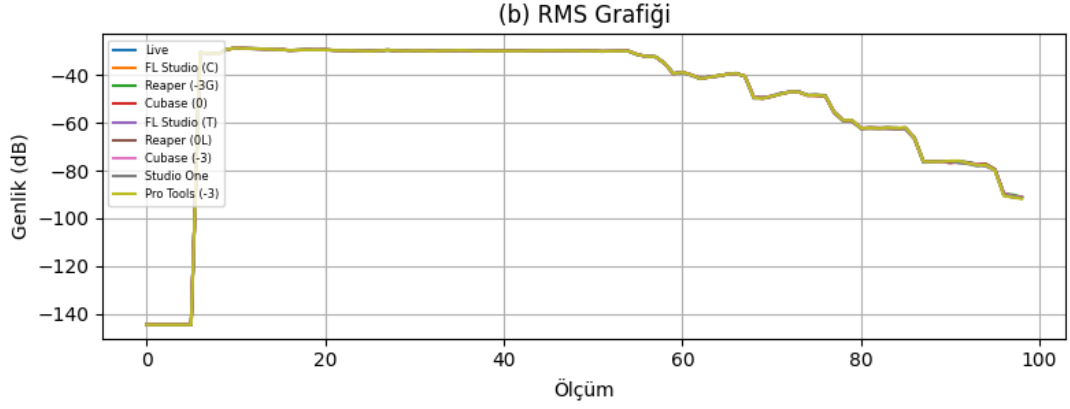
Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	2.55E-07
Live - Reaper (-3G)	2.97E-07
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	2.62E-07
Cubase (0) - FL Studio (T)	8.41E-03
Cubase (0) - Reaper (0L)	8.41E-03
FL Studio (T) - Reaper (0L)	3.95E-07
Cubase (-3) - Studio One	8.41E-03
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	8.41E-03
Studio One - Pro Tools (-3)	2.69E-07

Analiz tablosunda RMS farklarının çok düşük olduğu görülmektedir.

3.6.6 Waves Manny Delay (sürüm 10.0.0)

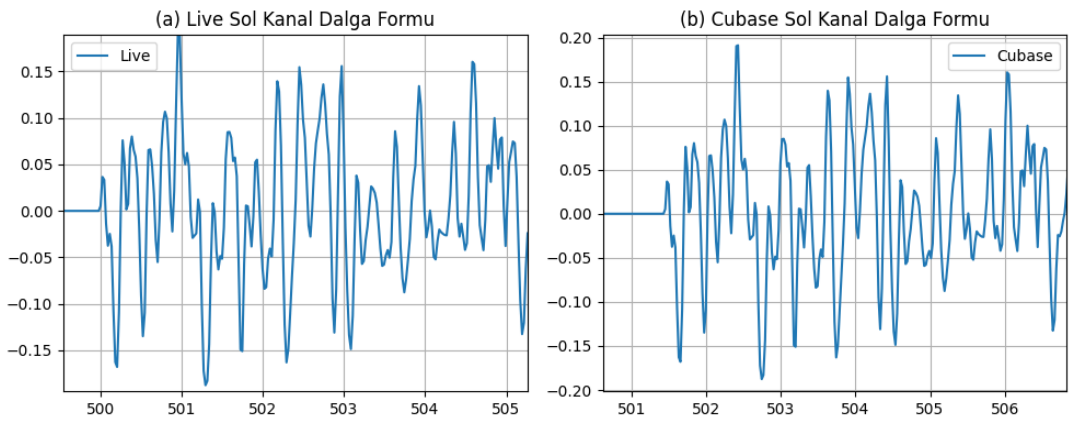
Waves Manny Delay eklentisinde (Waves, [ET: 01.04.2021]) dünyaca ünlü prodüktör Manny Marroquin'in stüdyosunda delay efekti için kullandığı sinyal zinciri ve ayarlar modellenmiştir. Eklentideki “stereo delay” preseti kullanılarak hazırlanmış çıktıların analiz yapılmıştır.





Grafik 3.6.7: Manny Delay Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması

Dalga formu fark grafiğinde Cubase çıktısında görülen farklılık oluşan bir kaymayı işaret ediyor olabilir. Farkların, sinyalin bitip uzantının tek kaldığı bölgede düşük RMS seviyelerindeki sinyaller arasında yoğunlaştığı görülmektedir.



Grafik 3.6.8: Cubase' te Oluşan Kayma

Waves Manny Delay eklentisinin diğer yazılımlardan farklı olarak Cubase yazılımında 1,5 ms faz kayması oluşturduğu görülmektedir. Bu durum eklenti gecikme telafisi (PDC) ile ilgili bir farklılık olduğunu işaret etmektedir.

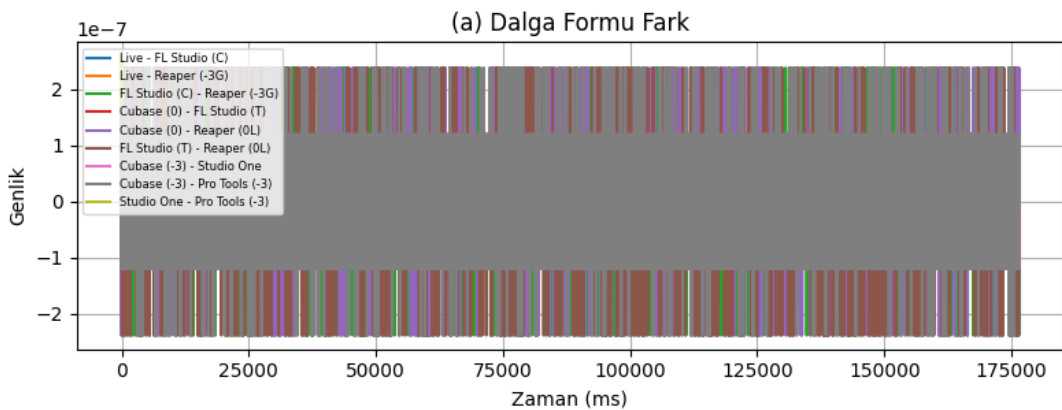
Tablo 3.6.6: Manny Delay Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)

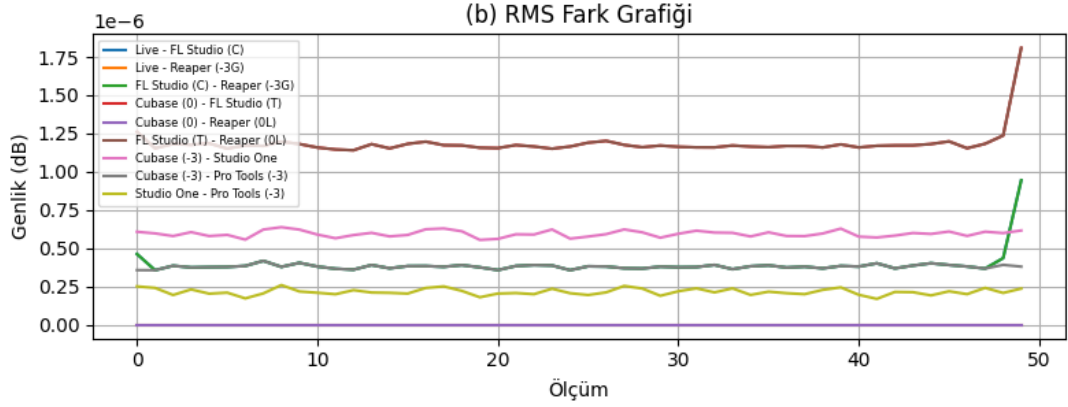
Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	8.44E-02
Live - Reaper (-3G)	1.12E-01
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	8.26E-02
Cubase (0) - FL Studio (T)	8.99E-02
Cubase (0) - Reaper (0L)	9.48E-02
FL Studio (T) - Reaper (0L)	9.24E-02
Cubase (-3) - Studio One	1.09E-01
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	9.63E-02
Studio One - Pro Tools (-3)	1.04E-01

Ortalama RMS fark tablosunda düşük RMS farkları görülmektedir.

3.6.7 Waves Q10 Equalizer (sürüm 10.0.0)

Waves Q10 Equalizer (Waves, [ET: 01.04.2021]) , 10 frekans bandı üzerinde parametrik olarak eq ayarı yapabilme imkânı veren bir eklentidir. Waves Q10 eq eklentisi ile gelen “guitar enhance” isimli preset kullanılarak yazılımlardan çıktılar alınmış ve analiz edilmiştir.





Grafik 3.6.9: Q10 Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması

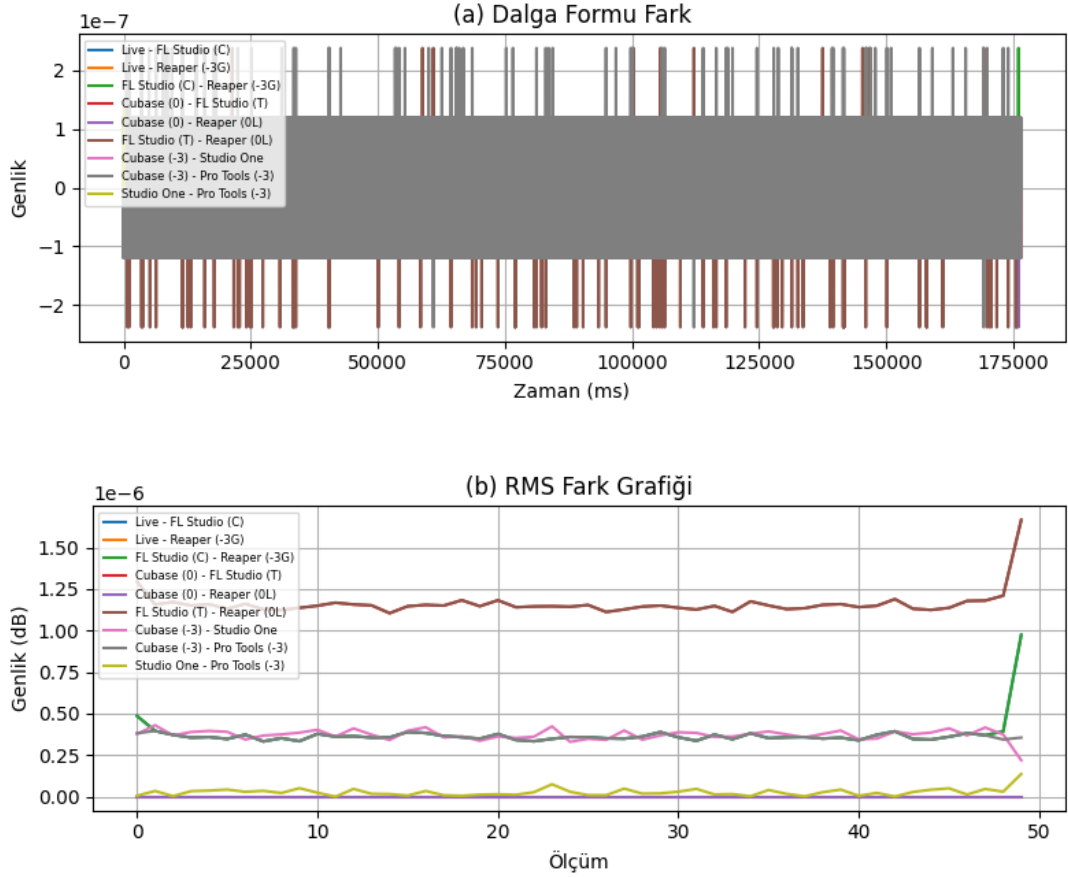
Yazılımlardan alınan Q10 çıktıların dalga formu ve RMS fark grafiklerinde çok küçük farklar tespit edilmiştir. Ortalama RMS fark tablosunda Live – Reaper (-3G) ve Cubase (0) – Reaper (0L) karşılaştırmalarında farkın 0 dB olduğu görülmektedir.

Tablo 3.6.7: Waves Q10 Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	3.94E-07
Live - Reaper (-3G)	0
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	3.94E-07
Cubase (0) - FL Studio (T)	1.19E-06
Cubase (0) - Reaper (0L)	0
FL Studio (T) - Reaper (0L)	1.19E-06
Cubase (-3) - Studio One	5.94E-07
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	3.79E-07
Studio One - Pro Tools (-3)	2.15E-07

3.6.8 Waves S1 Stereo Imager (sürüm 10.0.0)

Waves S1 Stereo Imager (Waves, [ET: 01.04.2021]) , stereo ayrımını geliştirmek ve değiştirmek için psiko-akustik teknikler kullanan bir eklentidir. Waves S1 Stereo Imager eklentisi ile gelen “pensado 3D width” isimli preset kullanılarak yazılımlardan çıktılar alınmış ve analiz edilmiştir.



Grafik 3.6.10: S1 Stereo Imager Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması

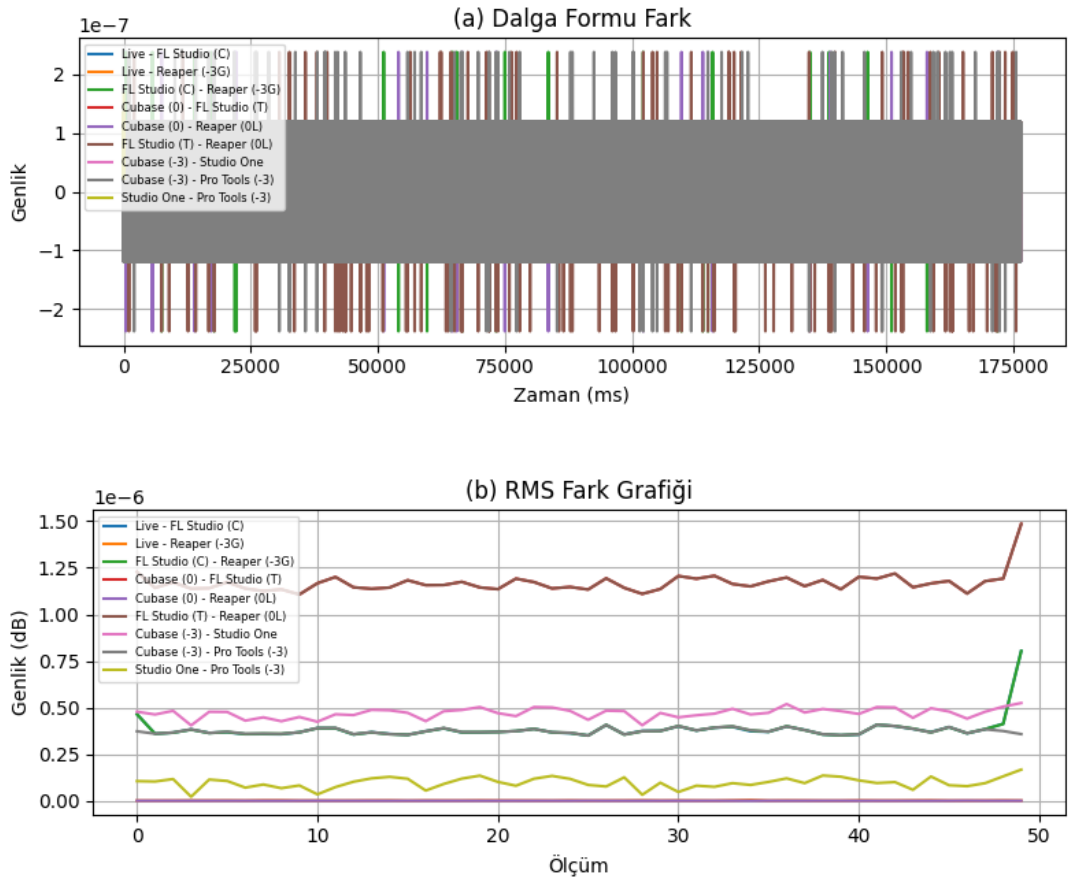
Fark grafiğinde, başlangıçta Cubase ile çok düşük değerde bir fark göze çarparken diğer yazılımlarda oluşan farklar çok daha düşük değerlerdedir. Analiz tablosunda ölçülen RMS değerlerinde oluşan farklar minimal düzeydedir.

Tablo 3.6.8: S1 Stereo Imager Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	3.76E-07
Live - Reaper (-3G)	0.00E+00
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	3.76E-07
Cubase (0) - FL Studio (T)	1.16E-06
Cubase (0) - Reaper (0L)	0.00E+00
FL Studio (T) - Reaper (0L)	1.16E-06
Cubase (-3) - Studio One	3.73E-07
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	3.60E-07

3.6.9 Ceiling of Sound Hyper EQ (sürüm 0.4.0)

Hyper EQ (Ayaic inc, [ET: 01.04.2021]) , eq işleminde diğerlerinden farklı olarak gürültü profilleri kullanan bir eq eklentisidir. Bu eklenti ile gelen “vocal 3- tenors” preseti kullanılarak çıktılar alınmış ve analiz edilmiştir.



Grafik 3.6.11: Hyper EQ Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması

Fark grafikleri ve ortalama RMS fark tablosunda Ceiling of Sound Hyper EQ eklentisinin yazılımlar arasında çok düşük farklılıklarla çalıştığı tespit edilmiştir.

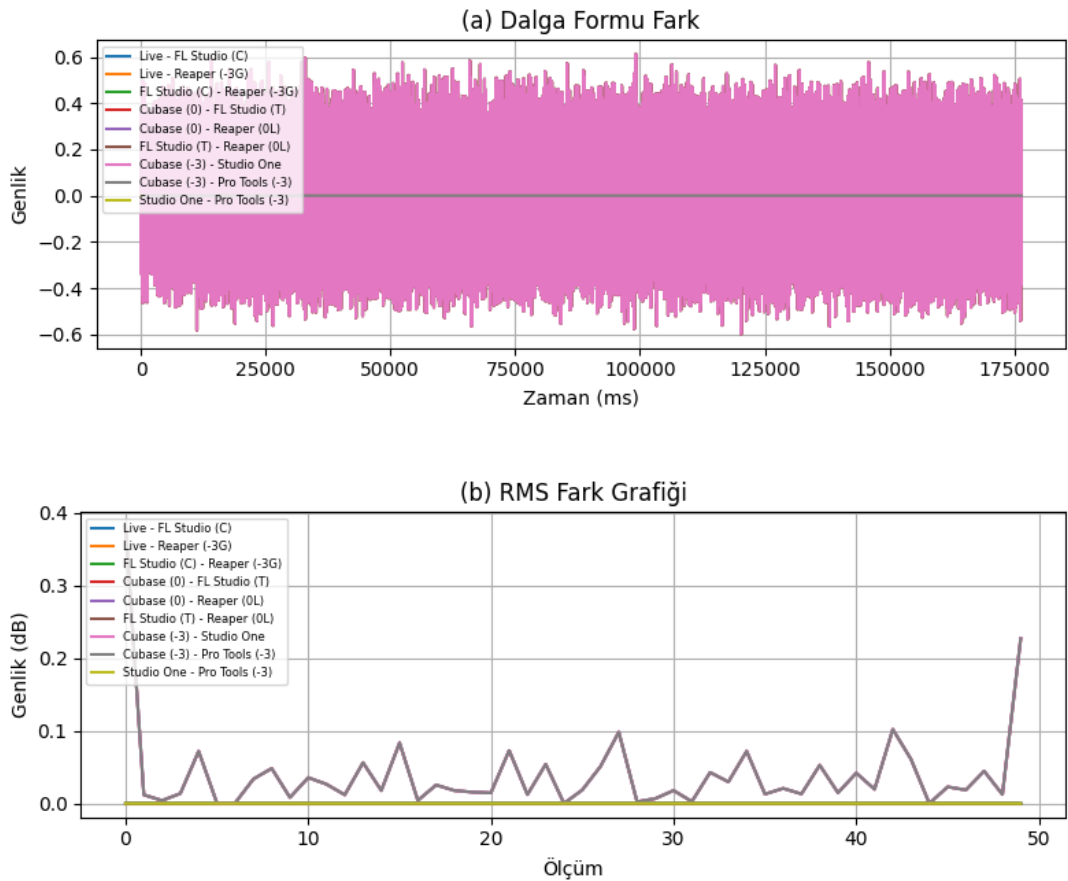
Tablo 3.6.9: Hyper Eq Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	3.85E-07
Live - Reaper (-3G)	8.89E-10

FL Studio (C) - Reaper (-3G)	3.85E-07
Cubase (0) - FL Studio (T)	1.17E-06
Cubase (0) - Reaper (0L)	1.62E-11
FL Studio (T) - Reaper (0L)	1.17E-06
Cubase (-3) - Studio One	4.70E-07
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	3.74E-07
Studio One - Pro Tools (-3)	9.63E-08

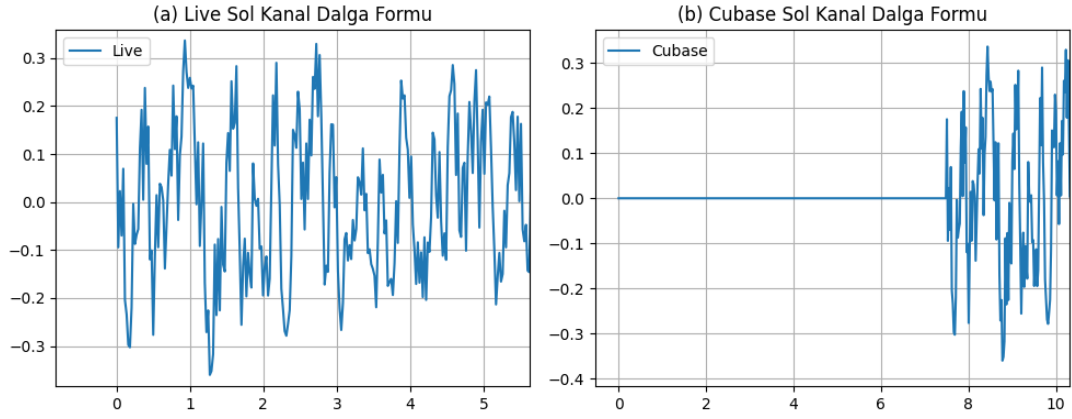
3.6.10 İzotope Neutron (sürüm 3.2.0.3499)

Üzerinde bulunan sculptor, transient shaper, equalizer, kompresör, exciter ve gate modülleri ile bir kanal şeridi gibi çalışan Neutron eklentisinde (İzotope, [ET: 01.04.2021]), “50’s TV Soundtrack” preseti kullanılarak çıktılar alınmış ve analiz edilmiştir.



Grafik 3.6.12: Neutron Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması

Dalga formu fark grafiğinde test sinyali uzunluğu boyunca Cubase’de görülen fark, bir kaymanın oluştuğunu işaret ediyor olabilir. Bu durum dışında küçük RMS farkları görülmektedir.



Grafik 3.6.13: Cubase’de Oluşan Kayma

Grafikte Cubase’de 7 ms civarında faz kayması olduğu görülmektedir. Bu durum eklenti gecikme telafisi (PDC) ile ilgili bir farklılık olduğunu işaret etmektedir. Ortalama RMS fark tablosunda genel olarak çok düşük farklar tespit edilirken Live – Reaper (-3G) karşılaştırmasında 0 dB fark olduğu görülmektedir. Kullanılan test sinyalinin stereo beyaz gürültü dosyası olması, diğer bir deyişle tüm frekansların eşit seviyede ve test sinyali süresince devam etmesi nedeniyle Cubase karşılaştırmalarında elde edilen ortalama RMS fark değeri düşük gözükse de farklı bir ses kaydı ile yapılacak testte bu farklar daha belirgin hale gelecektir.

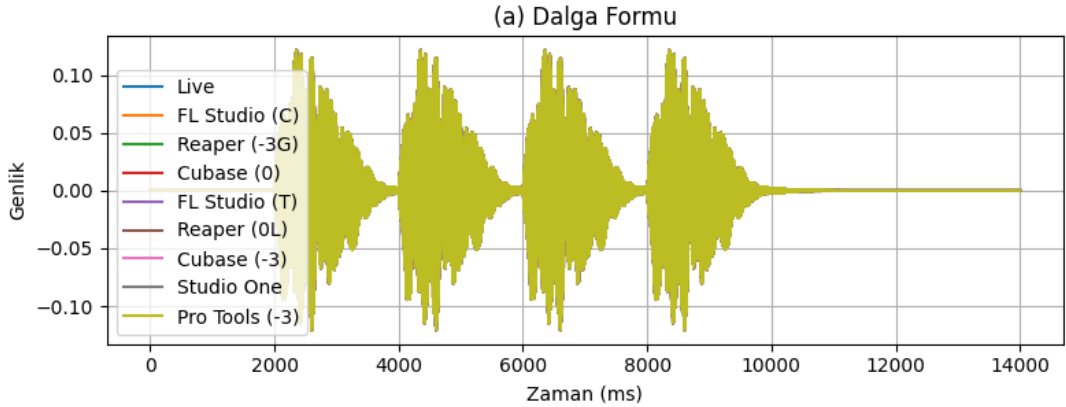
Tablo 3.6.10: Neutron Karşılaştırmalarında Ortalama RMS Fark (dB)

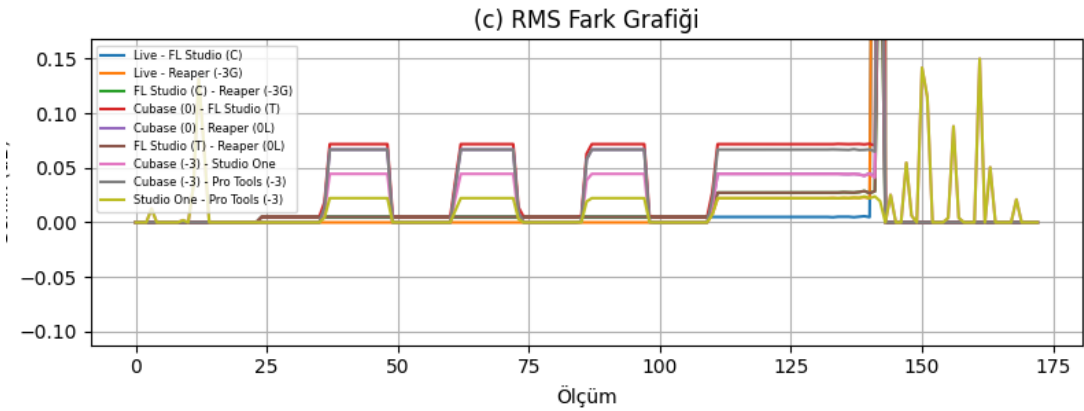
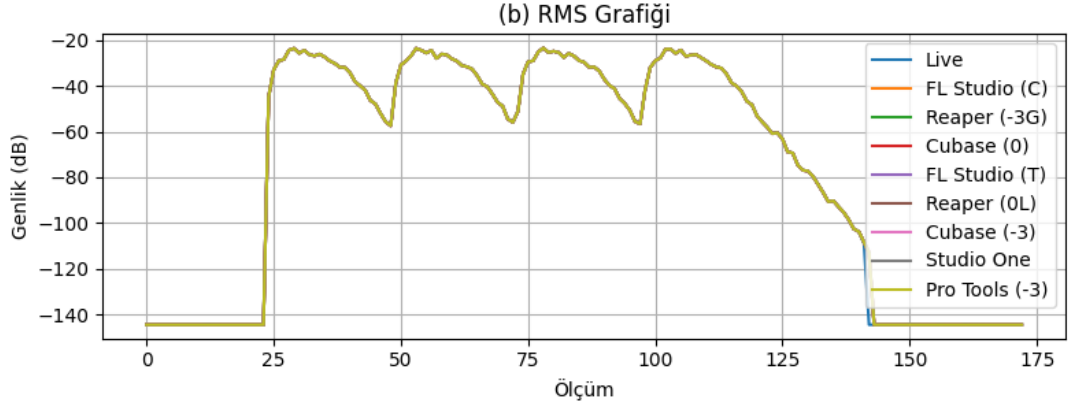
Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	5.00E-07
Live - Reaper (-3G)	0
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	5.00E-07
Cubase (0) - FL Studio (T)	4.06E-02
Cubase (0) - Reaper (0L)	4.06E-02
FL Studio (T) - Reaper (0L)	8.23E-07
Cubase (-3) - Studio One	4.06E-02
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	4.06E-02

3.7 3. Parti MIDI Sanal Enstrüman Eklentileri

Müzik prodüksiyonunda sıklıkla kullanılan MIDI Sanal enstrümanlardan Xpand!2, Nexus3, MpowerSynth, Lethal ve Ezkeys eklentilerinin yazılımlarda farklı çalışıp çalışmadıkları test edilmiştir. Test edilen eklentilerden MpowerSynth sentezleme ile ses üretirken diğerleri ise eklenti ile gelen ses örneklerini bazı ses efektlerinden geçirerek ses üretmektedir. Her eklenti için ayrı bir midi dosyası kullanılarak tüm yazılımlardan çıktılar alınmış ve analiz edilmiştir. FL Studio yazılımı diğer yazılımlardan farklı olarak midi test dosyasını, önce “pattern” şeklinde tabir edilen formata dönüştürmekte ve bu pattern e mikser dışında seviye olarak müdahale etmektedir. Fabrika ayarları ile alınan çıktılar diğer yazılımlara göre -3.2 dB daha düşük seviyede oldukları tespit edildikten sonra FL Studio’da pattern seviyelerinin ayarlandığı “Channel Rack” üzerinde gerekli düzeltme yapıldıktan sonra çıktı alınmıştır.

3.7.1 Air Xpand!2 (sürüm 2.2.7.19000)





Grafik 3.7.1: Xpand!2 Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması

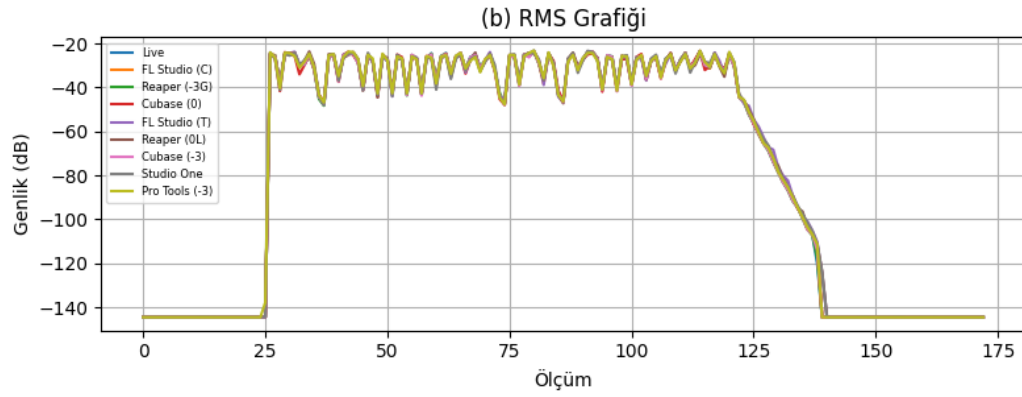
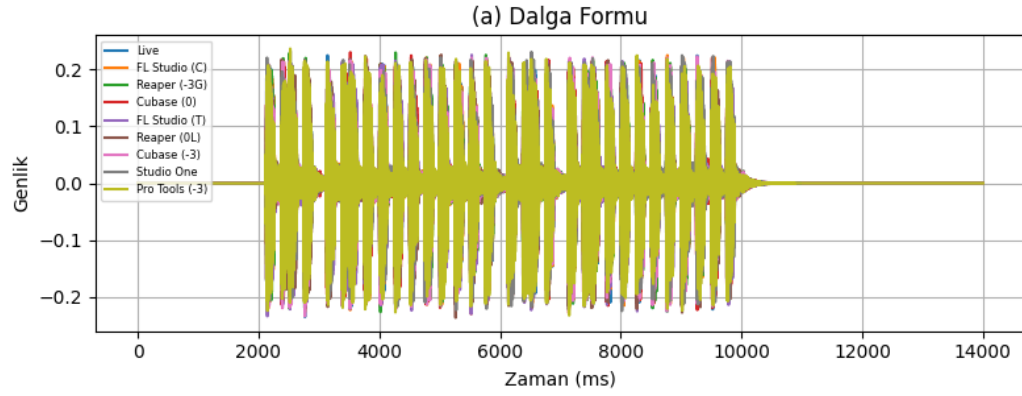
Xpand!2 (Air, [ET: 01.04.2021]) çıktıları karşılaştırıldığında ilk olarak (c) grafiğinde göülen fark sıçraması göze çarpmaktadır. Bu fark Live – Reaper (-3G) karşılaştırmasında -110 dB'in altında gerçekleşmiştir. Test için kullanılan midi dosyasındaki notaların bitiş noktalarından itibaren farklarda artış görülmektedir. Buradan kullanılan ses preseti içerisinde bulunan reverb efektin uzantısının küçük farklar yarattığı görülmektedir. Tablo 3.7.1'de verilen ortalama RMS fark değerlerinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

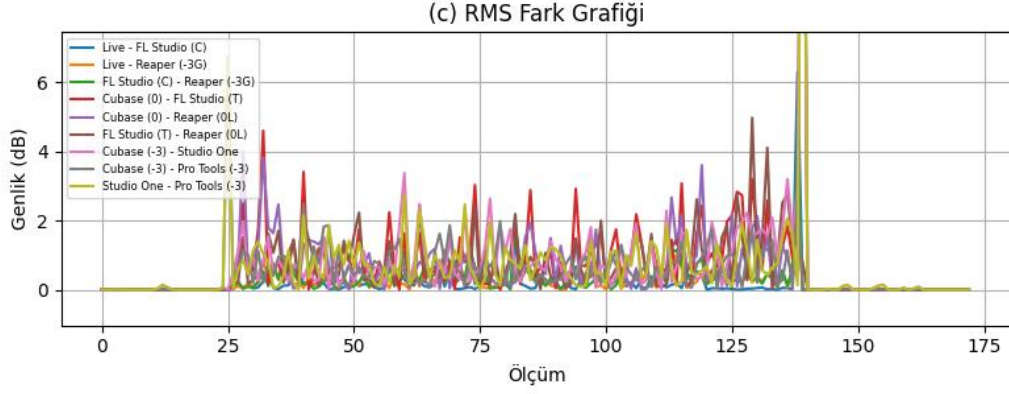
Tablo 3.7.1: Xpand!2 Çıktıları Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	0.19121445
Live - Reaper (-3G)	0.189606153
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	0.009429721
Cubase (0) - FL Studio (T)	0.034341916

Cubase (0) - Reaper (0L)	0.024912206
FL Studio (T) - Reaper (0L)	0.009429721
Cubase (-3) - Studio One	0.025586533
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	0.029084207
Studio One - Pro Tools (-3)	0.014017733

3.7.2 ReFX Nexus3 (sürüm 3.3.4)





Grafik 3.7.2: Nexus3 Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması

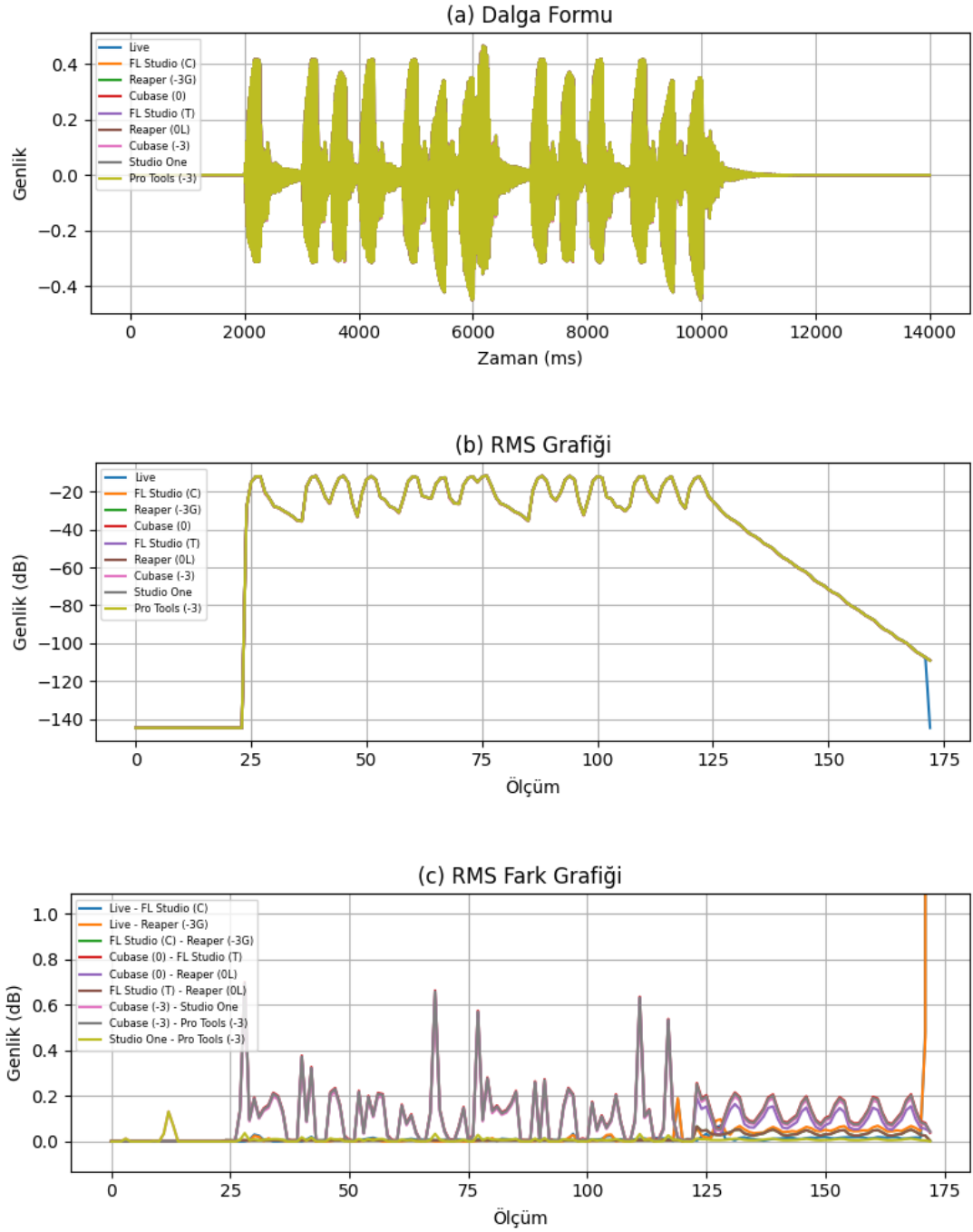
Nexus3 (Refx, [ET: 01.04.2021]) kullanılarak alınan çıktılarda ses seviyelerinin yüksek olduğu noktalarda ve ses presetinde bulunan efekt uzantılarının bulunduğu bölgelerde yüksek RMS seviyeleri arasında yüksek RMS farkları olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.7.2: Nexus3 Çıktıları Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	0.152822613
Live - Reaper (-3G)	0.213493241
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	0.246194158
Cubase (0) - FL Studio (T)	0.792920329
Cubase (0) - Reaper (0L)	0.657308863
FL Studio (T) - Reaper (0L)	0.592941101
Cubase (-3) - Studio One	0.746531039
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	0.515424376
Studio One - Pro Tools (-3)	0.67873309

Ortalama RMS fark ölçümlerinde de Live – FL Studio (C) karşılaştırması dışında yüksek ölçümler yapıldığı görülmektedir.

3.7.3 MpowerSynth (sürüm 14.05)

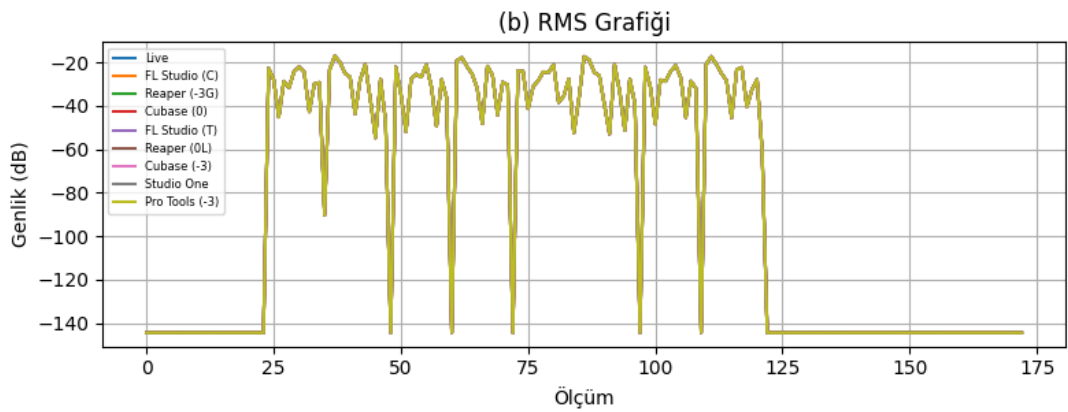
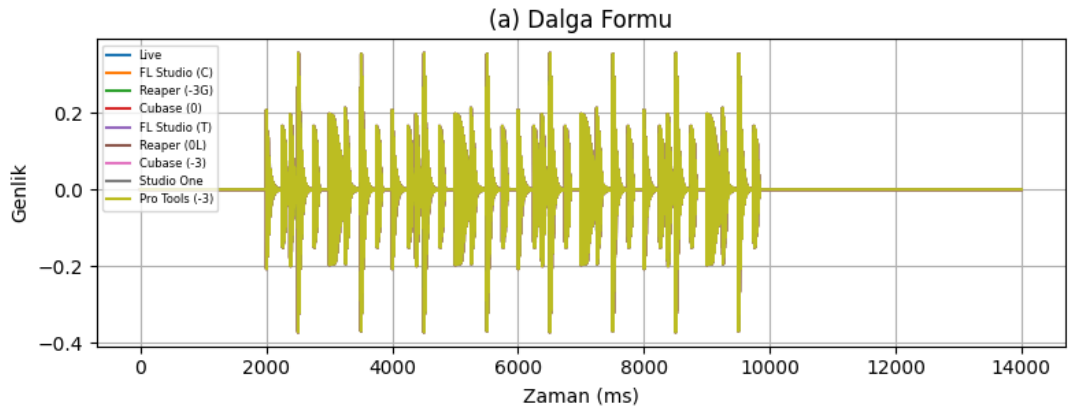


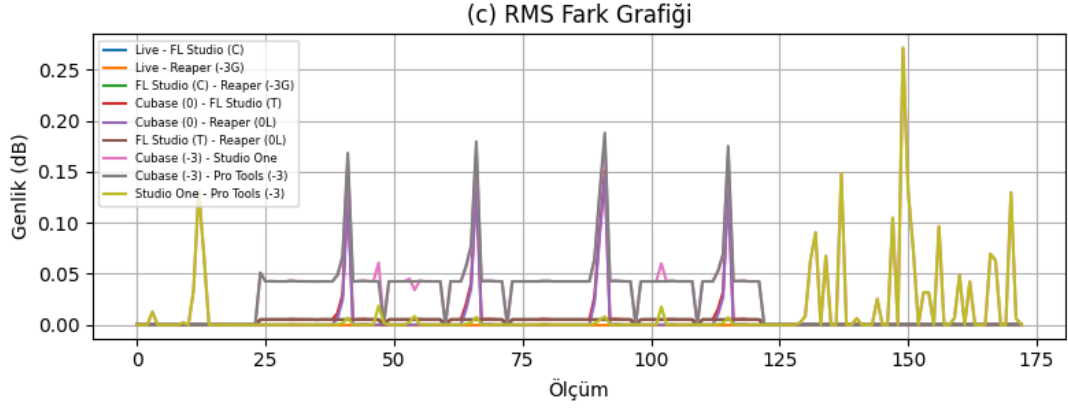
Grafik 3.7.3: MPowerSynth Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması

MpowerSynth (Melda, [ET: 01.04.2021]) çıktıların RMS fark grafiğinde düşük RMS farkları ile karşılaşılmıştır. Bu durum Tablo 3.7.3'te de görülmektedir.

Tablo 3.7.3: MpowerSynth Çıktıları Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	0.218135514
Live - Reaper (-3G)	0.225768299
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	0.013480877
Cubase (0) - FL Studio (T)	0.107524387
Cubase (0) - Reaper (0L)	0.094493857
FL Studio (T) - Reaper (0L)	0.013480877
Cubase (-3) - Studio One	0.099393708
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	0.103708176
Studio One - Pro Tools (-3)	0.007292286

3.7.4 Lethal (sürüm 1.0.14)



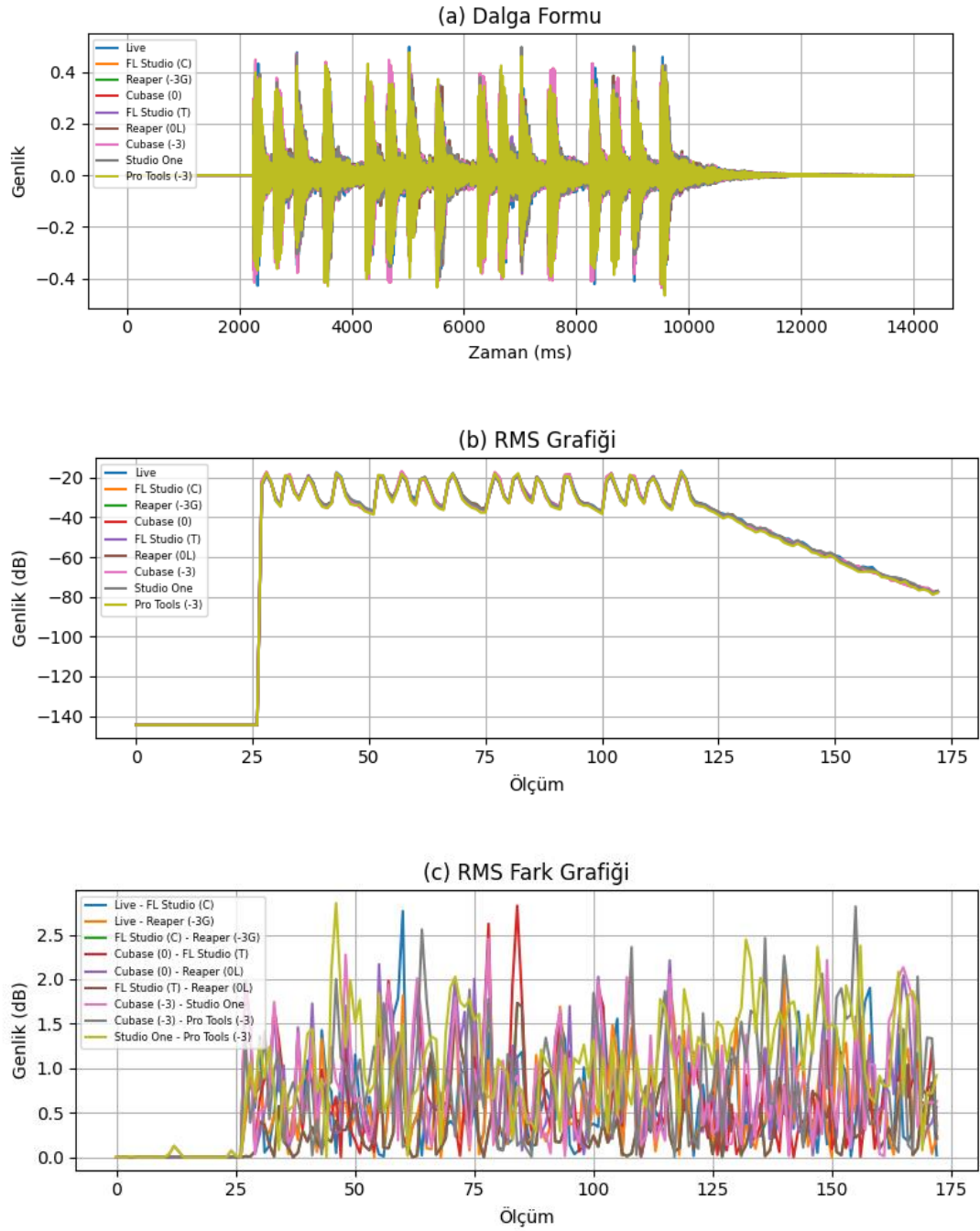
Grafik 3.7.4: Lethal Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması

Lethal (Lethal Audio, [ET: 01.04.2021]) çıktılarında genel olarak düşük RMS farkları olduğu görülmektedir.

Tablo 3.7.4: Lethal Çıktıları Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	0.002694239
Live - Reaper (-3G)	2.99E-09
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	0.00269424
Cubase (0) - FL Studio (T)	0.00717716
Cubase (0) - Reaper (0L)	0.004484029
FL Studio (T) - Reaper (0L)	0.002694634
Cubase (-3) - Studio One	0.037487211
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	0.027338623
Studio One - Pro Tools (-3)	0.010736458

3.7.5 EZkeys



Grafik 3.7.5: EZkeys Eklentisi Çıktılarının Karşılaştırması

Ezkeys (Toontrack, [ET: 01.04.2021]) çıkıtlarında ses seviyelerinin yüksek olduğu yani notaların çaldığı noktalarda, aynı zamanda ses presetinde bulunan efekt uzantılarının bulunduğu bölgelerde Live – Reaper (-3G) karşılaştırması dışında yüksek RMS seviyeleri arasında yüksek RMS farkları olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.7.5: Ezkeys Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	0.531437817
Live - Reaper (-3G)	5.23E-01
FL Studio (C) - Reaper (-3G)	0.336975167
Cubase (0) - FL Studio (T)	0.6203597
Cubase (0) - Reaper (0L)	0.692666317
FL Studio (T) - Reaper (0L)	0.336984098
Cubase (-3) - Studio One	0.710690974
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	0.773295316
Studio One - Pro Tools (-3)	0.982574828

3.8 3. Parti Eklentilerde Aynı Ayarlar ile Tekrar Çıktı Alınması

3. parti eklentilerle yapılan testlerde birtakım farklar tespit edilmiş olup, bu farkların yazılımlardan mı yoksa eklentinin kendisinden mi kaynaklandığını anlayabilmek için aynı ayarlar ile tüm yazılımlardan ikinci çıktı alınmış ve ilk alınan çıktı ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.8.1: Ses Eklentilerinde 1. ve 2. Çıktı Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Api 2500	Audio Track	GTR Stomp 6	H- Reverb	L2
Live	2.92E-03	5.11E-06	0.000242654	0	2.73E-07
FL Studio (C)	4.58E-03	5.11E-06	0.000261951	2.93E-07	3.04E-07
FL Studio (T)	1.55E-03	0	0.000163786	4.67E-07	3.01E-07
Reaper (0L)	3.41E-02	0	0.000242487	0	2.57E-07
Reaper (-3G)	2.94E-02	5.11E-06	0.000244362	0	2.63E-07
Cubase (0)	1.14E-02	0	1.01E-06	0	2.33E-07
Cubase (-3)	2.11E-02	0	0.011099136	0	2.90E-07
Studio One	9.17E-03	1.44E-08	8.02E-05	0.005048129	2.97E-07
Pro Tools (-3)	2.20E-02	5.11E-06	0.000186125	0	2.61E-07
Yazılım	Manny Delay	Q10	S1	Hyper EQ	Neutron
Live	9.64E-02	0	0	0	1.22E-06
FL Studio (C)	1.29E-01	0	0	0.00E+00	0.00E+00

FL Studio (T)	8.96E-02	0	0	0.00E+00	0.00E+00
Reaper (0L)	1.01E-01	0	0	0	0.00E+00
Reaper (-3G)	1.14E-01	0	0	0	0.00E+00
Cubase (0)	8.51E-02	0	0	0	0.00E+00
Cubase (-3)	1.46E-01	0	0	0	0.00E+00
Studio One	1.06E-01	4.71E-09	9.02E-09	5.60E-09	1.05E-08
Pro Tools (-3)	1.04E-01	0	0	0	1.22E-06

Tablo 3.8.1’de Audio Track, H- Reverb, Q10, S1 ve Hyper EQ eklentilerinin ilk ve ikinci çıktıları arasında hesaplanan ortalama RMS fark (dB) değeri, bazı yazılımlarda 0 dB olup diğer eklentilerde ise çok düşük farklar görülmektedir. Tablo 3.8.1’de bazı eklentilerin yazıldıkları algoritma gereği aynı yazılım içerisinde ard arda alınan çıktılarında farklı ses verdiği tespit edilmiştir. Bu davranışın yazılımlar arasında yapılan karşılaştırmalarda ölçülen farklarda etkili olduğu görülmektedir.

Tablo 3.8.2: Sanal Enstrümanlarda 1. ve 2. Çıktı Ortalama RMS Fark (dB)

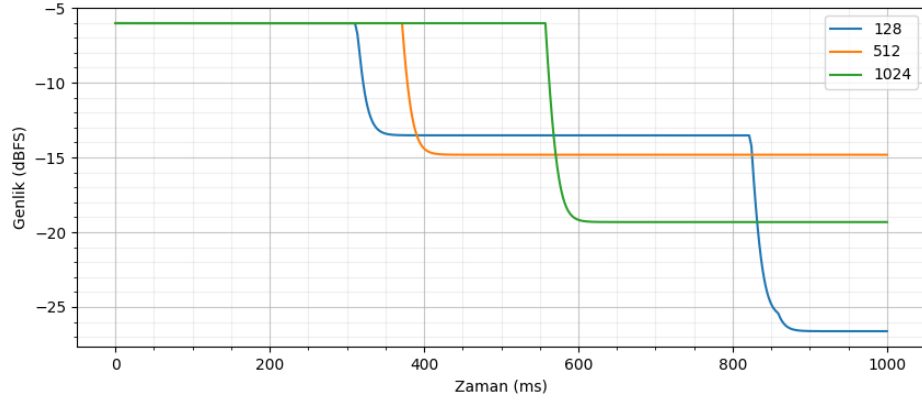
Yazılım	Xpand!2	Nexus3	MPowerSynth	Lethal	Ezkeys
Live	0	0.496500888	0.002937632	0	3.82E-04
FL Studio (C)	0	0.113884067	0	0	0
FL Studio (T)	0	0.732039869	0	2.28E-02	3.94E-06
Reaper (0L)	0	0.774745068	0	0.022807086	5.87E-06
Reaper (-3G)	0	0.276697904	0	0	5.38E-04
Cubase (0)	0	0.783205417	7.04E-05	0.022807035	5.43E-06
Cubase (-3)	0	0.050904558	7.04E-05	0	0
Studio One	6.00E-03	6.13E-01	3.20E-05	3.00E-02	1.23E-03
Pro Tools (-3)	0	0.49764167	0	0	5.73E-01

Tablo 3.8.2’de Nexus3 dışındaki sanal enstrüman eklentilerinde 0 dB veya çok düşük farklar tespit edilirken, Nexus3’te ara arda alınan çıktılarda yüksek farklar görülmektedir.

3.9 Arabellek Boyutunun 3. Parti Eklenti Otomasyonu Üzerinde Etkisi

Arabellek boyutunun eklenti otomasyonu üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla waves q10 eklentisinin “output gain” parametresi üzerinde test sinyali boyunca

doğrusal otomasyon çizilerek çıktılar alınmış ve analiz edilmiştir. 128, 512 ve 1024 arabellek boyutlarındaki davranışlar gözlemlenmiştir.



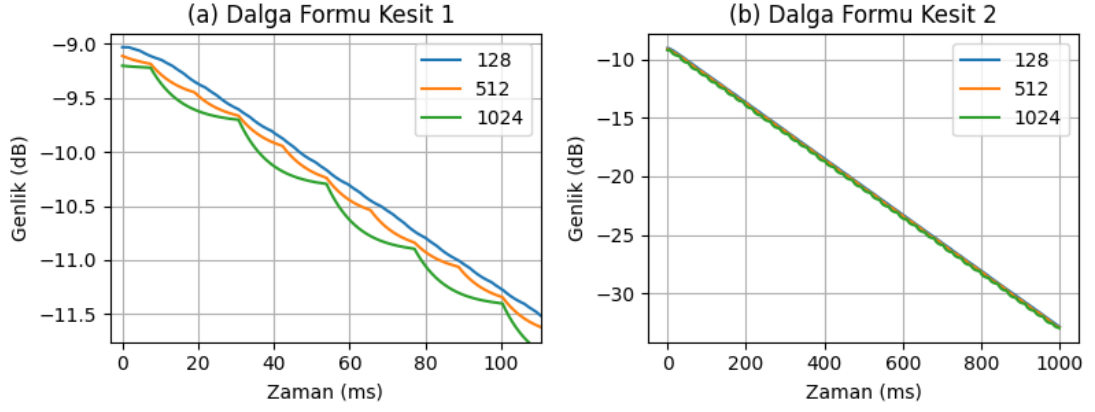
Grafik 3.9.1: Live Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Değişimi

Live yazılımında otomasyon başlangıç, süre ve bitişinin tamamen farklı olduğu görülmektedir.

Tablo 3.9.1: Live Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
128 - 512	-1.1776389	-1.1776389	0	0
128 - 1024	-2.2051541	-2.2051541	0	0
512 -1024	-1.0275152	-1.0275152	0	0
Maksimum Fark	Zaman (ms)	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	578.276644	-10.999996	-17.020596	-6.0205999
128 - 1024	578.276644	-10.999996	-17.020596	-6.0205999
512 -1024	781.22449	-15.600003	-21.620602	-6.0205999

Analiz tablosu incelendiğinde arabellek boyutu değişiminden dolayı otomasyonun farklı sürelerde başlaması nedeniyle belirgin farkların oluştuğu tespit edilmiştir.



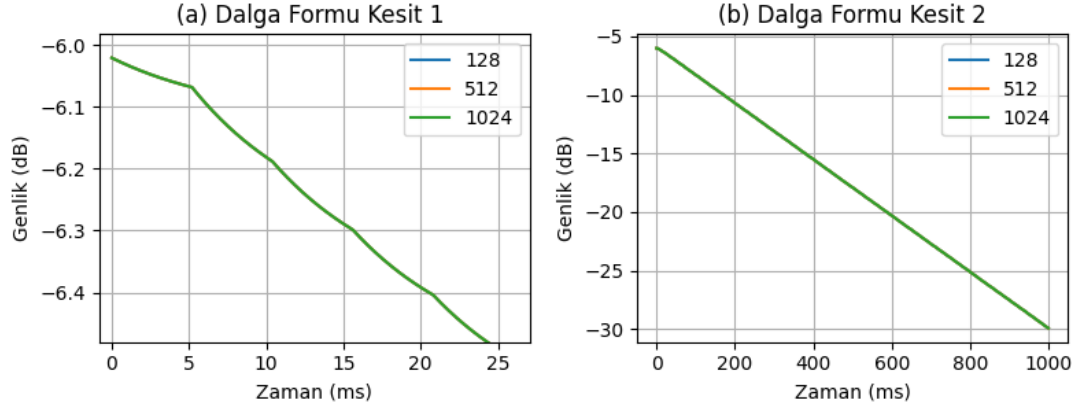
Grafik 3.9.2: Cubase Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Değişimi

Cubase yazılımında arabellek boyutu büyüdükçe otomasyonun basamaklı bir yapıya doğru değiştiği görülmektedir. Farklı arabellek boyutlarında otomasyon başlangıç ve bitiş değerlerinin de birbirinden farklı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.9.2: Cubase Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
128 - 512	0.10668339	0.10668339	0.08072475	0.08072475
128 - 1024	0.24190283	0.24190283	0.17190978	0.17190978
512 - 1024	0.13521944	0.13521944	0.09118502	0.09118502
Maksimum Fark	Zaman (ms)	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	233.8322	0.16582693	-14.472358	-14.638185
128 - 1024	225.124717	0.34099765	-14.270559	-14.611557
512 - 1024	785.306122	0.24114732	-27.761233	-28.00238

Analiz tablosu incelendiğinde 128 ve 1024 arabellek boyutları kullanılması durumunda en belirgin farkların olduğu görülmektedir.



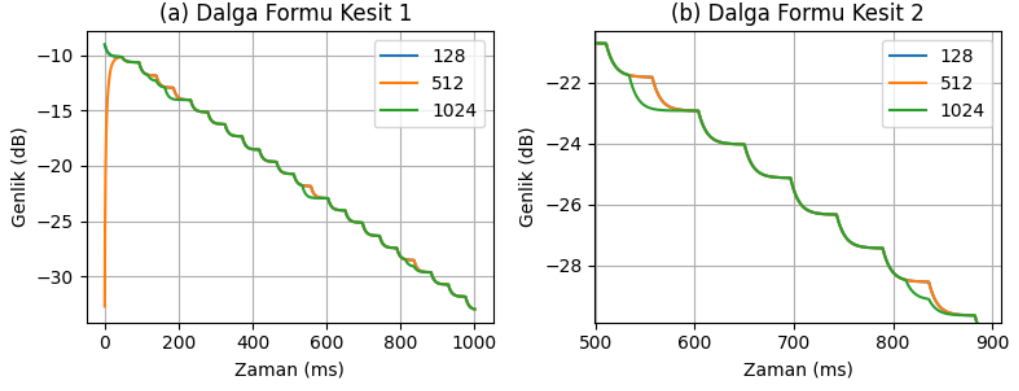
Grafik 3.9.3: FL Studio Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Değişimi

FL Studio yazılımında arabellek boyutu değişiminin otomasyonu etkilemediği görülmektedir.

Tablo 3.9.3: FL Studio Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
128 - 512	0	0	0	0
128 - 1024	0	0	0	0
512 -1024	0	0	0	0
Maksimum Fark	Zaman (ms)	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	0	0	-6.0208816	-6.0208816
128 - 1024	0	0	-6.0208816	-6.0208816
512 -1024	0	0	-6.0208816	-6.0208816

Tabloda farklı arabellek boyutlarının, çıktılarda fark oluşturmadığı görülmektedir.



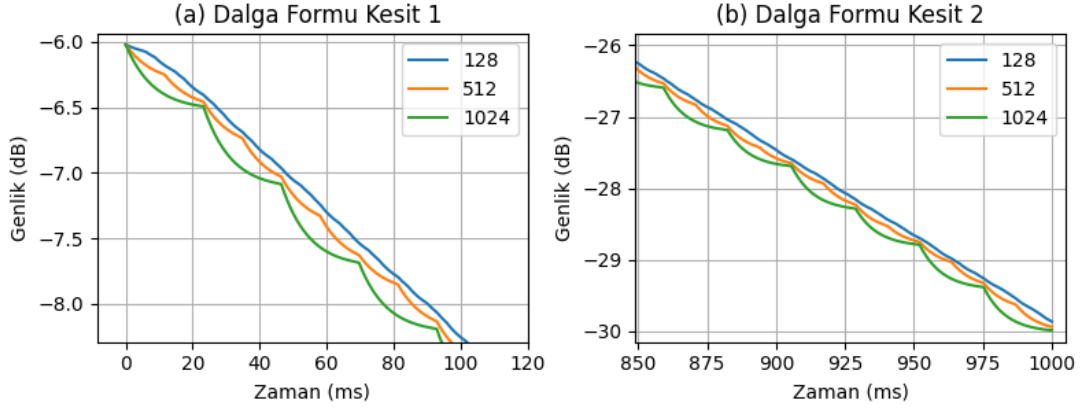
Grafik 3.9.4: Pro Tools Yazılımı Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Değişimi

Pro Tools yazılımında 128 ve 1024 arabellek boyutlarında otomasyonun basamaklı ve aynı yapıda olduğu görülürken 512 arabellek boyutunda başlangıçta bir sıçrama görülmekte ve ara ara diğerlerinden ayrıldığı görülmektedir. Otomasyon bitişi 3 arabellek boyut içinde ayın değerdedir.

Tablo 3.9.4: Pro Tools Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
128 - 512	0.25788976	0.25788976	1.12139972	1.12139972
128 - 1024	0.08939817	0.08939817	0	0
512 -1024	-0.1684916	-0.1684916	-1.1213997	-1.1213997
Maksimum Fark	Zaman (ms)	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	0	23.6840576	-9.0335267	-32.717584
128 - 1024	185.736961	1.0371911	-12.927056	-13.964247
512 -1024	0	-23.684058	-32.717584	-9.0335267

Analiz tablosunda 512 arabellek boyutunda başlangıçta oluşan sıçramanın 23 dB fark yarattığı görülmektedir.



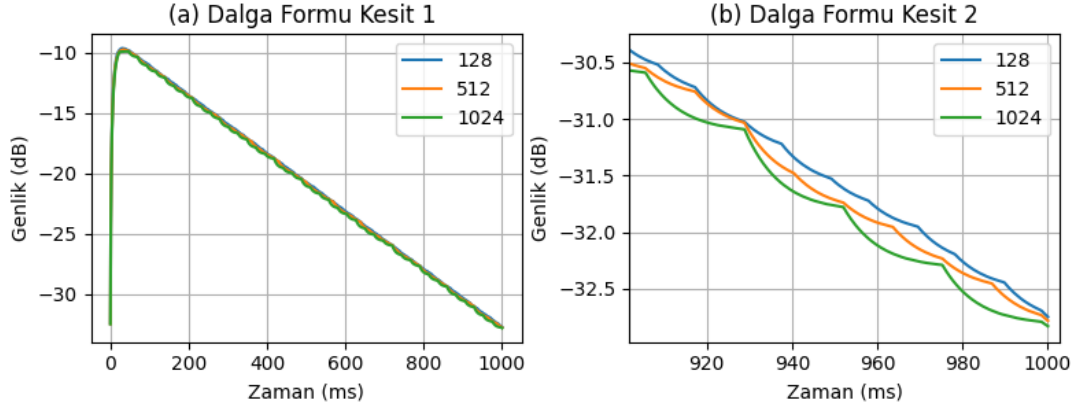
Grafik 3.9.5: Reaper Yazılımı Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Değişimi

Reaper yazılımında arabellek boyutu büyüdükçe otomasyonda basamaklı bir yapının hâkim olduğu görülmektedir. Tüm arabellek boyutlarında otomasyon aynı değerden başlamakta fakat bitişte farklı değerlerde bitmektedir. Aşağıdaki tabloda Reaper’de yapılan eklenti otomasyonunda arabellek boyutu değişiminden kaynaklanan seviye değişimi farkları verilmiştir.

Tablo 3.9.5: Reaper Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
128 - 512	0.10195709	0.10195709	0.00028164	0.00055296
128 - 1024	0.24217146	0.24217146	0.00110592	0.00109353
512 -1024	0.14021437	0.14021437	0.00082428	0.00054057
Maksimum Fark	Zaman (ms)	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	342.471655	0.16582705	-14.062056	-14.227883
128 - 1024	333.764172	0.34100159	-13.860258	-14.20126
512 -1024	406.326531	0.24114544	-15.650932	-15.892077

Arabellek boyutları ile birlikte oluşan basamaklı yapıların arasında ölçülen farklar 1024 boyutunda daha belirginleştiği görülmektedir.



Grafik 3.9.6: Studio One Yazılımı Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Değişimi

Studio One yazılımında başlangıçta bir sıçrama görülmektedir. Boyut arttıkça basamaklı yapının da arttığı tespit edilmiştir. Otomasyon aynı değerde başlarken farklı değerlerde bitmektedir.

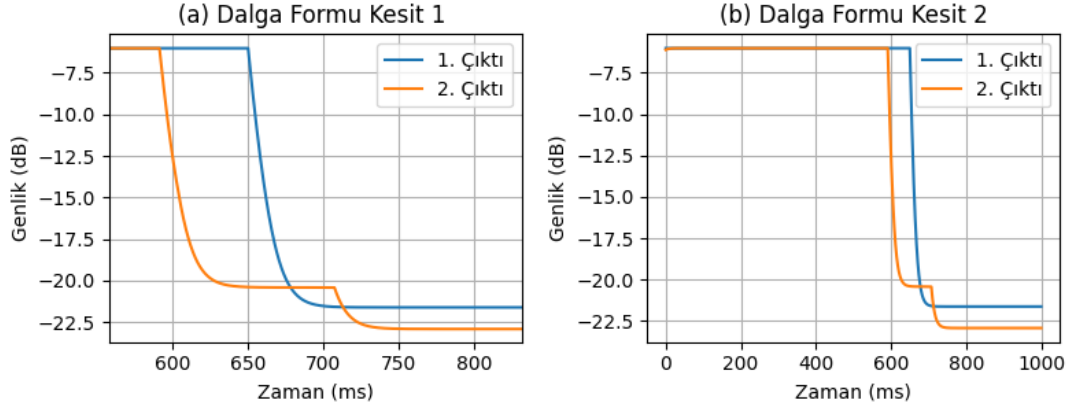
Tablo 3.9.6: Studio One Eklenti Otomasyonunda Arabellek Boyutu Analizi (dB)

RMS ve Peak Fark	RMS Sol	RMS Sağ	Peak Sol	Peak Sağ
128 - 512	0.10649658	0.10649658	0.10431189	0.10431189
128 - 1024	0.22406723	0.22406723	0.26130038	0.26130038
512 - 1024	0.11757064	0.11757064	0.15698849	0.15698849
Sol Kanal	Zaman (ms)	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	589.183673	0.2288541	-22.842697	-23.071551
128 - 1024	8.68480726	0.48367755	-12.306805	-12.790482
512 - 1024	359.886621	0.39164911	-17.35235	-23.071551
Sağ Kanal	Zaman (ms)	Fark (dB)	1. Ç. Peak	2. Ç. Peak
128 - 512	589.183673	0.2288541	-22.842697	-23.071551
128 - 1024	8.68480726	0.48367755	-12.306805	-12.790482
512 - 1024	359.886621	0.39164911	-17.35235	-17.743999

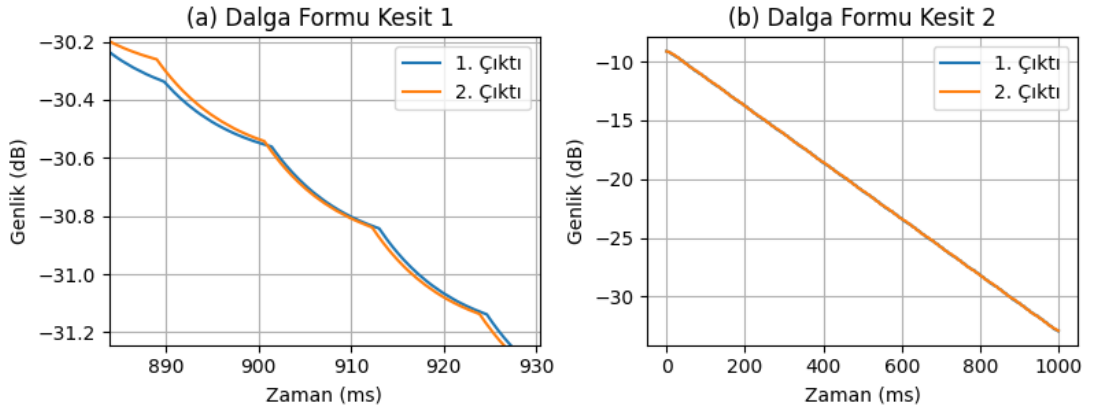
Analiz tablosunda Studio One çıktılarında oluşan basamaklı yapı nedeniyle RMS farklarının da oluştuğu gözlemlenmektedir.

3.10 Çıktı Zaman Aralığı Değişiminin 3 Parti Otomasyonu Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

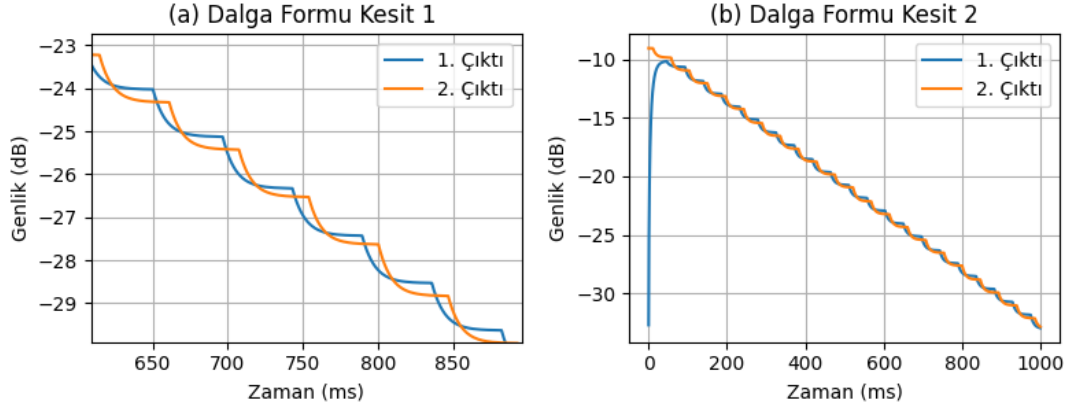
Çıktı Zaman aralığının 3. Parti eklentilerle yapılan otomasyon üzerindeki etkilerini inceleyebilmek amacı ile test sinyalinin 0.5 ms önümde başlayan ve 0.5 ms sonrasında biten yeni bir zaman aralığı çizilmiş ve bu zaman aralığında yeni çıktılar alınarak bir önce alınan çıktı ile karşılaştırılmıştır.



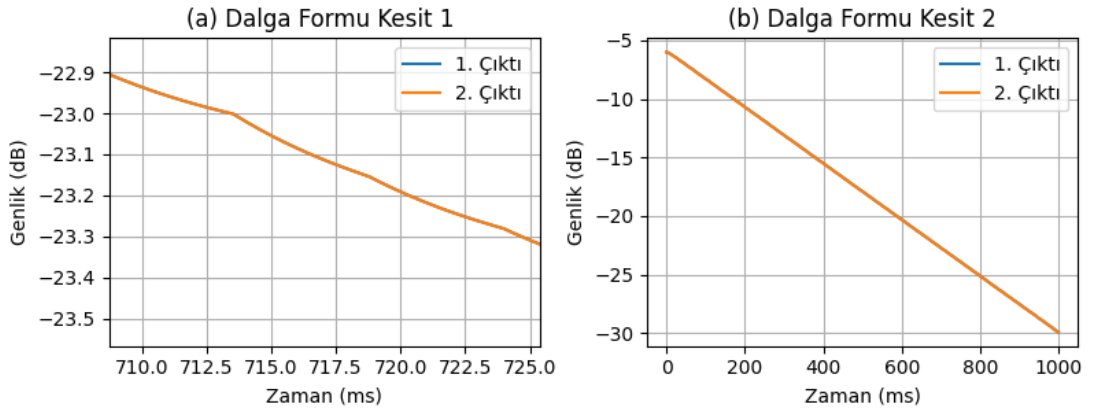
Grafik 3.10.1: Live Eklenti Otomasyonunda Zaman Aralığı Değişimi



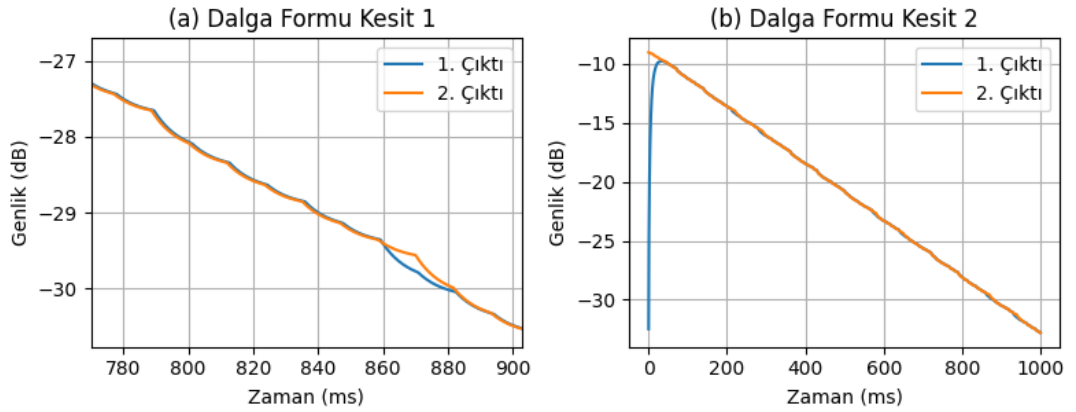
Grafik 3.10.2: Cubase Eklenti Otomasyonunda Zaman Aralığı Değişimi



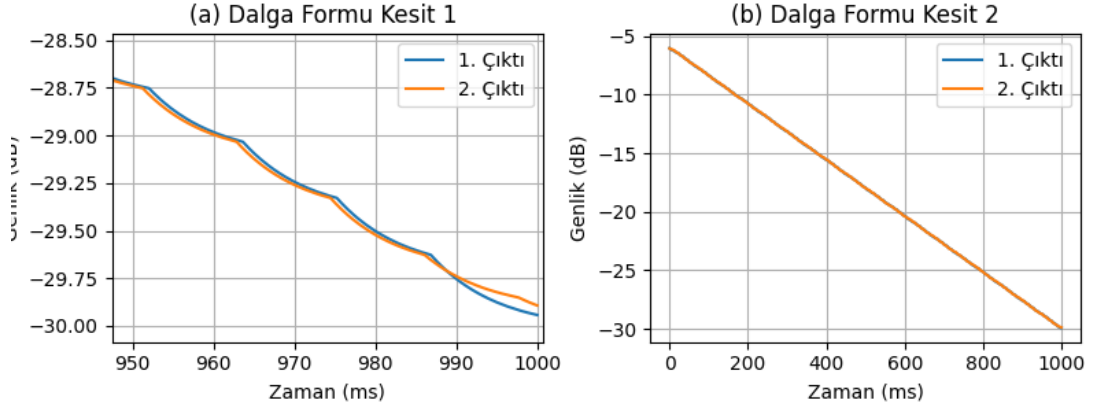
Grafik 3.10.3: Pro Tools Eklenti Otomasyonunda Zaman Aralığı Değişimi



Grafik 3.10.4: FL Studio Eklenti Otomasyonunda Zaman Aralığı Değişimi



Grafik 3.10.5: Studio One Eklenti Otomasyonunda Zaman Aralığı Değişimi



Grafik 3.10.6: Reaper Eklenti Otomasyonunda Zaman Aralığı Değişimi

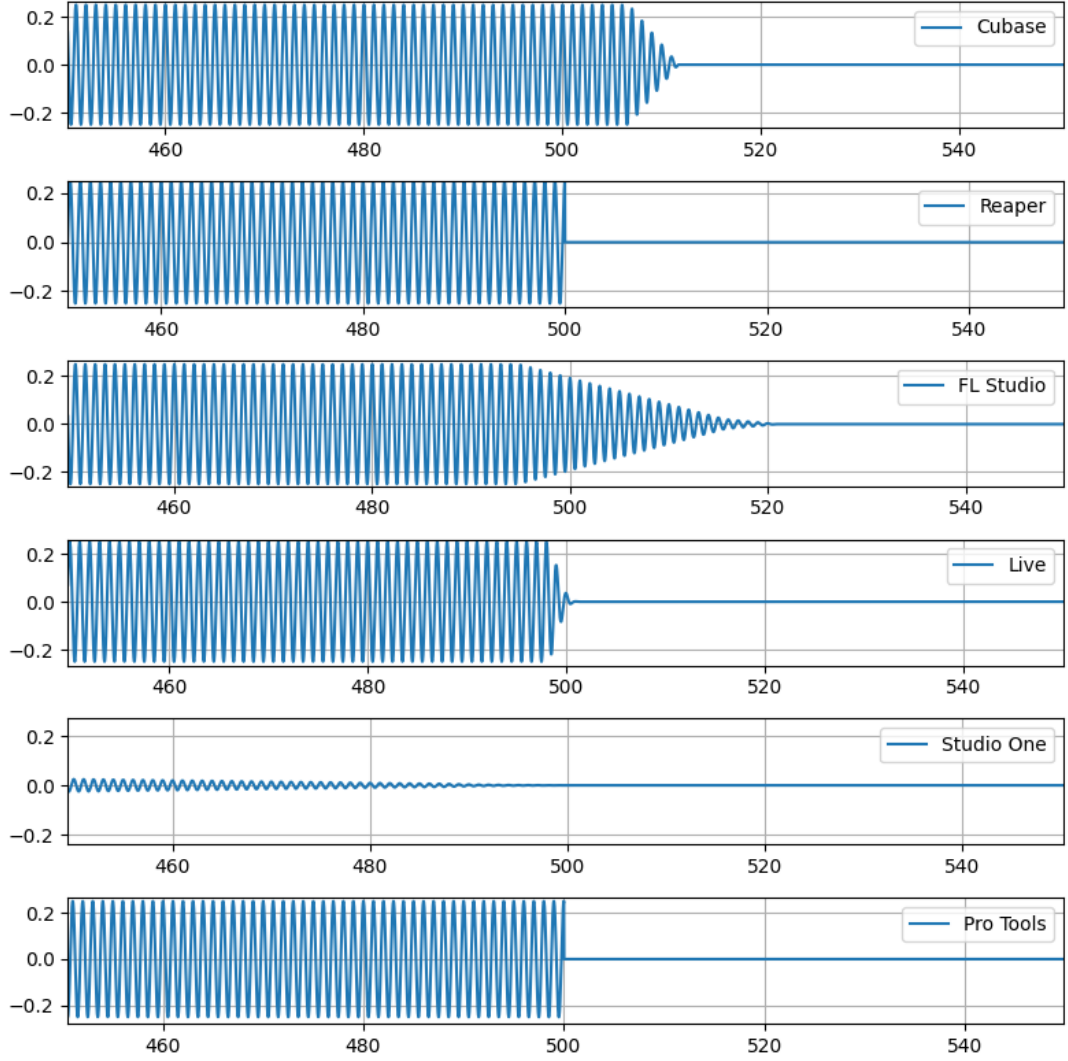
Analiz sonrasında çizilen dalga formu grafiklerinde FL Studio dışındaki tüm yazılımlarda çıktı almak için kullanılan zaman aralığının değiştirilmesinin bazı küçük farklar oluşturduğu görülmektedir.

3.11 Yazılımlarda Dikey Otomasyon Kullanılması

Dikey otomasyon, belirli bir zamanda bir parametre değerin başka bir değere çizilen dikey otomasyon çizgisi ile değiştirilmesidir. Dikey otomasyon çizildiği esnada oluşan davranış test etmek amacı ile 1 sn. uzunluğundaki stereo 1000 Hz. sinüs test dosyasında 500. ms’de 0 dB’den sessizliğe dikey fader otomasyonu çizilmiş ve alınan çıktılar analiz edilmiştir. Yazılımlarda dikey otomasyon, otomasyon çizgisi üzerinde iki nokta konularak ikinci noktanın diğerinin altına sürüklenmesi yöntemi ile yapılmıştır.

Grafik 3.11.1’de 460 - 540 ms arası kesit olarak verilen dalga formlarında görülebileceği üzere 500. ms’de tam sessizliğe düşmesi gereken sinyalde FL Studio ve Cubase yazılımlarında belirli bir süre uzama, Studio One yazılımında erken başlayan sönümler, Live yazılımda ise kısa süreli sönümler görülmektedir.

Dikey otomasyon kullanılması esnasında oluşan fark çok kısa süreli olup, genel ses niteliğini değiştirecek bir unsur olmadığı için ileride yapılacak olan müzik prodüksiyonu karşılaştırmalarında kullanılmamıştır.



Grafik 3.11.1: Yazılımlarda Dikey Fader Otomasyonu Dalga Formu Grafikleri

3.12 Çok Kanallı Proje ve Ses Birleştirme Motoru

Bu çalışmada şu ana kadar tüm karşılaştırmalar tek kanal üzerinde ve tek fark yaratma potansiyeli olan unsur incelenerek yapılmıştı. Bu ölçümler sayesinde yazılımlar arasında oluşabilecek farklar diğer tüm etkenlerden ayrıştırılarak net bir şekilde sayısal olarak tanımlanabilmişti. Müzik prodüksiyonu genel anlamda bakıldığında tek bir sinyalin değil, çok kanal üzerinde farklı birçok sinyalin bir araya getirilmesi ile yapılmaktadır.

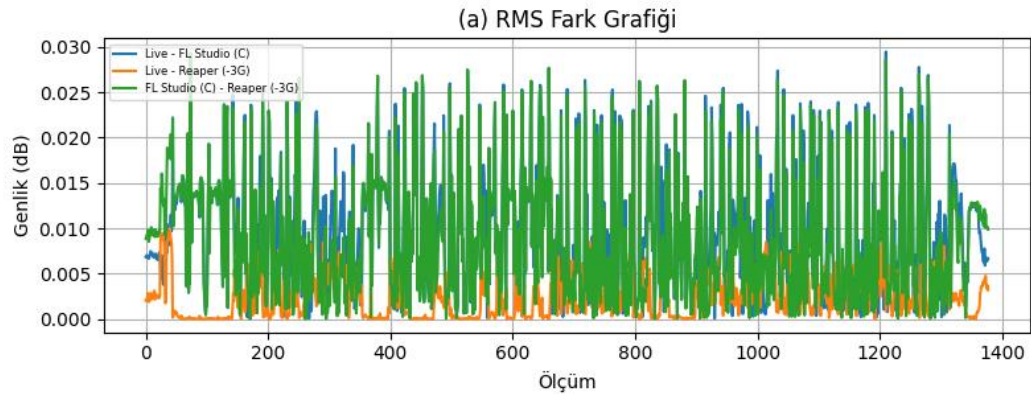
Yazılımlarda bir proje içerisinde birden fazla kanal olması durumunda ses birleştirme motoru devreye girerek analog bir mikserde olduğu gibi çok kanallı gelen sesi

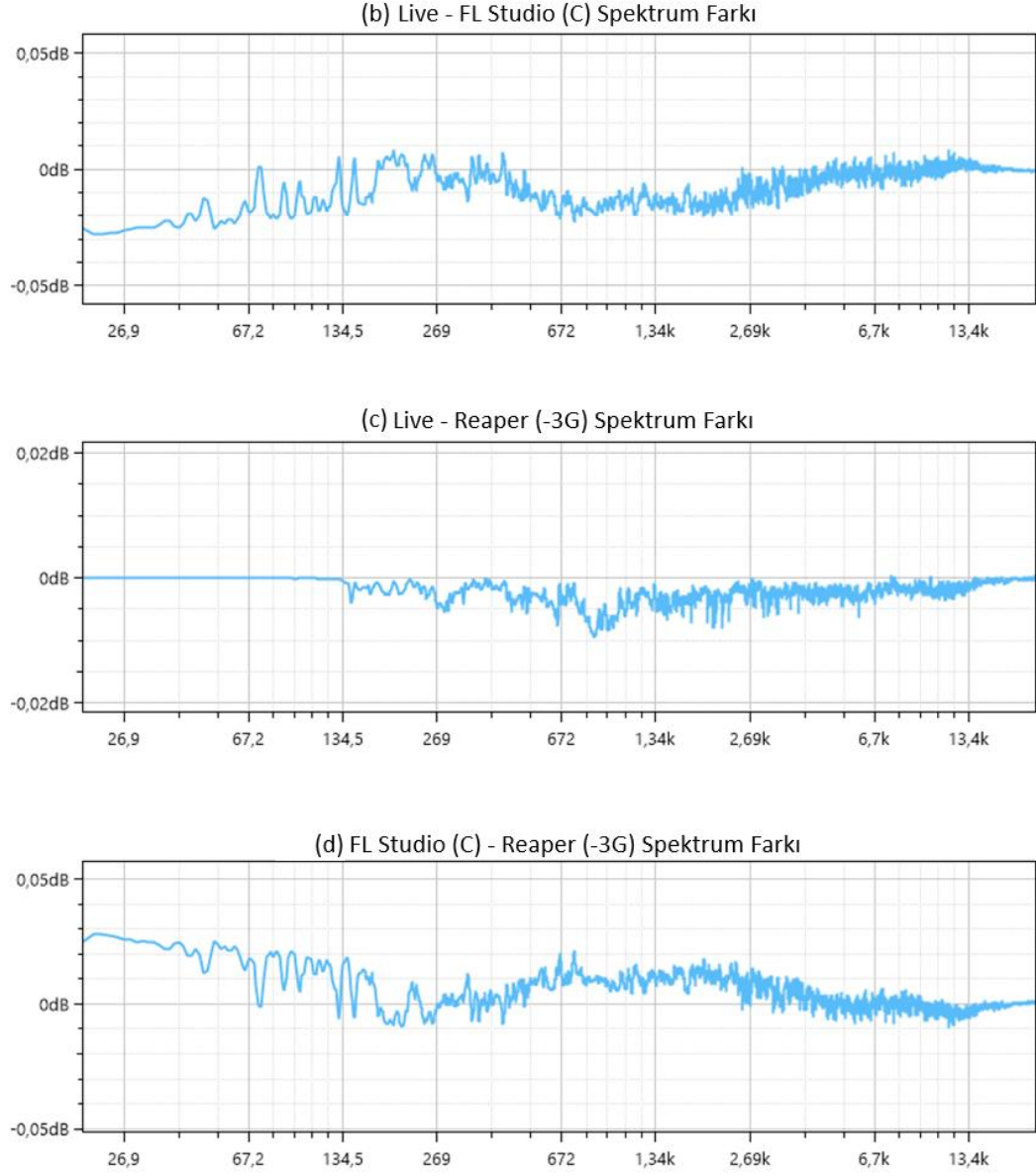
birleştirilerek master kanalda sol ve sağ ses izine yani stereo bir sese indirgemektedir. Yazılımların bu özelliğini karşılaştırabilmek için 9 stereo ve 14 mono yani toplamda 23 kanal ses kaydından oluşan 1:52 uzunluğunda bir şarkı kullanılmıştır. Ses birleştirme motoru ile ilgili oluşabilecek farkları tespit edebilmek için herhangi bir eklenti kullanılmadan, otomasyon yapılmadan, sadece merkez ve uç pan konumları kullanılarak çıktılar alınmıştır. Aşağıdaki tabloda yazılımlarda oluşturulan projelerde bire bir eşleştirilen kanal ayarları verilmiştir.

Tablo 3.12.1: Kanal Listesi ve Ayarları

No	Kanal	Tip	Fader	Pan	No	Kanal	Tip	Fader	Pan
1	Kick in	Mono	-6	C	13	Kanun	Mono	-2	L100
2	Kick out	Mono	-3	C	14	Ud	Mono	-1	R100
3	Snare top	Mono	-13	C	15	Sax	Mono	-9	C
4	Snare bot	Mono	-13	C	16	Bass	Mono	-2	C
5	Hihat	Mono	-16	C	17	Keman1	Stereo	-10	C
6	Tom1	Mono	-14	L100	18	Keman2	Stereo	-10	C
7	Tom2	Mono	-14	L100	19	Keman3	Stereo	-10	C
8	Tom3	Mono	-14	C	20	Rhodes	Stereo	-4	C
9	Tom4	Mono	-14	R100	21	Baso1	Stereo	-6	C
10	Tom5	Mono	-14	R100	22	Baso2	Stereo	-6	C
11	Overhead	Stereo	-18	C	23	Baso3	Stereo	-6	C
12	Room	Stereo	-21	C					

3.12.1 1. Grup Yazılımlarında Ses Birleştirme Motoru Karşılaştırması





Grafik 3.12.1: 1. Grup Ses Birleştirme Motoru Karşılaştırmaları

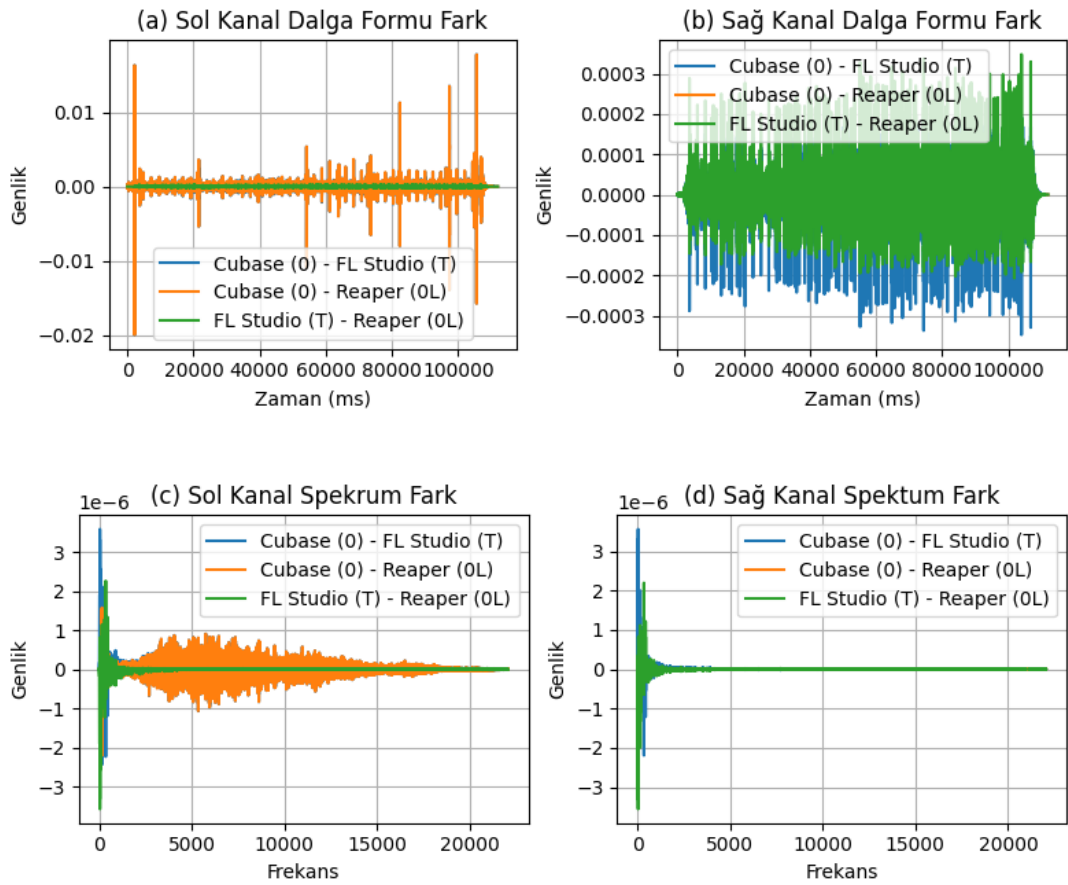
RMS fark grafiğinde 0.03 dB'in altında seyreden farklar tespit edilmiştir. Ortalama RMS fark değeri karşılaştırma sırasına göre 0.0095 dB, 0.0025 dB ve 0.0088 dB ölçülmüştür.

Tablo 3.12.2: 1. Grup RMS (dB) ve Peak (dB) Fark Analiz Tablosu

	Live - FL (C) ¹	Live – Rea (-3G)	FL (C) – Rea (-3G) ²
Peak L	0.02115124	0.002566954	-0.018584287
Peak R	0.016115982	0.002871875	-0.013244107
Max RMS	0.021369414	0.001052384	-0.02031703
Min RMS	-0.006452788	0.003717501	0.010170289
DR	0.027822207	-0.002665107	-0.030487314
Avr RMS	0.007059146	0.002601927	-0.004457219

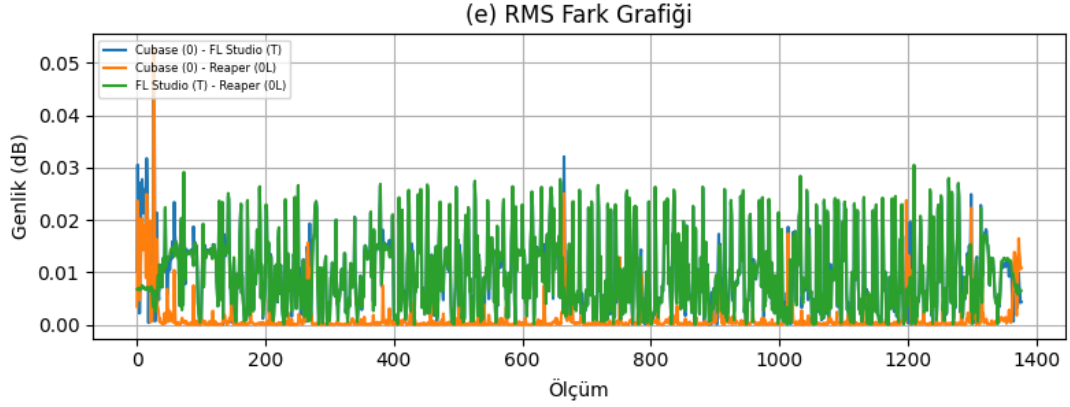
Tabloda küçük farklarla yazılım çıktılarının birbirinden ayrıştığı görülmektedir.

3.12.2 2. Grup Yazılımlarında Ses Birleştirme Motoru Karşılaştırması



¹ FL Studio (C) isimlendirmesinin kısaltması olarak kullanılmıştır.

² Reaper (-3G) isimlendirmesinin kısaltması olarak kullanılmıştır.



Grafik 3.12.2: 2. Grup Ses Birleştirme Motoru Karşılaştırması

2. Grup karşılaştırmalarında grafiklerde düşük farklar göze çarpmaktadır. Cubase (0) karşılaştırmalarında sol kanalda ve sağ kanal arasında farklı spektrumlar görülse de oluşan bu farkın çok düşük seviyede gerçekleştiği anlaşılmaktadır. RMS fark grafiğinde ortalama RMS fark değeri karşılaştırma sırasına göre 0.0099 dB, 0.0012 dB ve 0.0094 dB ölçülmüştür.

Tablo 3.12.3: 2. Grup RMS (dB) ve Peak (dB) Fark Analizi (dB)

	Cu (0) ³ - FL (T) ⁴	Cu (0) - Rea (0L)	FL (T) - Rea (0L) ⁵
Peak L	0.030990969	0.009765918	-0.021225051
Peak R	0.026638869	0	-0.026638869
Max RMS	0.022825333	0.000527118	-0.022298215
Min RMS	0.004202325	0.010624416	0.006422091
DR	0.018623008	-0.010097298	-0.028720306
Avr RMS	0.006825186	7.8735E-05	-0.006746451

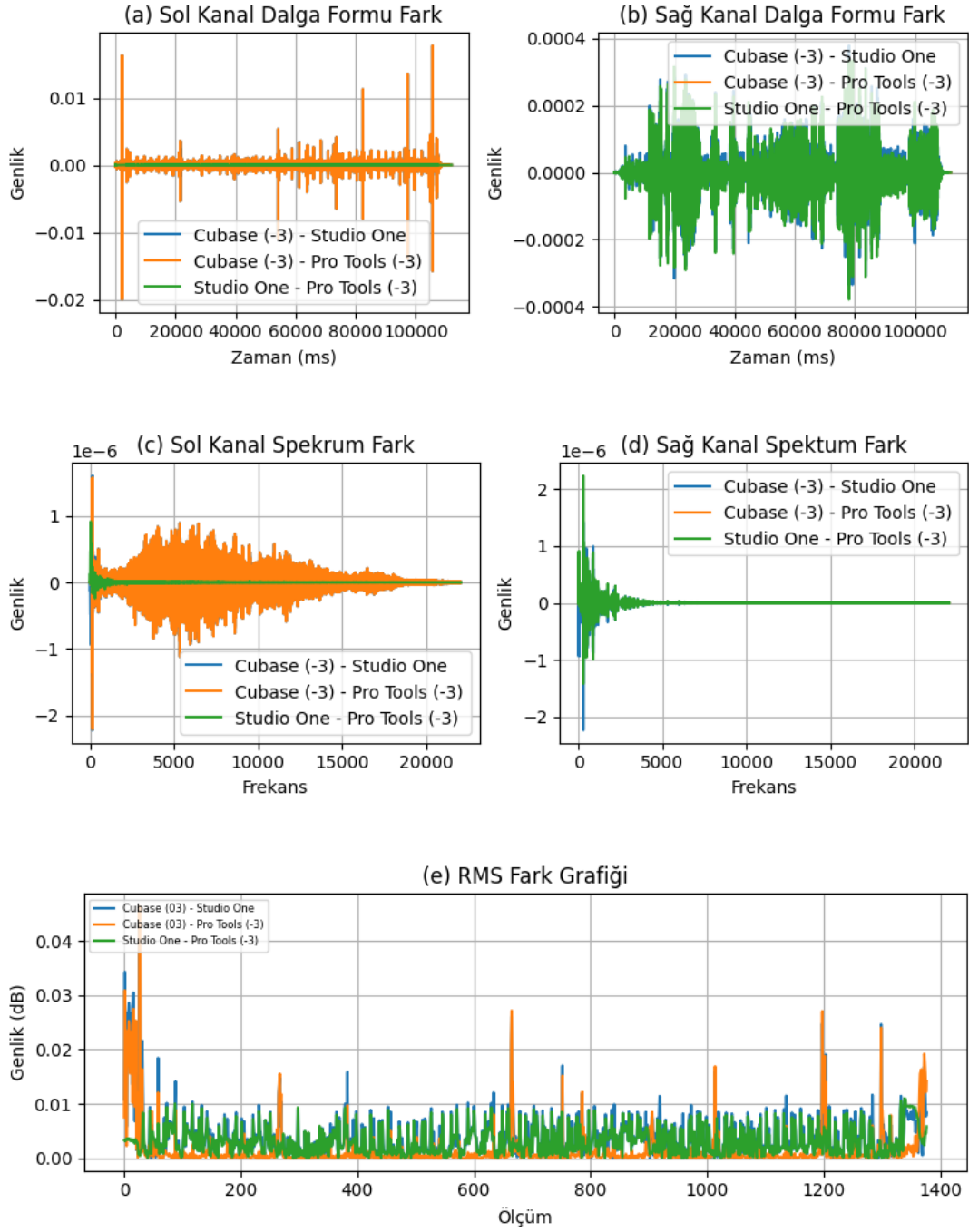
2. Grup RMS ve peak fark tablosunda düşük farklar oluştuğu görülmektedir.

³ Cubase (0) isimlendirmesinin kısaltması olarak kullanılmıştır.

⁴ FL Studio (T) isimlendirmesinin kısaltması olarak kullanılmıştır.

⁵ Reaper (0L) isimlendirmesinin kısaltması olarak kullanılmıştır.

3.12.3 3. Grup Yazılımlarında Ses Birleştirme Motoru Karşılaştırması



Grafik 3.12.3: 3. Grup Ses Birleştirme Motoru Karşılaştırması

3. Grup Cubase karşılaştırmalarında yine sol kanal ve sağ kanal arasında çok düşük seviyelerde de olsa diğer yazılımlara nazaran spektrum farkı olduğu görülmektedir. RMS fark grafiğinde ortalama RMS fark değeri karşılaştırma sırasına göre 0.0038 dB, 0.0013 dB ve 0.0030 dB ölçülmüştür.

Tablo 3.12.4: 3. Grup RMS (dB) ve Peak (dB) Fark Analizi (dB)

	Cu (-3)⁶ - S1⁷	Cu (-3) - PT (-3)⁸	S1 - PT (-3)
Peak L	0.007074612	0.012084234	0.005009622
Peak R	-0.005971364	-0.000166996	0.005804368
Max RMS	-0.000477007	-0.000250363	0.000226644
Min RMS	0.007666582	0.012148912	0.00448233
DR	-0.00814358	-0.012399281	-0.004255701
Avr RMS	-0.0025101	4.6201E-05	0.002556301

3. Grup fark analiz tablolarında da düşük farklar göze çarpmaktadır.

Cubase karşılaştırmalarında fark edilen sol ve sağ kanal spektrum dengesizliği tekrar incelenerek ses birleştirme motoru projesinde sadece tam sola panlanan ve sadece tam sağa panlanan kanallarla ayrı ayrı tekrar çıktı alınmıştır.

Grafik 3.12.2 ve Grafik 3.12.3 analizlerine göre Cubase’de ses birleştirme motoru devreye girdiğinde sol kanalda düşük seviyelerde de olsa diğer karşılaştırılan yazılımlara nazaran seviye ve spektrum farkı olduğu görülmektedir. Bu durum yazılım hatası olasılığı veya yazılımın algoritmasına bağlı bir davranış olarak değerlendirilmiştir.

3.13 Yazılımlarda Çıktı Formatlarının Karşılaştırılması

Bu çalışmada şu ana kadar alınan çıktılar 24 bit çözünürlükte alınmıştı ve Tablo 3.2.17’de 24 bit stereo tek kanal çıktıların özdeş olduğu görülmüştü. Kullanılan çıktı formatı 16 bit ve mp3 (320 kbps) olarak değiştirildiğinde oluşabilecek farkların karşılaştırılması amacıyla yazılımlardan yeni çıktılar alınmıştır. Test için 24 bit stereo 1000 khz sinus test sinyali kullanılmıştır.

⁶ Cubase (-3) isimlendirmesinin kısaltması olarak kullanılmıştır.

⁷ Studio One isimlendirmesinin kısaltması olarak kullanılmıştır.

⁸ Pro Tools (-3) isimlendirmesinin kısaltması olarak kullanılmıştır.

Pro Tools yazılımı dithering işlemi için yazılımla birlikte gelen POW-r Dither isimli eklenti kullanılmaktadır ve bu eklentide 3 ayrı gürültü azaltma (noise reduction) seçeneği bulunmaktadır. Live yazılımında dither seçenekleri arasında rectangle, triangle ve 3 adet POW-r algoritması bulunmaktadır. Cubase yazılımı dithering için yazılımla birlikte gelen UV22HR eklentisini kullanmakta ve bu eklentide 4 ayrı dither seçeneği bulunmaktadır. Reaper yazılımında dithering için çıktı alma menüsünde 2 ayrı opsiyon bulunmaktadır. FL Studio ve Studio One yazılımlarında dithering yazılım tarafından yapılmakta ve herhangi bir opsiyon bulunmamaktadır. Yazılımlarda kullanılan tüm dither algoritmaları, Live POW-r 1 ile karşılaştırılarak oluşan spektrum farkları grafiğe aktarılmıştır.

Tablo 3.13.1: Live Dithering Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)

	POW-r 1	POW-r 2	POW-r 3	Rectangle	Triangle
Peak L	-12.03166246	-12.0306034	-12.0231936	-12.03272	-12.03272
Peak R	-12.02954447	-12.0306034	-12.02531	-12.03166	-12.03166
Max RMS	-15.04651389	-15.0465077	-15.0465068	-15.04647	-15.04647
Min RMS	-15.05751228	-15.0574969	-15.0574953	-15.05751	-15.05751
DR	0.01099839	0.010989222	0.010988423	0.0110357	0.0110357
Avr RMS	-15.05217892	-15.0521757	-15.0521732	-15.05217	-15.05217

Tablo 3.13.2: Cubase Dithering Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)

	Hi	Hi Auto Black	Lo	Lo Auto Black
Peak L	-12.02848567	-12.0306034	-12.03166246	-12.03272165
Peak R	-12.02954447	-12.02954447	-12.03166246	-12.03166246
Max RMS	-15.04650478	-15.04651021	-15.04650854	-15.04651323
Min RMS	-15.05750061	-15.0575036	-15.05748983	-15.05750782
DR	0.010995834	0.010993383	0.010981288	0.010994595
Avr RMS	-15.05217673	-15.05217341	-15.05217586	-15.05217413

Tablo 3.13.3: FL Studio, Studio One ve Reaper Dithering Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)

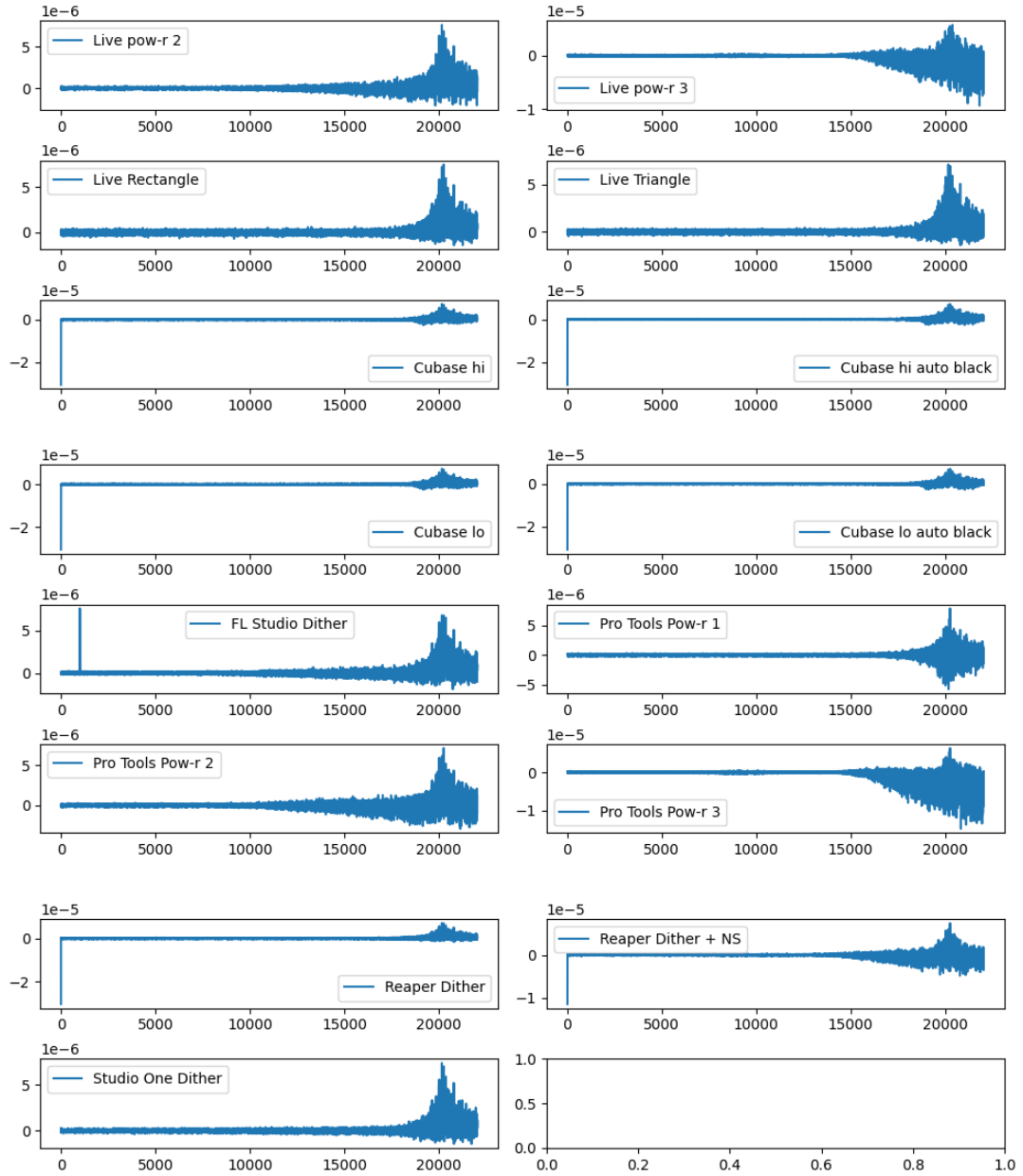
	FL Studio	Studio One	Reaper Dit.	Reaper D. + NS
Peak L	-12.0327217	-12.031662	-12.0316625	-12.02954447
Peak R	-12.0327217	-12.031662	-12.0316625	-12.02848567
Max RMS	-15.046773	-15.046504	-15.0465119	-15.04650753
Min RMS	-15.0577626	-15.057487	-15.0574718	-15.05748903
DR	0.010989588	0.01098325	0.010959919	0.010981494
Avr RMS	-15.0524407	-15.052175	-15.0521716	-15.05217355

Tablo 3.13.4: Pro Tools Dithering Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)

	POW-r 1	POW-r 2	POW-r 3
Peak L	-12.02848567	-12.0306034	-12.01684734
Peak R	-12.0306034	-12.0306034	-12.01579009
Max RMS	-15.04650051	-15.04651308	-15.04649232
Min RMS	-15.05751449	-15.05750376	-15.05747816
DR	0.011013982	0.010990675	0.010985838
Avr RMS	-15.05217458	-15.05217623	-15.05216791

Çıktılardan elde edilen Peak (dB) ve RMS (dB) incelendiğinde tüm çıktıların çok küçük sayısal farklarla birbirinden ayrıldığı görülecektir.

Dithering işlemi neticesinde oluşan spektrum değişimini görmek amacı ile Live POW-r 1 çıktısının tüm diğer yazılım çıktıları ile oluşan spektrum farkı grafiğe aktarılmıştır. Çizilen spektrum fark grafikleri arasında benzerlikler aranmıştır.

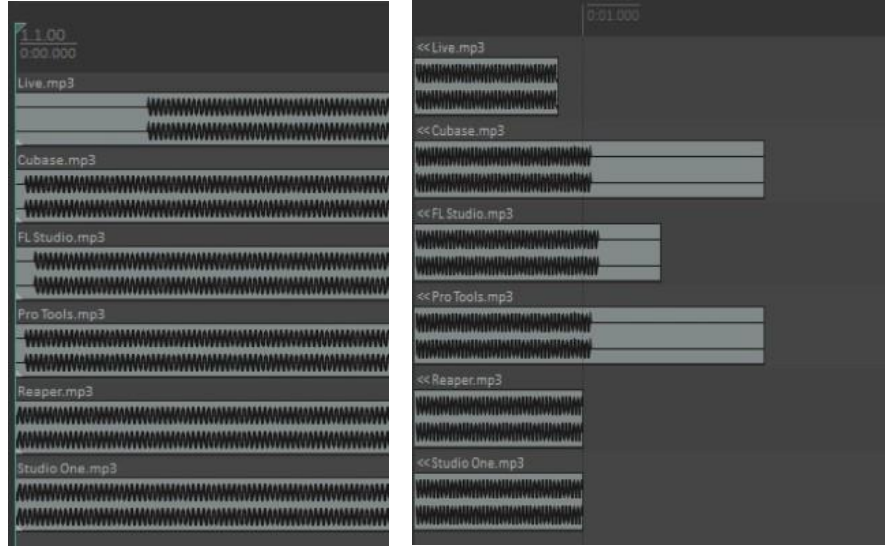


Grafik 3.13.1: Yazılımların Dither Algoritmalarının Live POW-r 1 ile Spektrum Fark Karşılaştırması

Yapılan karşılaştırmalarda özellikle tiz frekanslarda çok düşük seviyelerde farklar görülmektedir. Fark grafiklerinde görülen benzerliklerden faydalanarak Cubase dither seçenekleri ve Reaper dither'in yine Live triangle ve Studio One dither'in birbirine yakın olduğu söylenebilmektedir.

16 bit çıktıların karşılaştırmasından sonra yazılımlardan mp3 (320 kbps) formatında çıktılar alınarak analiz edilmiştir. Analizlerde ilk göze çarpan Reaper ve Studio One

dışındaki yazılımlarda çıktıların başlangıç ve bitiş nokta ve sürelerinde tespit edilen farklılık olmuştur (Resim 3.13.1)



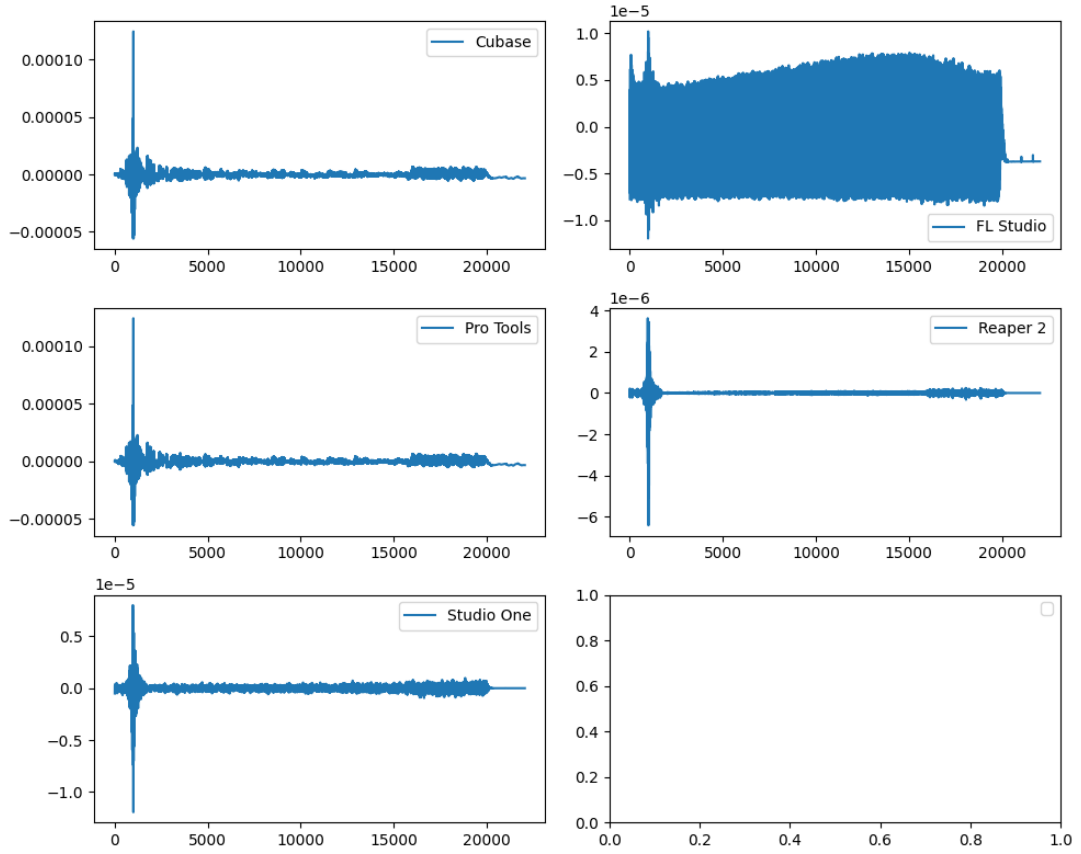
Resim 3.13.1: Mp3 Çıktılarında Tespit Edilen Başlangıç ve Bitiş Farklılıkları

Tespit edilen bu fark çıktılarda hizalandıktan sonra tekrar analiz edilerek ses niteliği farkları araştırılmıştır.

Tablo 3.13.5: Yazılımların MP3 Çıktılarında Peak (dB) ve RMS (dB)

	Live	Cubase	FL Studio	Pro Tools	Reaper	Studio One
Peak L	-11.711057	-11.947925	-11.720652	-11.938199	-11.711057	-11.709825
Peak R	-11.711057	-11.947925	-11.721071	-11.938199	-11.711057	-11.709734
Max RMS	-15.046871	-15.051713	-15.046598	-15.05171	-15.047378	-15.046764
Min RMS	-15.057698	-15.067326	-15.057866	-15.067338	-15.057484	-15.057447
DR	0.01082689	0.01561353	0.01126817	0.01562778	0.01010593	0.0106833
Avr RMS	-15.052958	-15.059183	-15.05222	-15.059181	-15.052731	-15.052379

Tablo 3.13.5'te küçük sayısal farklarla mp3 çıktılarının birbirinden ayrıldığı görülmektedir.



Grafik 3.13.2: Yazılımların Mp3 Çıktılarının Live Mp3 Çıktısı ile Spektrum Fark Karşılaştırması

Grafik 3.13.2’de düşük seviyelerde de olsa FL Studio mp3 çıktısı ile oluşan spektrum farkının, diğer farklardan ayrıldığı görülmektedir.

3.14 Müzik Prodüksiyonu Çıktılarının Karşılaştırılması

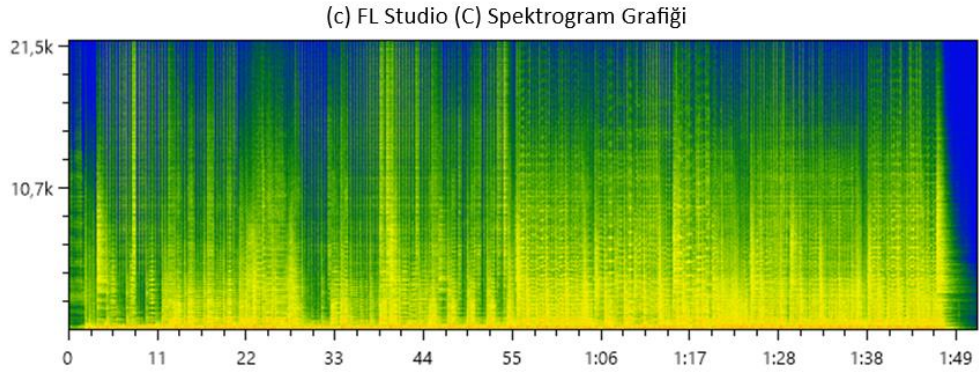
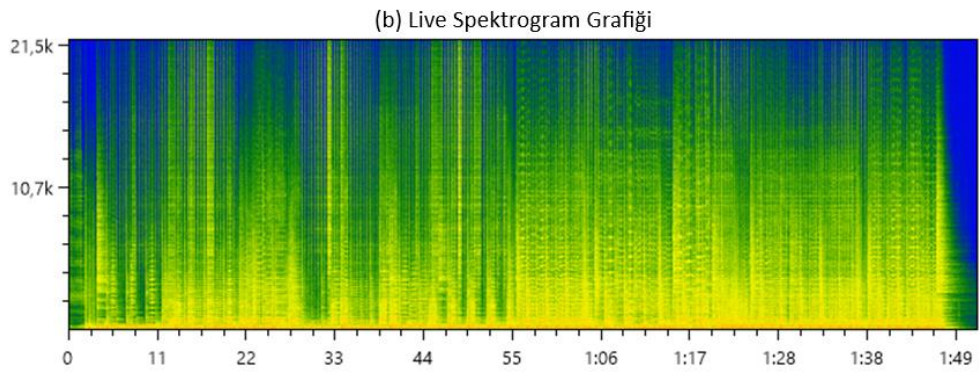
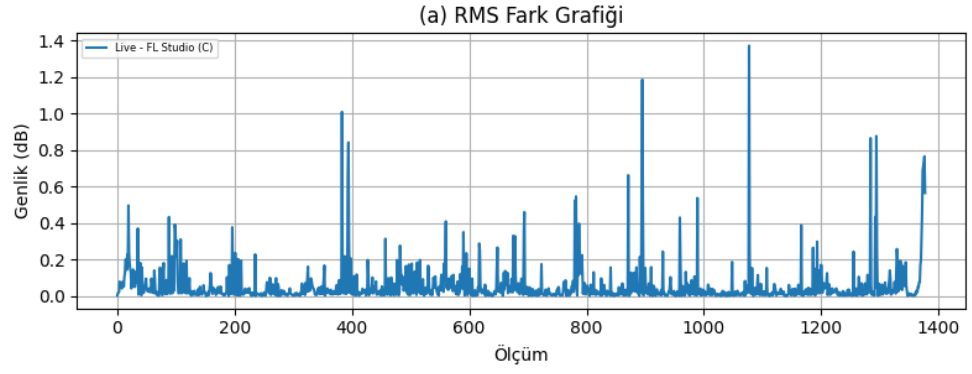
Bu bölümde yazılımlar arasında ses niteliği farkı veya üstünlüğü tartışmalarının çıkış kaynağı olan müzik prodüksiyonu çıktıları incelenmiştir. 9 stereo ve 14 mono yani toplamda 23 kanal ses kaydından oluşan 1:52 uzunluğunda bir şarkı projesinden aşağıdaki tabloda belirtilen şekilde fader ve pan ayarları, eklentiler ve parça boyunca çizilen otomasyon bilgileri kullanılarak alınan çıktılar analiz edilmiştir.

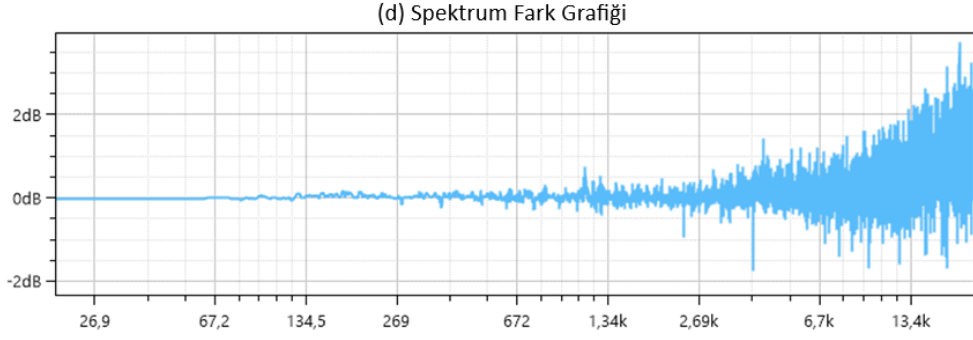
Tablo 3.14.1: Müzik Prodüksiyonu Projelerinde Kullanılan Kanal Ayarları

No	Kanal	Tip	Fader	Pan	Eklenti	Yapılan Otomasyon
1	Kick in	Mono	-6	L12	Api 2500	Pan

2	Kick out	Mono	-3	R20	Audio Track	Pan
3	Snare top	Mono	-13	L24	Gtr Stomp6	
4	Snare bot	Mono	-13	R30	H- Reverb	
5	Hihat	Mono	-16	R16	L2	Fader
6	Tom1	Mono	-14	L100	Neutron	Pan
7	Tom2	Mono	-14	L90	Q10	
8	Tom3	Mono	-14	C	Hyper Eq	
9	Tom4	Mono	-14	R90	Neutron	
10	Tom5	Mono	-14	R100	Api 2500	Pan
11	Overhead	Stereo	-18	C	S1	Assimetry parametresi
12	Room	Stereo	-21	C	S1	Assimetry parametresi
13	Kanun	Mono	-2	L50	Api 2500	
14	Ud	Mono	-1	L50	Audio Track	
15	Sax	Mono	-9	C	Gtr Stomp6	
16	Bass	Mono	-2	C	H- Reverb	
17	Keman1	Stereo	-10	C	L2	Threshold parametresi
18	Keman2	Stereo	-10	C	Manny Delay	Dry/Wet parametresi
19	Keman3	Stereo	-10	C	Q10	Freq1 parametresi
20	Rhodes	Stereo	-4	C	Hyper Eq	
21	Baso1	Stereo	-6	C	Neutron	
22	Baso2	Stereo	-6	C	S1	
23	Baso3	Stereo	-6	C	S1	

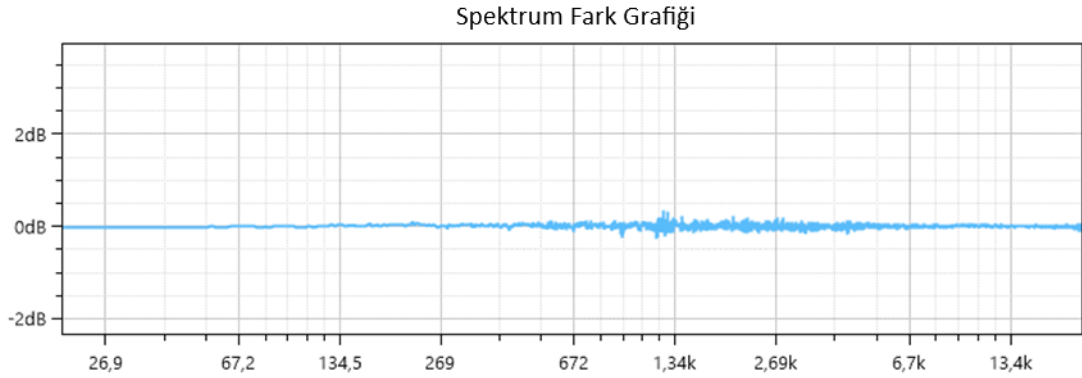
3.14.1 Live – FL Studio (C) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması





Grafik 3.14.1: Live – FL Studio (C) Karşılaştırması

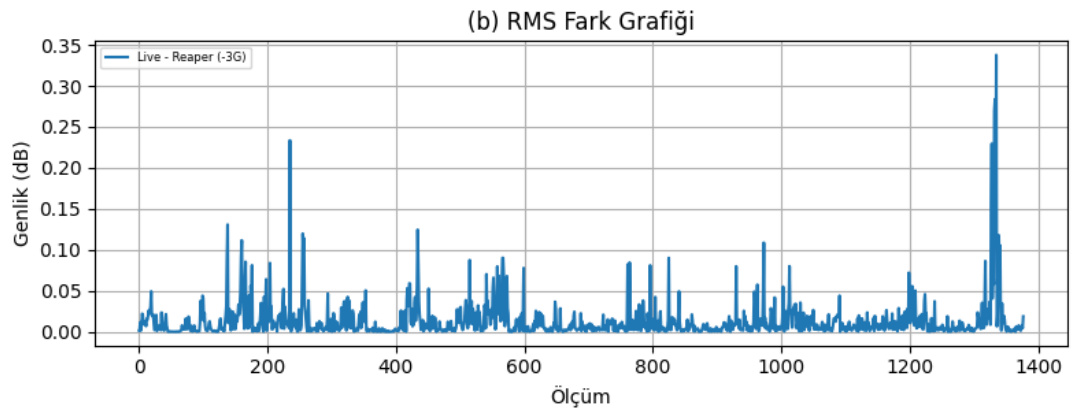
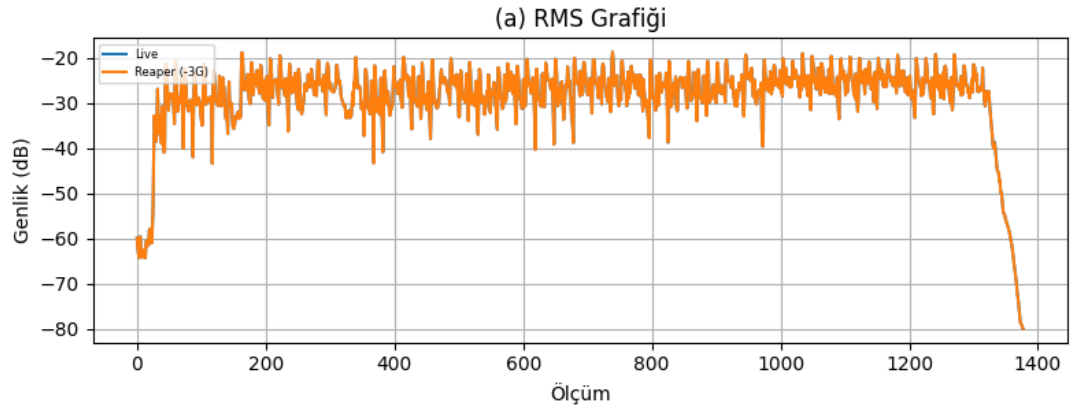
Live – FL Studio (C) RMS fark grafiğinde ortalama RMS fark değeri 0.0529 dB olup ani ve kısa süreli fark sıçramaları görülmektedir. Spektrogram grafiklerinde bazı bölgelerde farklar göze çarpmaktadır. Spektrum fark grafiğinde ise -80 dB'in altında olduğu tespit edilen frekans seviyeleri arasında farklar olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin 5. Kanalda bulunan hihat kaydında yapılan fader otomasyonu olduğu saptanmıştır. Daha önce Grafik 3.3.1' de tespit edilen fader otomasyonu seviye farkından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Hihat kanalındaki fader otomasyonu iptal edilerek alınan çıktılar arasındaki spektrum fark grafiği aşağıda verilmiştir.

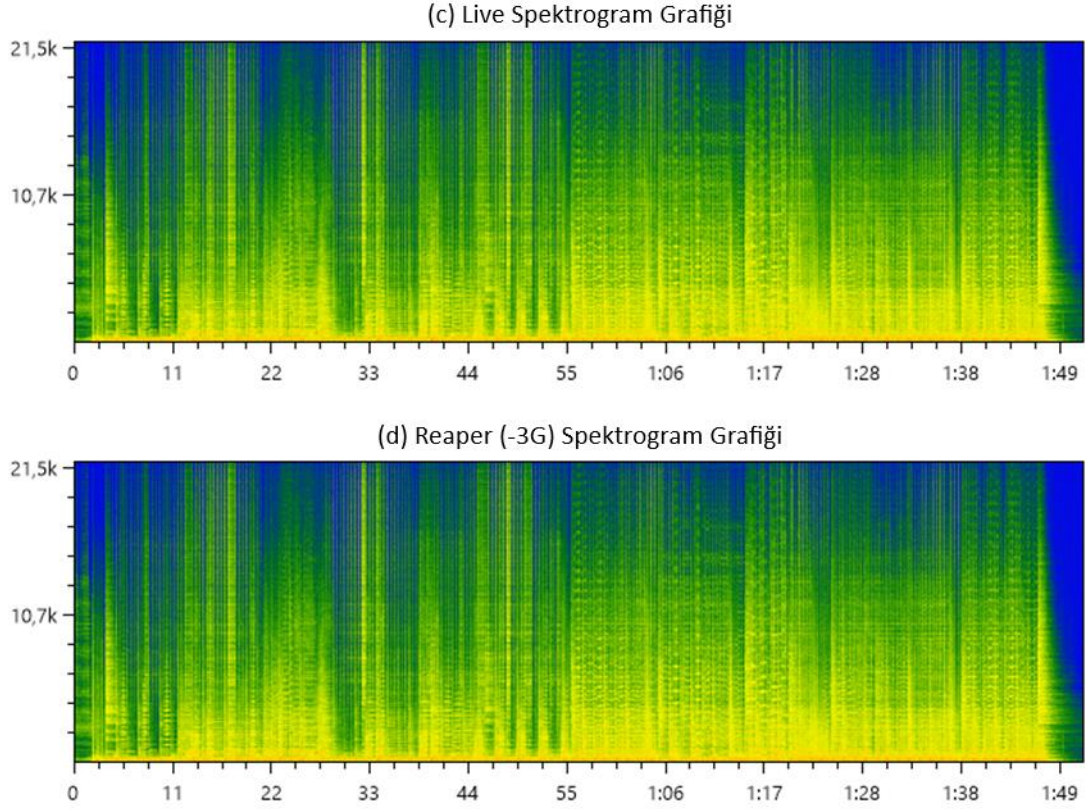


Grafik 3.14.2: 2. Çıktılar Arasında Spektrum Fark Grafiği

Grafik 3.14.2' de görülebileceği üzere 5. Kanalda fader otomasyonu nedeniyle oluşan fark ciddi ölçüde azalmıştır. 2. Kez alınan çıktılarda ortalama RMS fark değeri 0.0529 dB'den 0.0187 dB düşmüş ve maksimum ani RMS fark sıçraması 1.38 dB'den 0.32 dB' inmiştir.

3.14.2 Live – Reaper (-3G) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması



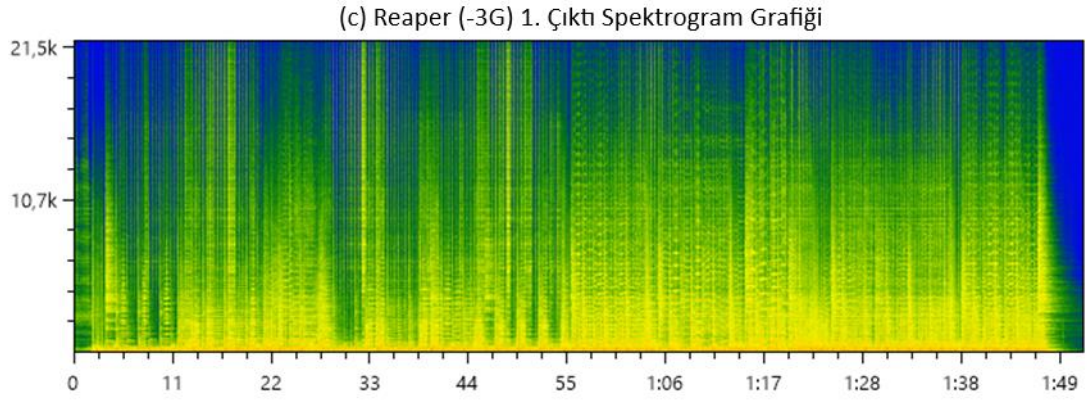
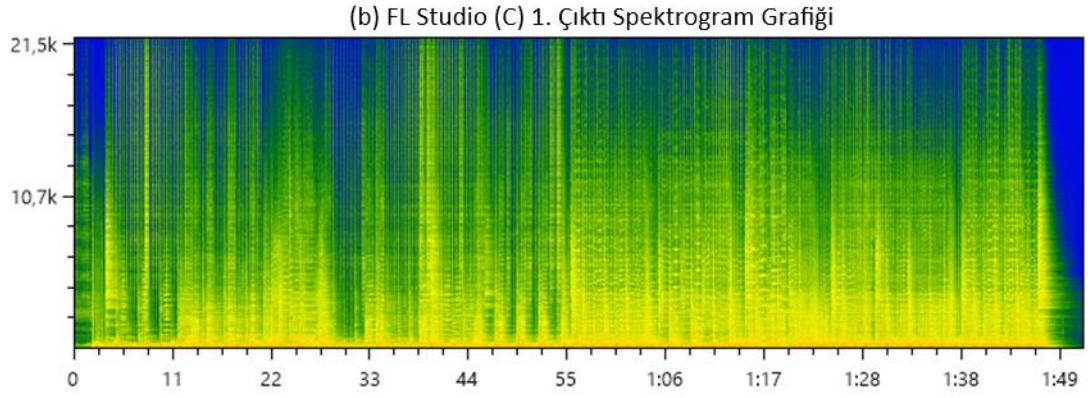
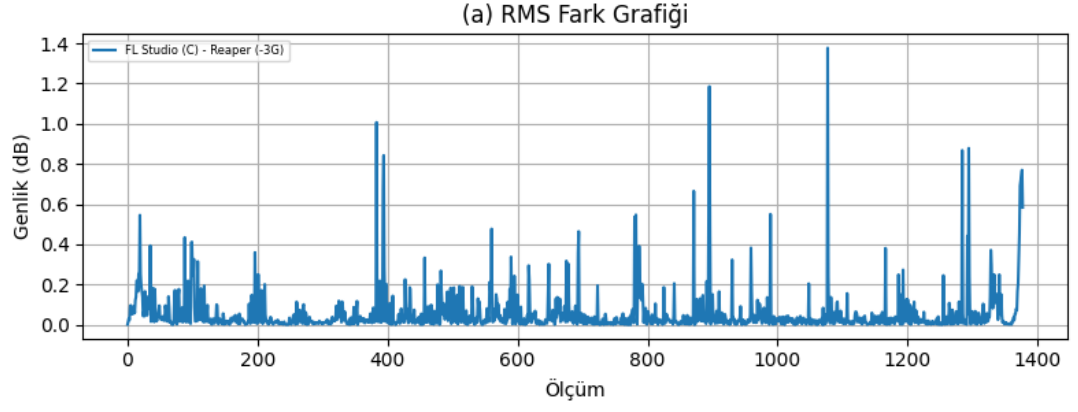


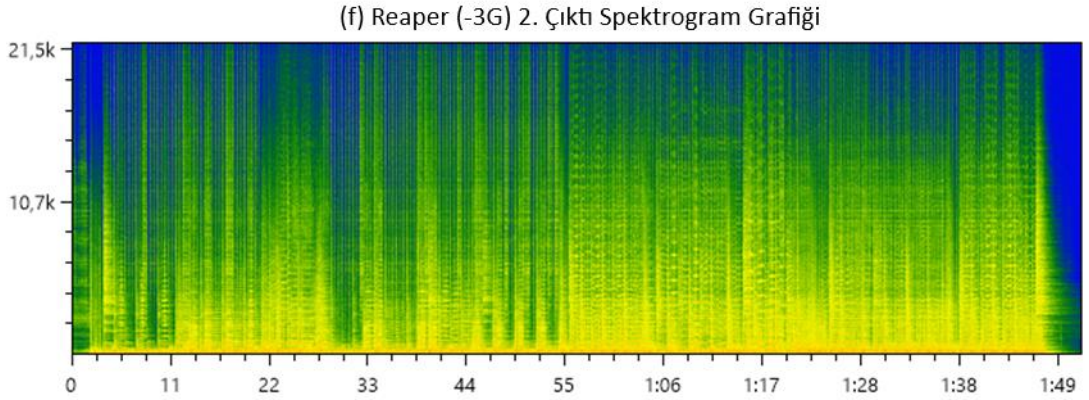
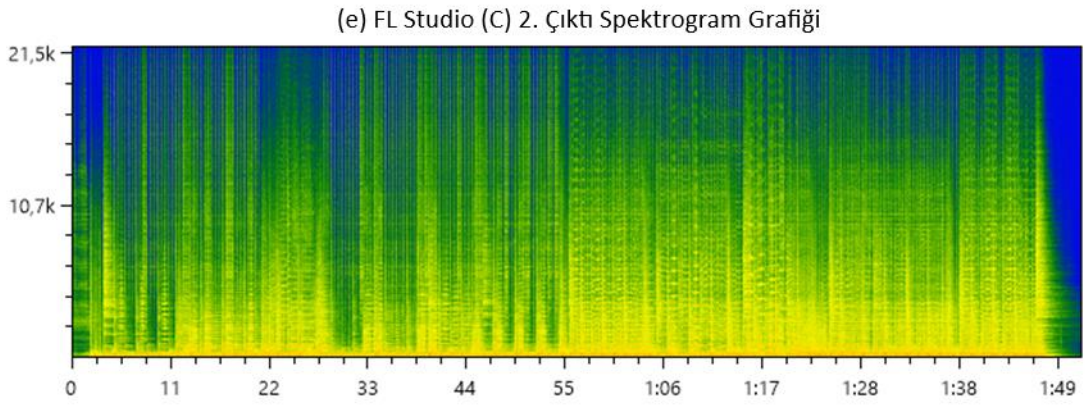
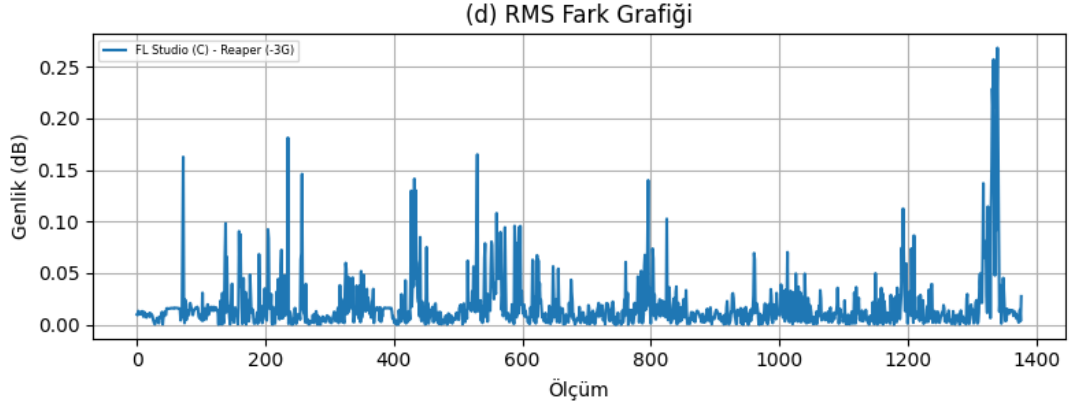
Grafik 3.14.3: Live – Reaper (-3G) Karşılaştırması

Live – Reaper (-3G) RMS fark grafiğinde ortalama RMS fark değeri 0.01304 dB olup parça sonuna doğru RMS seviyelerinin -60 dB civarına indiği sırada 0.34 dB'e kısa süreli fark sıçraması olduğu görülmektedir. Spektrogram grafiklerinde uyum gözlenmektedir.

3.14.3 FLStudio (C)- Reaper (-3G) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması

FL Studio (C) – Reaper (-3G) karşılaştırmasında ilk alınan çıktı ve 5. Kanaldaki fader otomasyonunun kapatıldığı ikinci çıktı incelenerek analizler aşağıda verilmiştir.



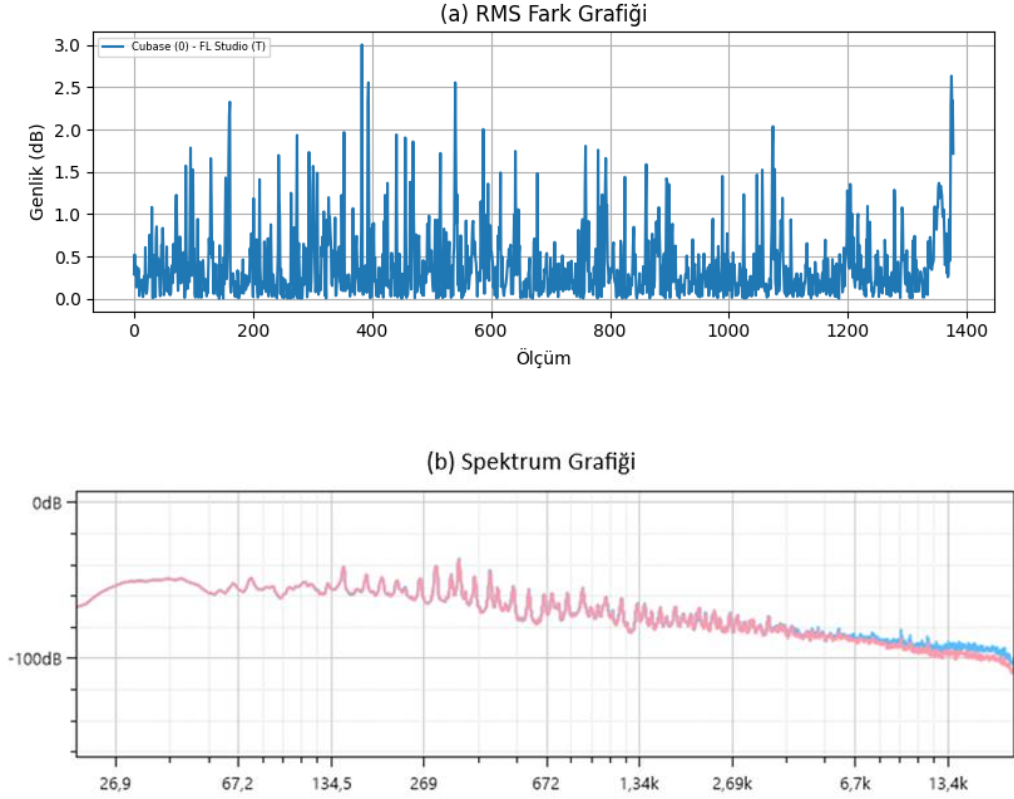


Grafik 3.14.4: FL Studio (C) – Reaper (-3G) Karşılaştırması

FL Studio (C) – Reaper (-3G) 1. çıktı RMS fark grafiğinde ortalama RMS fark değeri 0.0536 dB olup ara ara kısa süreli RMS farkları görülmektedir. Daha önce Grafik 3.3.1’ de tespit edilen FL Studio ve Reaper arasında oluşan fader otomasyonu seviye farkı ortadan kaldırılarak alınan 2. çıktıda (d) grafiğinde ara ara oluşan RMS fark sıçramalarının ciddi anlamda düştüğü, ortalama RMS fark değerinin 0.0536 dB’den

0.0177 dB'e indiği tespit edilmiştir. 1. çıktılarına ait (b) ve (c) spektrogram grafikleri arasında görülebilen farkın 2. çıktıda (e) ve (f) grafiklerinde ortadan kalkmıştır.

3.14.4 Cubase (0) – FL Studio (T) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması

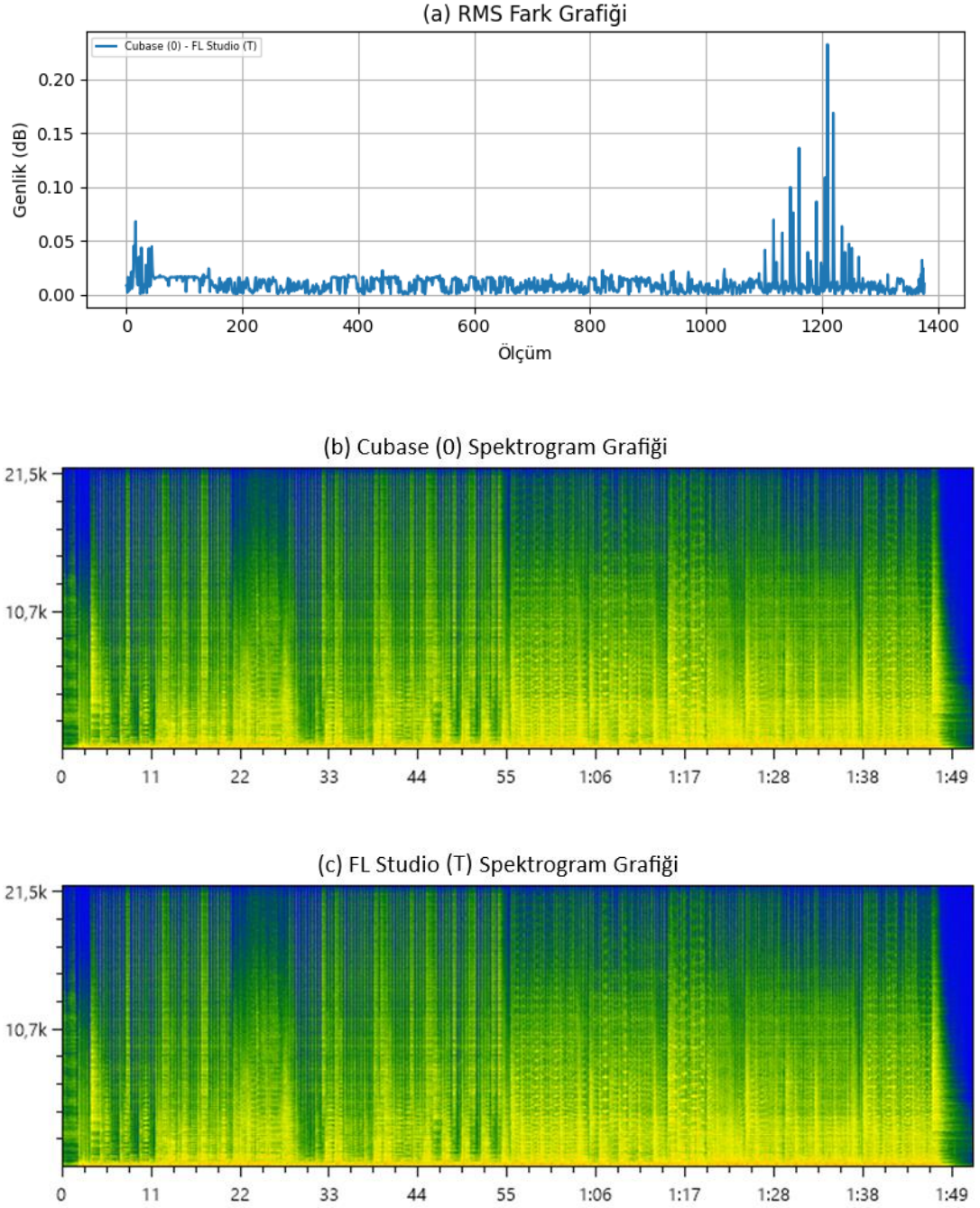


Grafik 3.14.5: Cubase (0) – FL Studio (T) Karşılaştırması

Cubase (0) – FL Studio (T) RMS fark grafiğinde ortalama RMS fark değeri 0,3508 dB ölçülmüş olup yoğun bir biçimde yüksek RMS farkı değerlerine sıçramalar görülmektedir. Bu durum spektrum grafiğine tiz frekans bölgesinde fark olarak yansımaktadır.

Daha önce ses birleştirme motoru testlerine Cubase yazılımı karşılaştırmalarında yüksek farklar tespit edilmemesine rağmen otomasyon ve eklentiler kullanılarak yapılan müzik prodüksiyonu karşılaştırmalarında yüksek farklar çıkması, bazı eklentiler veya otomasyon ile ilgili problemlerin varlığını işaret etmektedir. Grafik 3.6.6– Grafik 3.6.8 ve Grafik 3.6.13’de tespit edilen L2, Neutron ve Manny Delay eklentilerinde oluşan zamanlama problemi çok kanallı projelerde kendini hissettirmekte ve ses farkı oluşmasına sebep olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Grafik 3.3.2’de tespit edilen fader otomasyonu 5. Kanaldaki büyük farkı yaratmada etkili

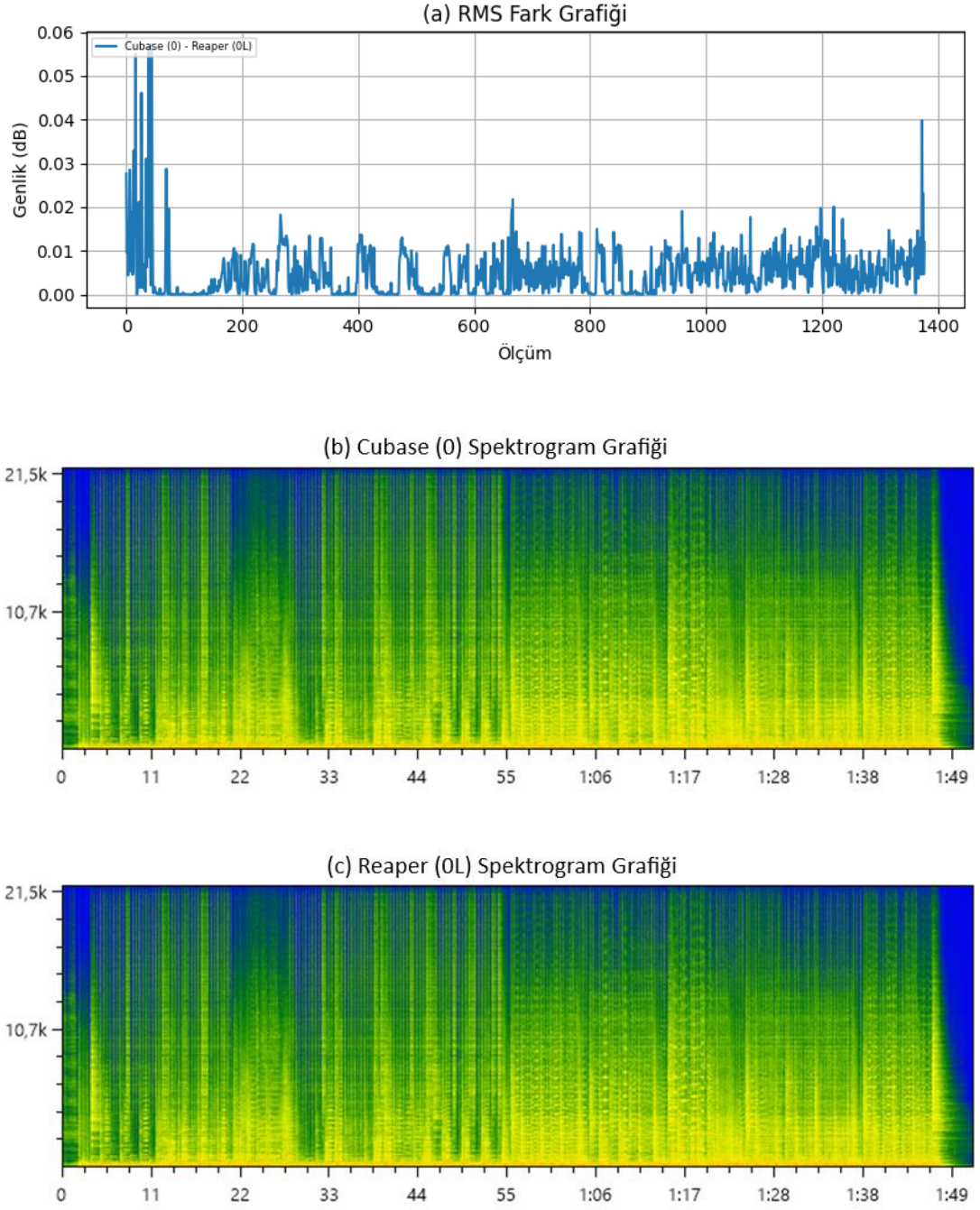
olduğu düşünülmektedir. Bu durumun oluştuğu kanallarda bulunan eklentiler kaldırılıp, yerlerine Q10 eklentisi yerleştirilerek yeni çıktıların alınmış ve analiz edilmiştir.



Grafik 3.14.6: Cubase (0) – FL Studio (T) 2. Çıktıların Karşılaştırması

Uyumsuzluk yaşanan eklentiler çıkartılarak alınan yeni çıktılarda (a) grafiğinde RMS farklarının ciddi anlamda azaldığı, ortalama RMS fark değerinin 0,3508 dB’ den

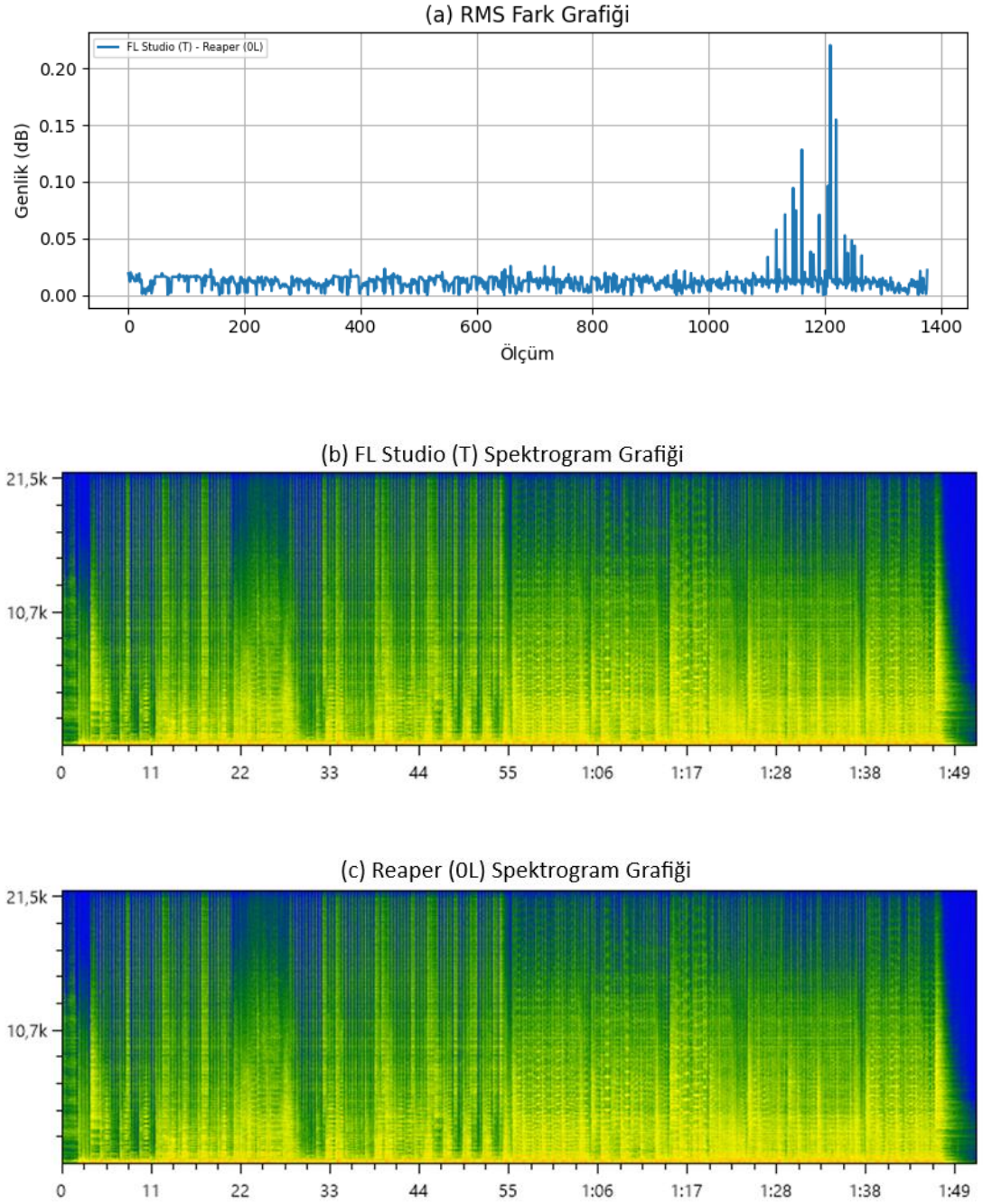
0.0100 dB'e indiği tespit edilmiştir. Spektrogram grafiklerinde herhangi bir fark göze çarpmamaktadır. Bahsedilen uyumsuzluk, gruptaki diğer karşılaştırmalarda da yaşanacağı için yeni alınan çıktılarla devam edilmiştir.



Grafik 3.14.7: Cubase (0) – Reaper (0L) Karşılaştırması

Cubase (0) – Reaper (0) karşılaştırmasında RMS farklarının çok düşük olduğu görülmektedir. Spektrogram grafikleri uyum içerisindedir. Ölçülen ortalama RMS fark değeri 0.0049 dB’dir.

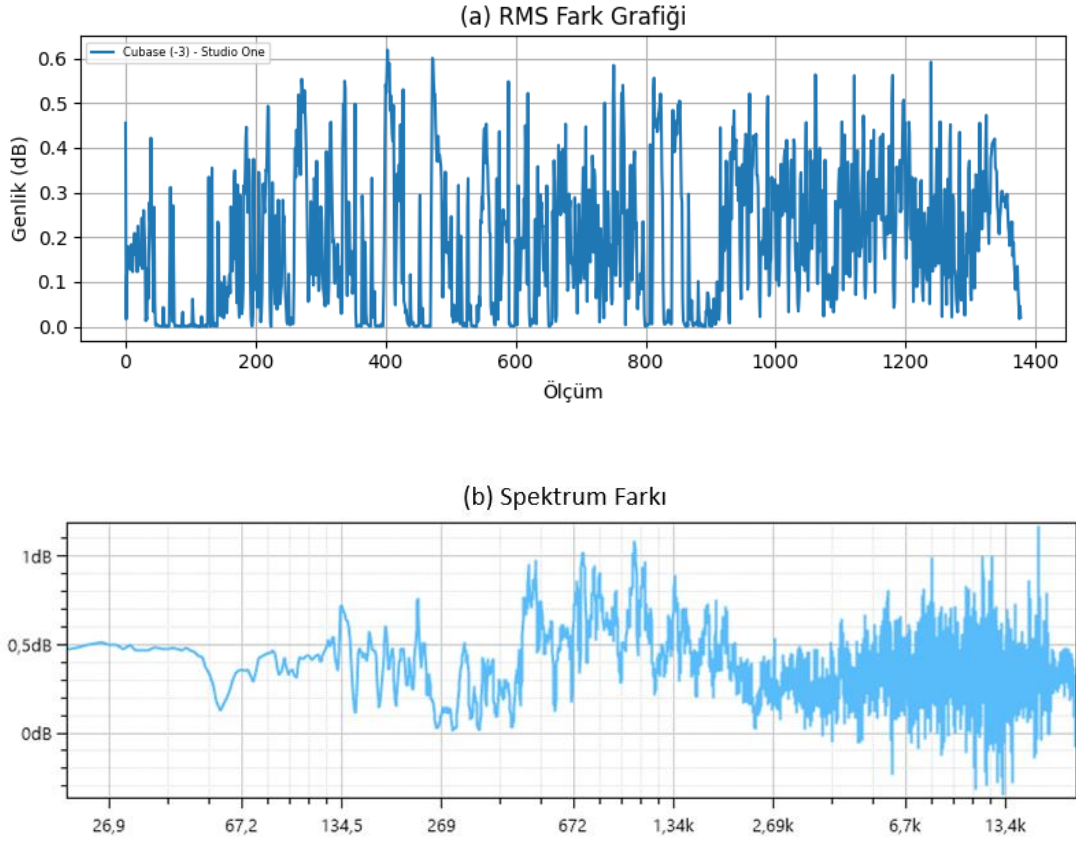
3.14.5 FL Studio (T) – Reaper (0L) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması



Grafik 3.14.8: FL Studio (T) – Reaper (0L) Karşılaştırması

RMS fark grafiğinde ortalama RMS fark 0.0120 dB ölçülmüş olup çok küçük değerlerde RMS farkları görülmektedir. Spektrogram grafiklerinin de benzer olduğu anlaşılmaktadır.

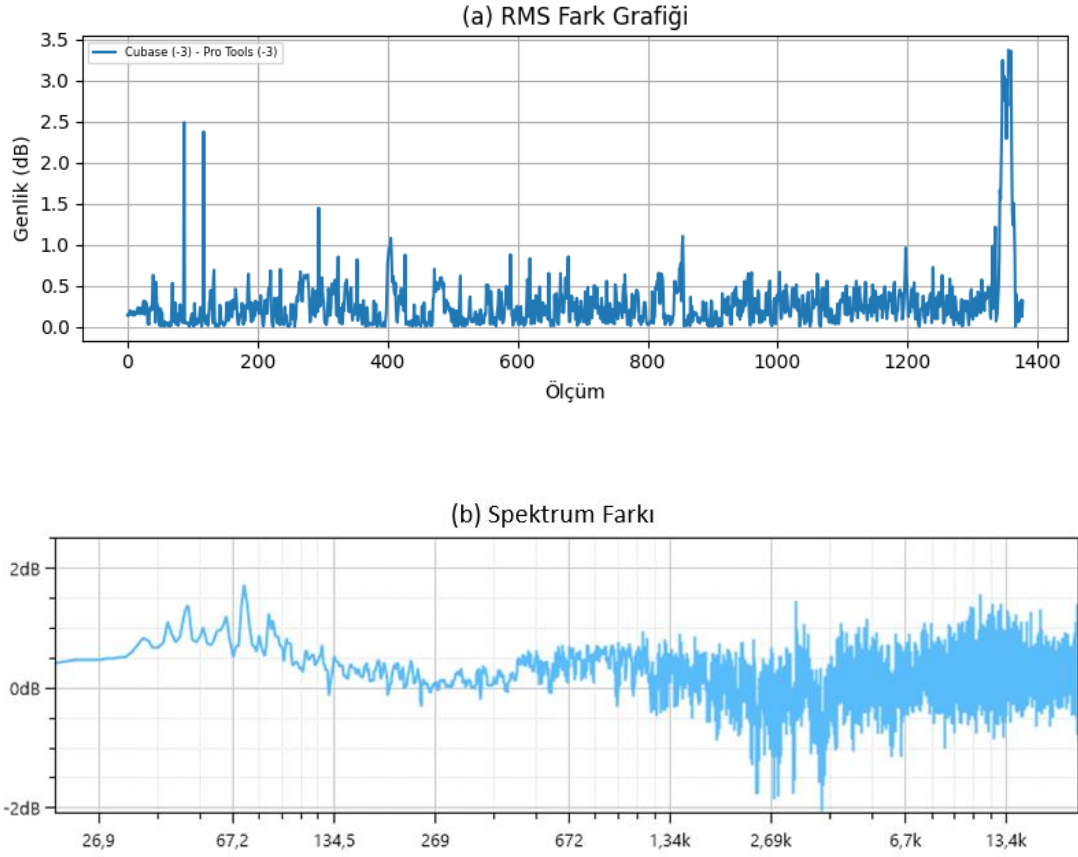
3.14.6 Cubase (-3) – Studio One Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması



Grafik 3.14.9: Cubase(-3) – Studio One Karşılaştırması

Karşılaştırmada yüksek değerler sıçrayan ve yoğun RMS farkları görülmektedir. Spektrum fark grafiğinde de ayrışmalar göze çarpmaktadır. Merkez ve uç pan konumlarındaki kanallarla ve eklenti kullanmadan yapılan ses birleştirme motoru testlerinde çok küçük farklarla ayrışan bu iki yazılım, müzik prodüksiyonu projesinde bulunan ara pan konumlarındaki kanallar ve pan otomasyonları nedeniyle birbirinden ayrışmaktadır. Ölçülen ortalama RMS fark değeri 0.1855 dB’ dir.

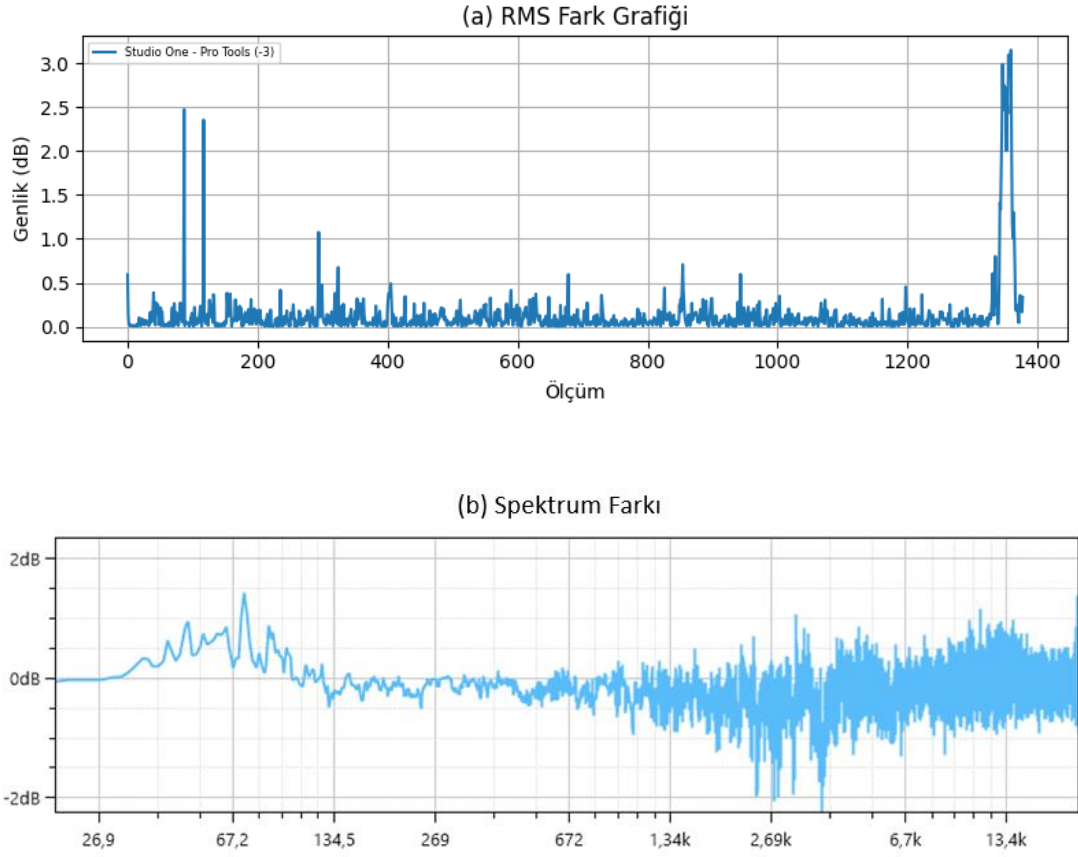
3.14.7 Cubase (-3) – Pro Tools (-3) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması



Grafik 3.14.10: Cubase (-3) – Pro Tools (-3) Karşılaştırması

Daha önce Grafik 3.2.6 ve Grafik 3.2.14’te tespit edilen 3. Gruptaki yazılımlar arasındaki pan davranışı uyumsuzluğu nedeniyle ara ara yüksek değerlere sıçrayan RMS farkları görülmektedir. Fark yoğunluğunun Spektrum farkına da yansıdığı görülmektedir. Ölçülen ortalama RMS fark değeri 0.2733dB’dir.

3.14.8 Studio One – Pro Tools (-3) Müzik Prodüksiyonu Karşılaştırması

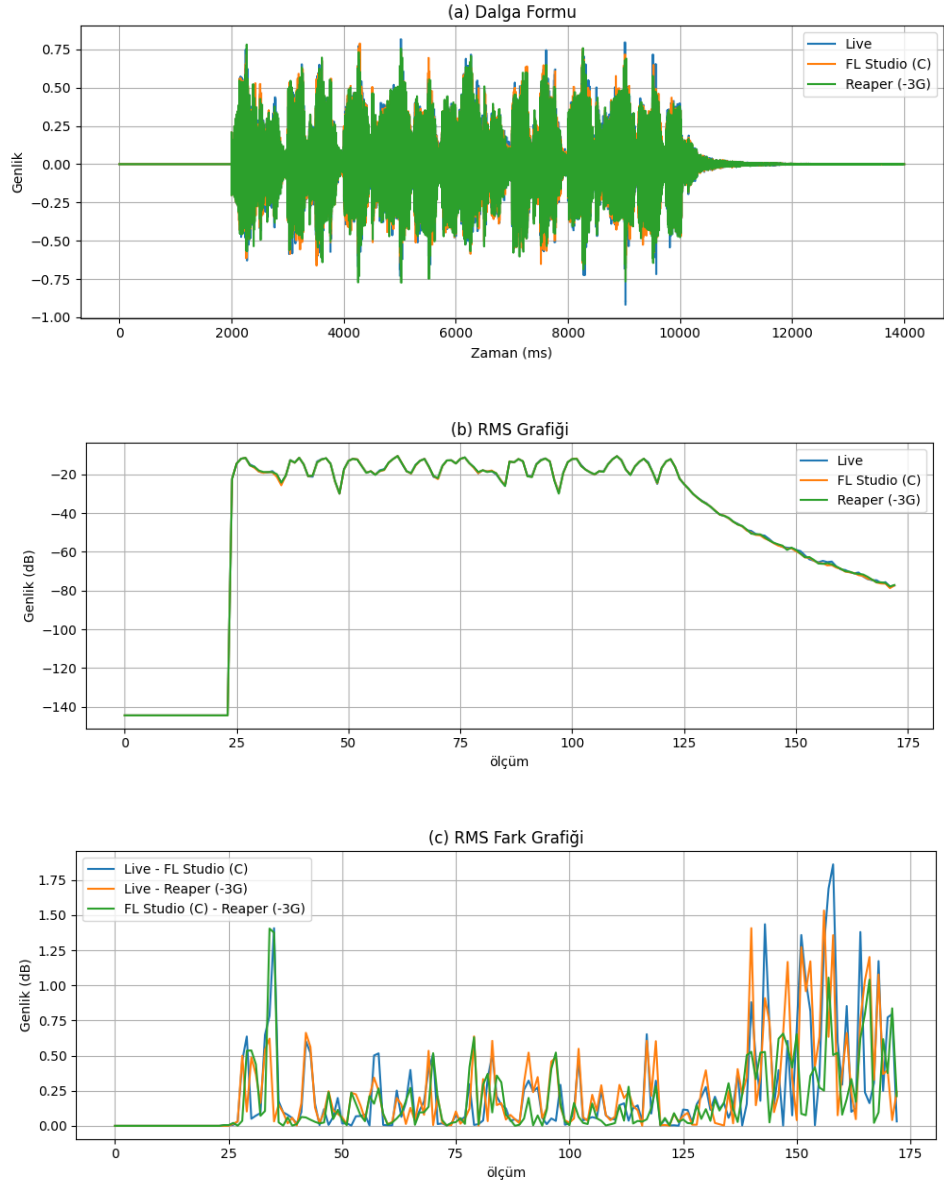


Grafik 3.14.11: Studio One – Pro Tools (-3) Karşılaştırması

3. Grupta yapılan diğer karşılaştırmalarla benzer biçimde Studio One – Pro Tools (-3) karşılaştırmasında da RMS ve spektrum farkları tespit edilmiştir. Ölçülen ortalama RMS fark değeri 0.1318 dB'dir.

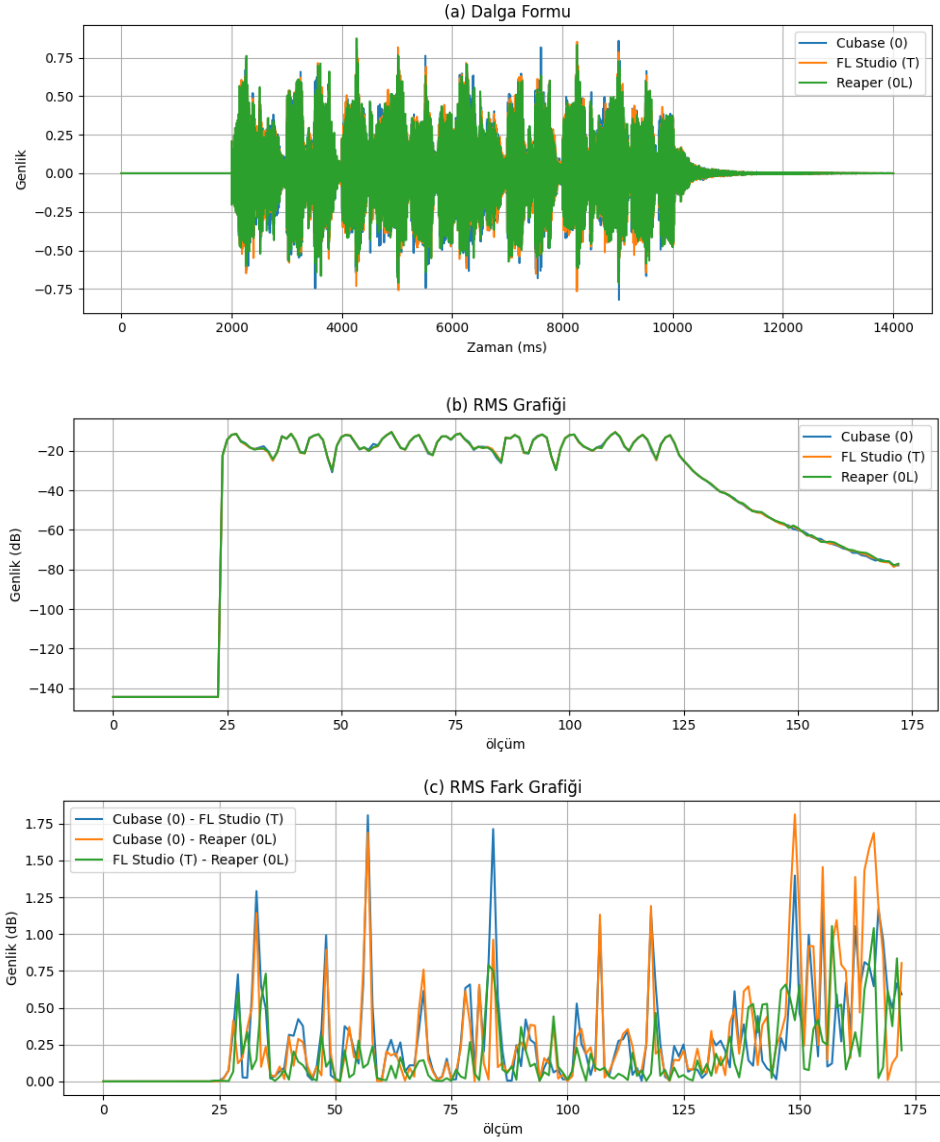
3.15 MIDI Sanal Enstrüman Eklentileri ile Müzik Prodüksiyonu

Nexus2, Xpand!2, Ezkeys, MpowerSynth ve Lethal sanal enstrüman eklentileri kullanılarak aynı midi dosyası ve ayarlar ile tüm yazılımlarda bir müzik prodüksiyonu projesi hazırlanmış ve alınan çıktılar analiz edilmiştir. MIDI Prodüksiyonu projelerinde stereo kanallar kullanılmıştır. Herhangi bir pan ve fader otomasyonu kullanılmamaktadır.



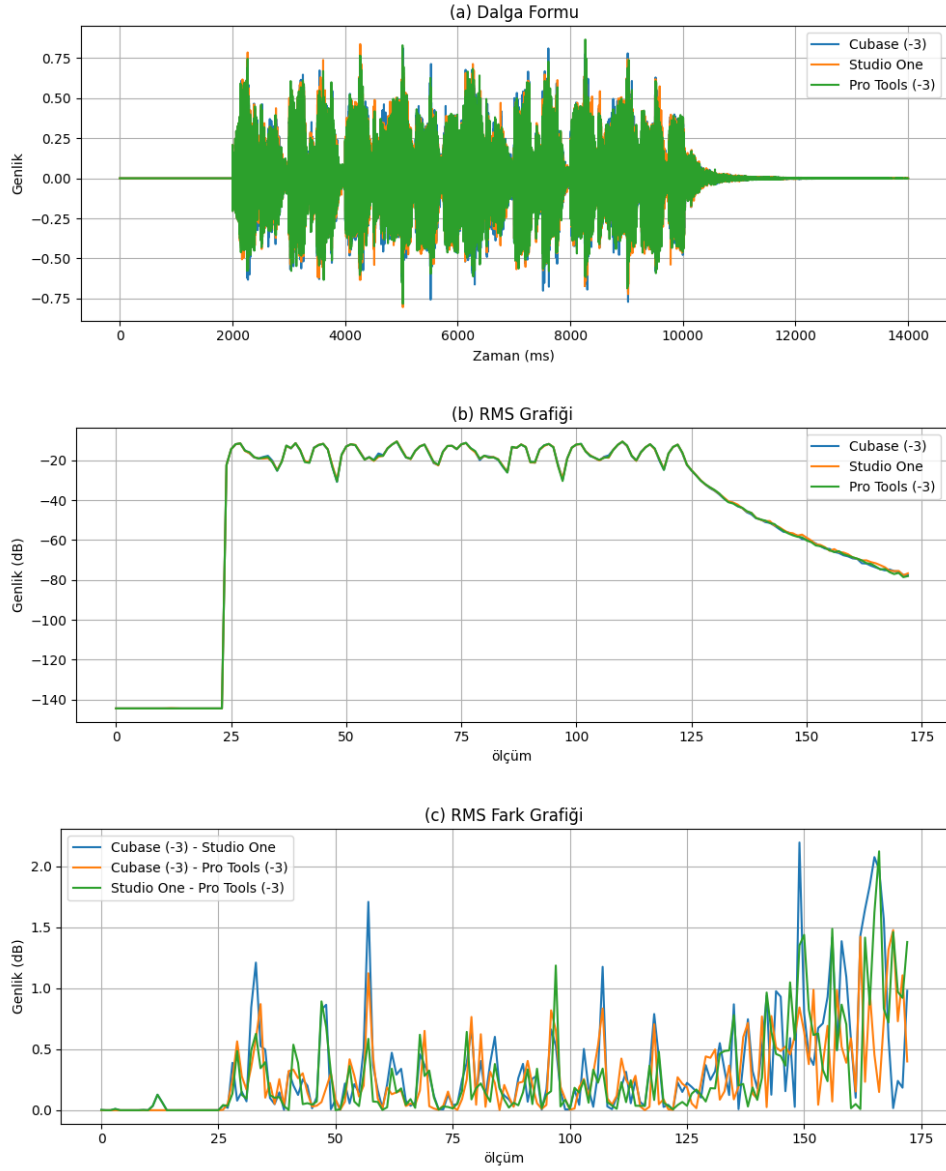
Grafik 3.15.11. Grup Sanal Enstrüman Prodüksiyonu Çıktılarının Karşılaştırılması

1. Grup karşılaştırmalarında farkın, midi sanal enstrümanlarının sustuğu ve efekt uzantılarının devam ettiği son bölümde -50 dB ve daha düşük RMS seviyeleri arasında gerçekleştiği görülmektedir. FL Studio (C) karşılaştırmalarında 2500. ms civarlarında kısa süreli bir fark sıçraması görülmektedir. RMS fark grafiğinde ölçülen ortalama RMS fark değeri sırası ile 0.2293 dB, 0.23581 dB ve 0.1755 dB olup, düşük seviyelerde oluşan fark bölümü dikkate alınmaz ise sinyalin yoğun olduğu bölgede ortalama fark değerlerinin daha da düşeceği görülmektedir.



Grafik 3.15.2: 2. Grup Sanal Enstrüman Prodüksiyonu Çıktılarının Karşılaştırılması

2. Grup karşılaştırmalarında farkın, midi sanal enstrümanlarının sustuğu ve efekt uzantılarının devam ettiği son bölümde -70 dB ve daha düşük RMS seviyeleri arasında gerçekleştiği görülmektedir. Cubase (0) karşılaştırmalarında ara ara kısa süreli fark sıçramaları görülmektedir. RMS fark grafiğinde ölçülen ortalama RMS fark değeri sırası ile 0.2818 dB, 0.2946 dB ve 0.1653 dB olup, düşük seviyelerde oluşan fark bölümü dikkate alınmaz ise sinyalin yoğun olduğu bölgede ortalama fark değerlerinin daha da düşeceği görülmektedir.

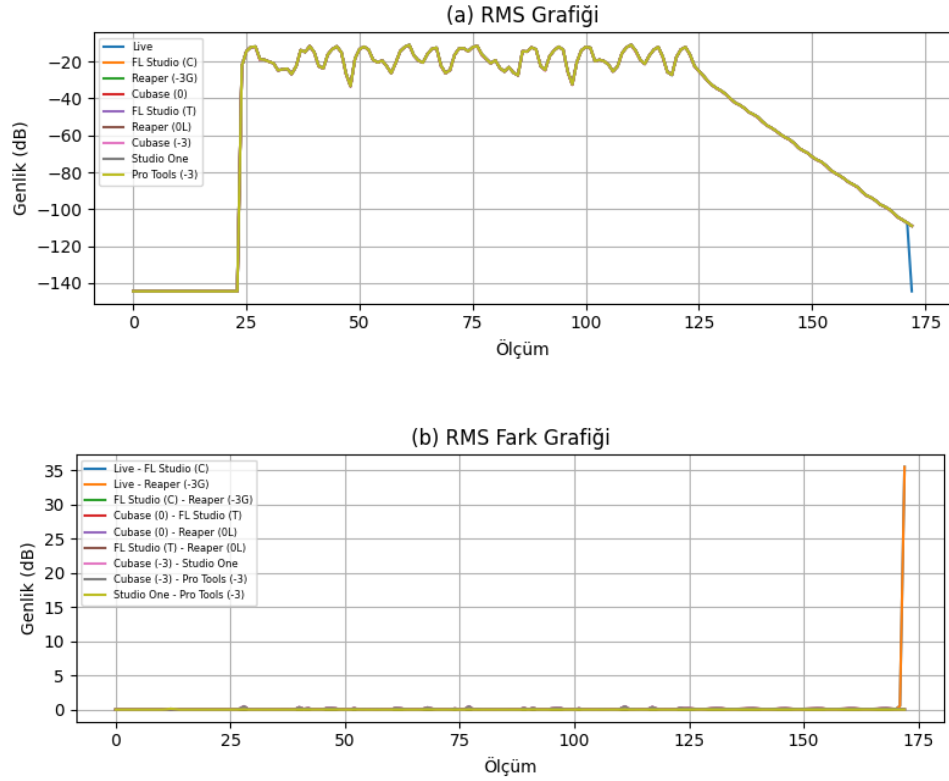


Grafik 3.15.3: 3. Grup Sanal Enstrüman Prodüksiyonu Çıktılarının Karşılaştırılması

3. Grup karşılaştırmalarında farkın yine MIDI sanal enstrümanlarının sustuğu ve efekt uzantılarının devam ettiği son bölümde -50 dB ve daha düşük RMS seviyeleri arasında gerçekleştiği görölmektedir. Cubase (-3) – Studio One karşılaştırmalarında ara ara kısa süreli fark sıçramaları görölmektedir. RMS fark grafiğinde ölçölen ortalama RMS fark değeri sırası ile 0.3381 dB, 0.2616 dB ve 0.2806 dB olup, düşük seviyelerde oluşın fark bölümü dikkate alınmaz ise sinyalin yoğun olduğu bölgede ortalama fark değeri daha da düşeceği görölmektedir.

3.15.1 Fark Oluşturan Sanal Enstrümanların Kapatılması ile Alınan Yeni Çıktı

Daha önce hem yazılımlar arasında hem de aynı yazılımda ard arda alınan çıktılarda seviye farkı tespit edilen Nexus3 eklentisi ve yazılımlar arasında farklı seviyelerde çıktı veren Ezkeys eklentisi kapatılarak yeni çıktılar alınmış ve analiz edilmiştir.



Grafik 3.15.4: Sanal Enstrümanlarla Yeni Çıktı Analizi

Yazılımlar arasında farklı davranış gösteren Nexus3 ve Ezkeys eklentilerinin kapatılması ile alınan çıktılarda RMS farklarının ciddi anlamda azalığı, ortalama RMS fark değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir (Tablo 3.15.1). Sinyalin sessizliğe düştüğü son kısımda -110 dB RMS seviyeleri civarında Live karşılaştırmalarında 35 dB fark sıçraması görülmekte ve bu sıçramanın ölçülen ortalama RMS fark değerini yükselttiği anlaşılmaktadır.

Tablo 3.15.1: Sanal Enstrüman 2. Çıktılarında Ortalama RMS Fark (dB)

Yazılım	Ortalama RMS Fark (dB)
Live - FL Studio (C)	0.221305
Live - Reaper (-3G)	0.214518

FL Studio (C) - Reaper (-3G)	0.01357
Cubase (0) - FL Studio (T)	0.082853
Cubase (0) - Reaper (0L)	0.069867
FL Studio (T) - Reaper (0L)	0.013511
Cubase (-3) - Studio One	0.075966
Cubase (-3) - Pro Tools (-3)	0.079138
Studio One - Pro Tools (-3)	0.006046

Live yazılımında son kısımda oluşan çok düşük sinyal seviyeleri arasında oluşan fark analize dahil edilmediğinde ortalama RMS fark (dB) değerleri karşılaştırma sırasına göre 0.0127 dB, 0.0066'dB ve 0.0127 dB'e inmektedir.

4. SONUÇ

Yazılımlar arasında ses niteliği farkının olup olmadığı ile ilgili iddialardan yola çıkılarak hazırlanan bu çalışmada, iddia edilen farklılıklara neden olabilecek parametreler detaylı bir şekilde incelenmiş, analizlerde elde edilen grafik ve verilerin yardımı ile tespit edilen bu farklar sayısal bir çerçevede yorumlanmış; aynı zamanda ortak bir işlemi yaparken yazılımların çalışma prensipleri ve kullandıkları yöntemler de ortaya çıkarılmıştır. Günümüzde müzik prodüksiyonu genel olarak çok kanallı projelerde yapılmasına karşın tek kanal üzerinde ve tek fark unsuru analiz edilmiş, böylelikle çok kanallı bir projede oluşabilecek ses niteliği farklarının nedenleri ortaya konulmuştur.

4.1 Yazılım Çıktılarında Tespit Edilen Sayısal Farklar

4.1.1 Ses Kaydı

İlk olarak ses kaydı incelenmiş ve yazılımlarda ortak bir ses kaydı yapılarak kayıt dosyaları karşılaştırılmıştır. İnceleme neticesinde Studio One dışındaki tüm yazılımların bire bir aynı sesi kaydettiği görülmüş, yani kaydedilen seste nitelik anlamında bir farkın bulunmadığı saptanmış, Studio One’da ise diğer yazılımlara göre 0,0000002 dB civarında peak, RMS ve DR farkı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.1.1). Studio One’da tespit edilen bu fark çok küçük ve göz ardı edilebilir olduğu için karşılaştırılan yazılımların aynı sesi kaydettiği sonucu çıkarılmıştır.

4.1.2 Panlama

Yazılımlarda öncelikle pan kanunları incelenmiş ve kanunlar çerçevesinde mono kanallarda ses sinyalinde panlama esnasında oluşan seviye değişimleri tespit edilmiştir. Merkez ve tam sol pan konumlarındaki sinyal seviyeleri ölçümleri ile aynı değerlere sahip yazılımlar bir araya getirilerek pan kanunu grupları oluşturulmuştur (Tablo 3.2.3). Bu tabloda farklı gruplarda bulunan yazılımlardan alınan çıktılar

arasında 3 dB seviye farkı oluşması olasılığı görülmüştür. Tespit edilen bu 3 dB fark, çalışma süresince yapılan testlerde ölçülen en büyük genel seviye farkıdır. Yazılımlar arasında ses niteliği farkının olduğu iddialarının altında yatan en büyük dayanağın bu fark olduğu düşünülmektedir.

Pan kanunu eşleştirmesinde karşılaşılan önemli bir diğer sorun yazılımların aynı pan kanunu ismini kullanmalarına rağmen farklı seviyelerde çalışmasıdır. Bu çalışmada karşılaştırılan altı yazılımdan Cubase (-3) ve Reaper (-3G), -3 pan kanunu isimlendirmesi ve ayarını kullanmasına rağmen merkez pan konumundaki ses seviyeleri 3 dB farklıdır. Bu durum yine ses niteliği farkının oluşmasına neden olmaktadır.

Müzik prodüksiyonunda panlama alanının tamamı kullanıldığı için sadece merkez ve uç pan noktalarına göre değerlendirme yapmanın yeterli olmayacağı ön görülerek mono kanallarda pan otomasyonu ve ara pan konumlarında seviye farkları ölçülmüştür. Analizler neticesinde 1. Grupta bulunan Live, FL Studio (C), Reaper (-3G) ve 2. Grupta bulunan Cubase (0), FL Studio (T), Reaper (0L) yazılımlarının pan otomasyonunu çok küçük farklarla yaklaşık aynı seviyelerde gerçekleştirdikleri tespit edilmiştir (Grafik 3.2.4 ve Grafik 3.2.5). 3. Grupta bulunan Cubase (-3), Studio One ve Pro Tools (-3) yazılımlarının farklı seviyelerde ve eğriler üzerinde pan otomasyonu yaptıkları tespit edilmiştir (Grafik 3.2.6). Otomasyon sırasında ölçülen maksimum farkların panlamanın zıt yönündeki kanalda otomasyonun farklı seviyelerde bitmesi nedeniyle, sessizliğe yakın noktalarda yani düşük seviyedeki sinyaller arasında gerçekleştiği anlaşılmıştır.

Mono kanallarda ara pan değerlerinin sabit bir şekilde kullanılması durumunda 1. ve 2. Grupta ortak olarak panlama yapılan yönde çok küçük farkların olduğu panlama yapılan tarafın zıt yönünde düşük seviyelerde farkların artış gösterdiği tespit edilmiştir (Grafik 3.2.12 ve Grafik 3.2.13). 3. Grupta ise her iki yönde de belirgin farkların olduğu tespit edilmiştir (Grafik 3.2.14)

Stereo kanallarda stereo denge pan kontrolü kullanılması durumunda pan gruplarında oluşan seviye farkları ölçülmüş ve pan gruplarına göre seviye değişimleri incelenmiştir (Tablo 3.2.19). Sonrasında pan otomasyonu davranışları incelenerek ara pan değerlerinde oluşan seviye farkları tespit edilmiştir (Grafik 3.2.15 - Grafik 3.2.16 ve

Grafik 3.2.17). İncelemeler sonucunda yazılımlarda stereo denge pan kontrolü davranışlarının çok küçük farklarla benzer bir şekilde çalıştığı tespit edilmiştir. Gerçek Stereo Pan Kontrolü ile ilgili testlerde 1. Grupta bulunan yazılımların tamamen farklı seviyelerde 2. Grupta bulunan yazılımların yaklaşık aynı seviyelerde 3. Grupta bulunan yazılımların ise farklı seviyelerde çalıştığı tespit edilmiştir (Tablo 3.2.21 – Grafik 3.2.18 ve Grafik 3.2.19).

4.1.3 Fader Konumu

Öncelikle yazılımlarda fader hareketi incelenmiş ve fader'in alabileceği maksimum ve minimum değerler bulunmuştur (Tablo 3.3.1) Fader hassasiyeti incelenerek yazılımlarda ortak olarak hassas bir şekilde kullanılabilecek alanın +5,6 dB ve -41 dB aralığı olduğu tespit edilmiştir.

Fader'in alabileceği minimum değer tüm yazılımlarda farklı olduğu için doğrusal olarak çizilen fader otomasyonunun çok farklı seviyelerde çıktılar verebileceği anlaşılmıştır. 1. Grupta bulunan Live ve Reaper (-3G), -15 dB' kadar yaklaşık aynı seviyeleri korurken sonrasında ayrışmanın arttığı, FL Studio (C)'de tamamen farklı bir eğri kullandığı tespit edilmiştir (Grafik 3.3.1). 2. Grupta bulunan Cubase (0) ve FL Studio (T)'nin yaklaşık -20 dB'e kadar aynı seviyeyi korurken sonrasında ayrıştığı, Reaper (0L)'nin diğer yazılımlardan otomasyon boyunca ayrıştığı görülmektedir (Grafik 3.3.2). 3. Grup yazılımlarında fader otomasyonun baştan sona farklı seyrettiği anlaşılmaktadır (Grafik 3.3.3).

Sabit fader pozisyonlarının karşılaştırmasında FL Studio yazılımında küçük farklar ölçülürken diğer yazılımların karşılaştırmalarının yaklaşık aynı olduğu tespit edilmiştir (Grafik 3.3.7– Grafik 3.3.8 ve Grafik 3.3.9).

Yazılımlarda dikey fader otomasyonu yapılması durumunda FL Studio ve Cubase yazılımlarında belirli bir süre uzama, Studio One yazılımında erken başlayan sönümleme, Live yazılımda ise kısa süreli sönümleme görülmektedir (Grafik 3.11.1).

4.1.4 Klip Fade ve Stretch

1. Grupta bulunan FL Studio (C) ve Reaper (-3G) yazılımlarında -25 dB'e kadar yaklaşık aynı eğrinin kullanıldığı, Live yazılımın da doğrusal sönümleme yapılamamasına rağmen -20 dB'e kadar diğer yazılım seviyelerini küçük farklarla

takip ettiği tespit edilmiştir (Grafik 3.4.1) 2. Grupta belirgin sayılabilecek ayrışmanın -15db'den sonra gerçekleştiği görülmektedir (Grafik 3.4.2) 3. Grupta ise otomasyonun başlangıcından itibaren aralarında çok küçük seviye farkı ile yazılımların aynı eğriyi takip ettiği, -70 dB'den sonra ayrıştığı anlaşılmaktadır (Grafik 3.4.3).

4.1.5 Klip Stretch

Bir ses klibinin süresinin değiştirilmesiyle hızlandırması veya yavaşlatılması esnasında kullanılan yirmi altı stretch algoritması karşılaştırılmıştır. FL Studio Generic – Cubase Elastique Time, Live Resample – Fl Studio Resample, FL Studio Elastique mono – Reaper Elastique Soloist algoritmalarının başlangıç ve sonda oluşan kısa süreli farklılıklar dışında birbirlerine nispeten yakın sonuçlar verdiği, diğer algoritmaların ise daha farklı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Grafik 3.5.1 ve Grafik 3.5.2).

4.1.6 3. Parti Ses ve Sanal Enstrüman Eklentileri

Bu çalışmada altı yazılım içerisinde on adet ses ve beş adet sanal enstrüman eklentisi test edilmiştir. Karşılaştırılan altı yazılımda da kullanılabilen binlerce 3. parti ses eklentisi bulunmaktadır. Test edilen on beş eklenti, binlerce eklentinin davranışını tamamen temsil edemeyeceği göz önünde bulundurulmakla birlikte bazı ortak davranış modelleri çıkartılmasına yardımcı olmuştur.

3. Parti eklentileri ile aynı yazılım içerisinde ard arda alınan çıktılarda çok küçük değerlerde de olsa ses niteliği farkı oluşabilirken bazı eklentilerde herhangi bir değişim olmamaktadır (Tablo 3.8.1 ve Tablo 3.8.2).

3. Parti Eklentilerin aynı yazılım içerisinde ard arda alınan çıktıları arasında çok düşük değerlerde fark oluşurken farklı yazılımlarda daha büyük farklar oluşabilmektedir (Tablo 3.8.1, Tablo 3.8.2, Grafik 3.7.5, Grafik 3.7.2, Grafik 3.6.5, Grafik 3.6.7).

4.1.7 Çıktı Zaman Aralığının Otomasyon Üzerindeki Etkileri

Çıktılar alınırken kullanılan zaman aralığında başlangıç noktasının değiştirilmesinin bazı yazılımlarda yapılan otomasyon üzerinde etkilerinin olduğu ve bu etkinin çıktılara yansıdığı tespit edilmiştir.

FL Studio (C), FL Studio (T) ve Reaper (-3G) yazılımları dışında kalan yazılımlardan alınan çıktılarda zaman aralığı başlangıcının değiştirilmesinin pan otomasyonunu etkilediği ve küçük sayısal farklar yarattığı tespit edilmiştir (Grafik 3.2.8).

Fader otomasyonu yapıldığında FL Studio (C), FL Studio (T), Reaper (0L) ve Reaper (-3G) çıktılarında bir değişimin oluşmadığı diğer yazılım çıktılarında ise küçük sayısal farklarla bir değişimin yaşandığı görülmüştür (Tablo 3.3.5)

Test edilen 3. Parti eklentilerle alınan çıktılarda zaman aralığı değişiminin etkileri incelendiğinde FL Studio dışındaki tüm yazılımlarda sayısal farkların oluştuğu tespit edilmiştir (Grafik 3.10.1, 2, 3, 4, 5, 6)

4.1.8 Arabellek Boyutunun Otomasyon Üzerindeki Etkileri

Arabellek boyutu değişiminin otomasyon üzerindeki etkilerini araştırabilmek amacı ile 128, 512 ve 1024 boyutları kullanılarak otomasyon çıktıları birbiri ile karşılaştırılmış ve farklar tespit edilmiştir.

Live yazılımında pan otomasyonunun 512 ve 1024 arabellek boyutlarında eşleştiği görülürken 128 arabellek boyutunun diğerlerine göre küçük sayısal farklar oluşturduğu anlaşılmıştır (Tablo 3.2.9) Live ile yapılan fader otomasyonlarının arabellek boyutu değişiminden etkilenmediği; 3. Parti eklentilerle yapılan otomasyonun ise etkilendiği tespit edilmiştir (Tablo 3.9.1)

FL Studio yazılımında arabellek boyutu değişiminin pan otomasyonu ve 3. Parti eklenti otomasyonunu etkilemediği fakat fader otomasyonunda 128 ve 1024 boyutlarının eşleşirken 512 boyutunun küçük sayısal fark yarattığı görülmektedir (Tablo 3.3.7)

Reaper yazılımında arabellek boyutu değişiminin pan ve fader otomasyonunu etkilemediği, 3.parti eklenti otomasyonunda ise küçük farkların oluştuğu tespit edilmiştir (Tablo 3.9.5)

Cubase yazılımının pan, fader ve 3.Parti eklenti otomasyonlarının tamamında arabellek boyutu değişiminden etkilendiği görülmektedir (Tablo 3.2.10–Tablo 3.3.6 ve Tablo 3.9.2)

Studio One yazılımının pan, fader ve 3.Parti eklenti otomasyonlarının tamamında arabellek boyutu değişiminden etkilendiği görülmektedir (Tablo 3.2.11– Tablo 3.3.8 ve Tablo 3.9.6)

Pro Tools yazılımında arabellek boyutu değişiminin pan ve fader otomasyonunu etkilemediği, 3.parti eklenti otomasyonunda ise küçük farkların olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.9.4)

4.1.9 Ses Birleştirme Motoru

Yazılımlarda çok kanallı bir projede ses birleştirme motoru devreye girdiğinde tüm grup karşılaştırmalarında çok küçük sayısal farklar tespit edilmiştir. (Grafik 3.12.1, Grafik 3.12.2, Grafik 3.12.3)

4.1.10 Çıktı Formatlarının Karşılaştırılması

Yazılımlardan 16 bit ve mp3 (320 kbps) formatlarında 1 stereo kanal üzerinden çıktılar alınarak karşılaştırılmış, tüm yazılımların çok küçük sayısal farklarla birbirinden ayrıştığı gözlemlenmiştir (Grafik 3.13.1, Grafik 3.13.2).

4.1.11 Karşılaşılan Yazılım Hatası İhtimalleri veya Yazılım Algoritmasına Bağlı Farklı Davranışlar

Bu çalışma sırasında, yazılım hatası olasılığı veya yazılımın algoritmasına bağlı bir davranış olarak nitelendirilebilecek altı bulguya rastlanmıştır:

Live yazılımında herhangi bir uç noktaya doğru panlama yapıldığında, diğer tarafta tam sessizlik yerine -106,0088 dB seviyesinde sinyal tespit edilmektedir (Tablo 3.2.2)

Studio One yazılımında 1024 ve 512 arabellek boyutlarında, pan otomasyonunun başlangıç anında, 25 ms’lik bir zaman diliminde, panlama yönündeki kanalda yüksek bir seviyeden beklenen seviyeye, diğer kanalda ise düşük bir seviyeden beklenen seviyeye doğru sıçramalar meydana geldiği tespit edilmiştir (Grafik 3.2.6).

FL Studio yazılımının ise projeye aktarılan sinyalin devamına yaklaşık 10 ms uzunluğunda bir uzantı eklediği tespit edilmiştir (Grafik 3.2.7). FL Studio yazılımında fader konumuna birbirine çok yakın iki ayrı değer atanabilmektedir (Resim 3.3.1)

Grafik 3.12.2, Grafik 3.12.3 analizlerine göre Cubase’de ses birleştirme motoru devreye girdiğinde karşılaştırıldığı diğer yazılımlara göre sol kanalda düşük

seviyelerde de olsa seviye ve spektrum farkı olduğu görülmektedir. Bu durum yazılım hatası olasılığı veya yazılımın algoritmasına bağlı bir davranış olarak değerlendirilmiştir.

Cubase yazılımında L2 Ultramaximizer, Neutron ve Manny Delay eklentilerinde karşılaştırılan yazılımlara göre PDC (eklenti zaman telafisi) farkı olduğu tespit edilmiştir (Grafik 3.6.6–Grafik 3.6.8 ve Grafik 3.6.13)

4.2 Ölçülen Sayısal Farkların Duyulması

Bu çalışmada hemen hemen karşılaştırılan tüm parametrelerde sayısal farklılıklar tespit edilmiş olup, yazılımlar arasında ses niteliği farkı olduğu iddialarına matematiksel bir pencereden cevap verilecek olursa ses niteliği farkının olduğu sonucu çıkarılmaktadır. Ancak karşılaştırılan 2 ses sinyali arasındaki ses niteliği farkı sayısal olarak tespit edilse bile bu tespit oluşan farkın duyulabileceği anlamına gelmemekte, ölçülen sayısal farkın büyüklüğü veya küçüklüğüne göre duyulma olasılığından bahsedilebilmektedir. Bilgisayar ortamında bulunan iki ses örneği arasındaki ses niteliği farkının duyulabilme olasılığını etkileyen faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler şu şekilde sıralanabilir.

- DAC Sayısal-Analog dönüşümü için kullanılan çevirici
- Sinyal zincirinde kullanılan kablolama ve monitör kontrolü gürültü oranı
- Dinleme için kullanılan hoparlör veya kulaklığın frekans cevabı, dinamik aralığı, gürültü oranı, distortion seviyesi
- Dinleme yapılan ortamın akustik düzenlemesi ve ortam gürültüsü
- Dinlemenin yapıldığı ses basıncı seviyesi (dB SPL)
- Dinleyicinin ses sistemine olan uzaklığı
- Dinleyicinin dinleme ortamı ve sistemine olan alışkanlığı
- Dinleyicinin konu ile ilgili tecrübesi, yaşı, sağlık durumu, konsantrasyonu
- Dinleme esnasında oluşabilecek stres veya zaman kısıtlılığı

Yukarıda bahsedilen faktörler, ses miksajı konusunda tecrübesi olan çok sayıda profesyonel kişinin, kendi profesyonel çalışma ortamları ve sistemleri kullanılarak yapılacak ortak kör duyum testleri ile gerçekleştirilebilir. Böyle bir test ortamı oluşturularak yazılımlar arasındaki ses niteliği farkı, duyum testleri ile de incelenebilir ve yapılan bu çalışmanın devamı niteliğinde bir çalışma önerisi olarak sunulabilir.

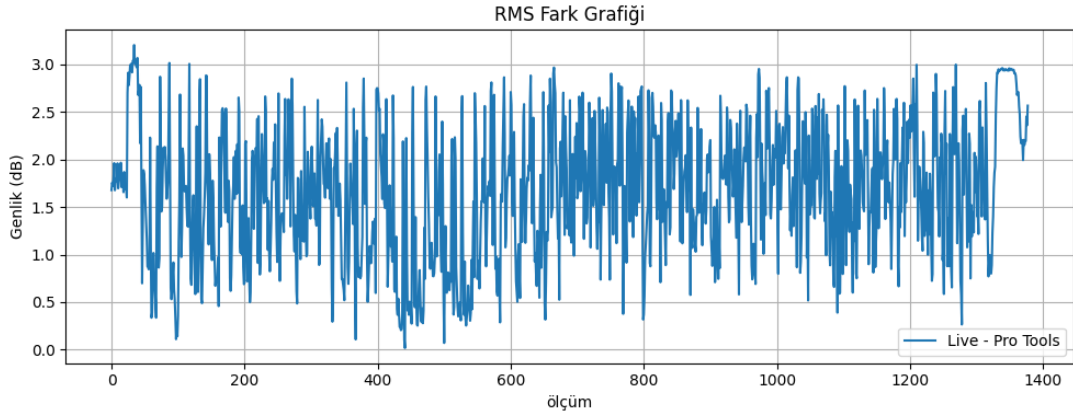
Bu çalışmada tek kanal ve tek sinyal ile alınan çıktıların analizi ile tespit edilen farkların, çok kanallı bir müzik prodüksiyonu projesi içerisinde duyulma olasılığı çoğu zaman işitsel maskeleme olarak tanımlanan psikoakustik olgu nedeniyle azalmaktadır. Maskeleme, yüksek seviyedeki sinyallerin, daha düşük seviyedeki sinyallerin işitilmesini engellediği psikoakustik bir olgudur. En büyük maskeleme etkisi, sesin frekansı ile maskeleme gürültüsünün frekansı birbirine yakın olduğunda ortaya çıkar (Huber, Runstein, 2005, 61) Maskeleme, örneğin tek kanalda yapılan panlama ve fader otomasyonu, klip sönmüleme gibi karşılaştırmalarda tespit edilen ve düşük sinyal seviyelerinde oluşan farkların duyulma olasılığını ciddi anlamda etkileyecektir.

Bu çalışma ile yazılımlar arasında tespit edilen sayısal farkların duyulma olasılığını etkileyen bir diğer faktörde, karşılaştırılan çıktıların içeriği ve oluşan farkların seviyesidir. Bu durumu bir örnek açıklanmıştır. Pan grupları oluşturulurken 1. Grup ve 3. Grup yazılımlarında mono kanallar arasında 3 dB fark olduğu tespit edilmişti. Ses birleştirme motoru karşılaştırmaları için hazırlanan projeler ile 1. Grupta bulunan Live ve 3. Grupta bulunan Pro Tools çıktılarında ölçülen peak (dB), RMS (db) ve oluşan fark aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.2.1: Pro Tools ve Live Çıktılarının Analizi (dB)

	Pro Tools (-3)	Live	Fark
Peak L	-20.53589158	-17.89084821	-2.645043371
Peak R	-21.87274427	-19.3750615	-2.497682769
Max RMS	-31.13431644	-29.73016861	-1.404147828
Min RMS	-89.66238429	-87.30198999	-2.360394297
DR	58.52806785	57.57182138	0.956246469
Avr RMS	-39.77548891	-38.07746882	-1.698020081

Tabloda görülen farkları etkileyen en önemli faktörün mono kanallar arasında oluşan oluşan 3 dB’lik fark olduğu daha önce tespit edilmişti. Bu analiz tablosundaki farklara bakıldığında özellikle Max RMS ve Avr RMS değerleri arasındaki farkın büyüklüğü göze çarpmaktadır.



Grafik 4.2.1: Live – Pro Tools RMS Fark Grafiği

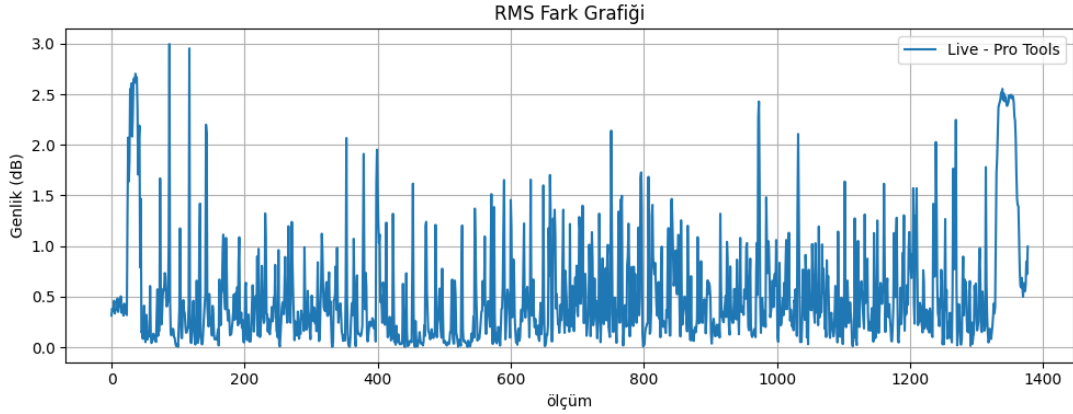
Oluşan RMS farklarının zaman çizgisi üzerinde gösteriminde de farkların yüksek değerlerle zamana yayıldığı görülmektedir. Ortalama Fark RMS değeri 1.6668 dB’dir. Gerek RMS fark grafiğinde 2.5 ve 3 dB civarlarında görülen yoğun sıçramalar, gerekse ortalama Fark RMS değerinin 1.6668 dB gibi rahatlıkla algılanabilecek bir seviye farkı oluşu yüksek duyulma olasılığını işaret etmektedir.

Yukarıda duyulma olasılığı yüksek farkı yaratan unsur olan mono kanal seviyeleri, -10 dB düşürülerek yeni çıktıları alınmış ve yeni bir analiz yapılmıştır.

Tablo 4.2.2: Pro Tools ve Live 2. Çıktılarının Analizi (dB)

	Pro Tools (-3)	Live	Fark
Peak L	-26.21015892	-25.72984934	-0.48030958
Peak R	-23.79870147	-23.62058344	-0.17811803
Max RMS	-32.00697597	-31.85442565	-0.152550313
Min RMS	-94.98863791	-93.99342715	-0.995210768
DR	62.98166195	62.13900149	0.842660454
Avr RMS	-42.41506906	-42.01046311	-0.404605944

Tablo 4.2.1 ve Tablo 4.2.2 incelendiğinde farkı yaratan unsur olan mono kanal seviyeleri düşürülünce ölçülen sayısal farklarda düştüğü, Pro Tools ve Live 2. Çıktılarını dinleyerek karşılaştırma yapan kişilerin ilk çıktılar göre farkı duymakta zorlanacağı veya bazı dinleyicilerin bu farkı duymama olasılığının bulunduğu söylenebilir.



Grafik 4.2.2: Live – Pro Tools 2. Çıktılarının RMS Fark Grafiği

Grafik 4.2.1 ve Grafik 4.2.2 karşılıklı olarak incelendiğinde fark yaratan unsur seviyesinin düşürülmesinin RMS farklarını da düşürdüğü bu nedenle de farkların duyulma olasılığının azaldığı görülmektedir. 2. Çıktılarda ortalama RMS farkı değeri 1.6668 dB’den 0.5063 dB’e düşmüştür.

Verilen bu örnek ile bir farkın duyulma olasılığının karşılaştırılan ses dosyalarının içeriğine ve kanallarda oluşan farkların ne oranda maskelendiğine bağlı olduğu anlaşılmaktadır.

4.3 Çok Kanallı Yazılım Çıktıları Arasındaki Ses Niteliği Farkının Duyulması

Ses Niteliği farkının duyulması konusundaki tespit ve sonuçların geçerliliği aşağıdaki koşullarla sınırlandırılmıştır.

- Windows 64 bit işletim sisteminde bu çalışmada belirtilen yazılım ve eklenti versiyonlarının kullanılması
- 512 arabellek boyutunda, aynı çıktı zaman aralığında 44.1 khz 24 bit wav formatlı çıktıların kullanılması

- Karşılaştırılan yazılımlarda proje ayarlarının bire bir aynı olması
- Projelerde kullanılan otomasyonlarda sadece doğrusal otomasyon kullanılması
- Projede bulunan ses kliplerinde klip stretch kullanılmaması⁹
- Kanallarda +5 ve -40 dB aralığında sabit fader konumları kullanılması¹⁰
- Stereo kanallarda panlamada stereo denge pan kontrolü kullanılması¹¹
- Ses kliplerinde sönümleme (fade) kullanılmaması¹²

Yazılımlar, 3 kategoriye ayrılmış çok kanallı projeler üzerinden değerlendirilmiştir.

- **Fader ve pan otomasyonsuz LCR Miks:** Fader ve pan otomasyonunun kullanılmadığı, proje içerisindeki kanalların yalnızca merkez veya uç pan konumlarında bulunduğu stereo kanallarda stereo denge pan kontrolünün kullanıldığı projelerdir. Bölüm 3.12 “Çok Kanallı Projeler ve Ses Birleştirme Motoru” kapsamında elde edilen analiz verilerinden derlenmiştir.
- **Genel Miks:** Yalnızca doğrusal olarak çizilmiş pan ve fader otomasyonunun kullanıldığı, 3. Parti ses eklentilerinin ve otomasyonlarının bulunduğu çok kanallı projelerdir. Bölüm 3.13 “Müzik Prodüksiyonu Çıktıların Karşılaştırması” kapsamında elde edilen analiz verilerinden derlenmiştir.
- **MIDI Prodüksiyon:** Yalnızca stereo kanallarda 3. Parti MIDI sanal enstrüman eklentilerinin kullanıldığı, fader ve pan otomasyonu içermeyen çok kanallı projelerdir. Bölüm 3.15 “MIDI Sanal Enstrüman Eklentileri ile Müzik Prodüksiyonu” kapsamında elde edilen analiz verilerinden derlenmiştir.

⁹ Bölüm 3.5’te belirtildiği üzere yazılımlarda kullanılan stretch algoritmaları farklı çalıştığı için karşılaştırma projelerine dahil edilmemiştir.

¹⁰ Tablo 3.3.1’deki bulgular nedeniyle tüm yazılımlarda ortak çalışılabilen sabit fader aralığı kullanılmıştır.

¹¹ Pro Tools yazılımında stereo denge kontrolü bulunmadığı için stereo kanallarda sadece merkez pan konumu kullanılmıştır. Bölüm 3.2.15’te belirtilen nedenlerle gerçek stereo pan kontrolün eşleştiği iki karşılaştırma olması nedeniyle karşılaştırmaya dahil edilmemiştir.

¹² Klip soldurma (fade) yazılımlarda birebir aynı uzunluğa sahip bir şekilde ayarlanmadığı için kullanılmamıştır. FL Studio fade uzunluğu için farklı bir sistem kullanmaktadır. Live yazılımında doğrusal fade yapılamamaktadır.

Yazılım karşılaştırmalarında ses niteliği farkının duyulamayacağı veya düşük duyulma olasılığı olduğu sonucuna varılması ancak aşağıdaki iki koşulun gerçekleşmesine bağlı olarak ifade edilmiştir

- **3. Parti Eklentiler:** İster ses ister sanal enstrüman eklentisi olsun 3. Parti eklentilerin, karşılaştırılan yazılımlarla tam uyumlu ve aynı niteliğe sahip ses çıktısı veriyor olması
- **Maskleme:** Fader, pan veya eklenti otomasyonu, fader ve ara pan konumları, klip sönümleme (fade out) gibi farklılık gösteren davranışlarla oluşabilecek düşük seviyedeki farkların yüksek sinyaller tarafından maskelenmesi

Bu koşullar göz önünde bulundurularak, çok kanallı müzik prodüksiyonu projeleri üzerinden yazılımlar arasındaki ses niteliği farkı veya üstünlüğü iddiaları, aşağıda belirtilen şekilde sonuçlandırılmıştır.

4.3.1 1. Grup: Ableton, FL Studio (C) ve Reaper (-3G)

1. Grup yazılımlarının ses birleştirme motoru, müzik prodüksiyonu ve MIDI prodüksiyon çıktılarının peak (dB) ve RMS (dB) farkları aşağıda tabloda verilmiştir.

Tablo 4.3.1: 1. Grup Yazılımları arasında Peak (dB) ve RMS (dB) Fark Tablosu

Fader ve pan otomasyonsuz LCR Miks:			
	Live - FL (C)	Live - Rea (-3G)	FL (C) - Rea (-3G)
Peak L	0.02115124	0.002566954	-0.018584287
Peak R	0.016115982	0.002871875	-0.013244107
Max RMS	0.021369414	0.001052384	-0.02031703
Min RMS	-0.006452788	0.003717501	0.010170289
DR	0.027822207	-0.002665107	-0.030487314
Avr RMS	0.007059146	0.002601927	-0.004457219
O. Fark RMS	0.0095	0.0025	0.0088
Genel Miks			
	Live - FL (C)	Live - Rea (-3G)	FL (C) - Rea (-3G)
Peak L	-0.04871443	-0.011678639	0.037035792
Peak R	0.028016363	0.028764774	0.000748412

Max RMS	-0.007944097	0.001079508	0.009023605
Min RMS	0.596603434	-0.018687889	-0.615291323
DR	-0.604547531	0.019767397	0.624314928
Avr RMS	-0.009739413	0.002939977	0.01267939
O. Fark RMS	0.0187	0.01304	0.0177
MIDI Prodüksiyon			
	Live - FL (C)	Live - Rea (-3G)	FL (C) - Rea (-3G)
Peak L	-0.005293254	-0.000292924	0.00500033
Peak R	-0.00396201	0.001051832	0.005013843
Max RMS	-0.002945945	0.002175286	0.005121231
Min RMS	0	0	0
DR	0	0	0
Avr RMS	-0.006217846	0.000310373	0.006528219
O. Fark RMS	0.0127	0.0066	0.0127

Tabloda görülen seviye farklarının çok düşük oluşu, bölüm 3.12, 3.14 ve 3.15 te verilen ve spektrum - spektrogram grafiklerinde gözlemlenen benzerlik, tek kanal üzerinde yapılan tüm analizlerdeki benzerlik göz önünde bulundurularak Ableton, FL Studio (C) ve Reaper (-3G) yazılımları arasında yapılacak karşılaştırmalarda ses niteliğini farkının duyulamayacağı veya duyulma olasılığının çok düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak maskeleme konusunda en çok risk taşıyan parametre fader otomasyonu olup özellikle Reaper (-3G) ile yapılacak karşılaştırmalarda maskelemenin gerçekleşmemesi durumunda daha önce fader otomasyonunda yüksek sinyal seviyelerinde de farklar tespit edildiği için (Grafik 3.3.1) bu farklar duyulma olasılığını yükselmektedir.

4.3.2 2. Grup: Cubase (0), FL Studio (T) ve Reaper (0L)

Aşağıda 2. Grup yazılımlarının ses birleştirme motoru, müzik prodüksiyonu ve midi prodüksiyon çıktılarının peak (dB) ve RMS (dB) farkları verilmiştir.

Tablo 4.3.2: 2. Grup Yazılımları arasında Peak (dB) ve RMS (dB) Fark Tablosu

Fader ve pan otomasyonsuz LCR Miks:			
	Cu (0) - FL (T)	Cu (0) - Rea (0L)	FL (T) - Rea (0L)
Peak L	0.030990969	0.009765918	-0.021225051
Peak R	0.026638869	0	-0.026638869
Max RMS	0.022825333	0.000527118	-0.022298215
Min RMS	0.004202325	0.010624416	0.006422091
DR	0.018623008	-0.010097298	-0.028720306
Avr RMS	0.006825186	7.87E-05	-0.006746451
O. Fark RMS	0.0099	0.0012	0.0094
Genel Miks			
	Cu (0) - FL (T)	Cu (0) - Rea (0L)	FL (T) - Rea (0L)
Peak L	-0.001619939	0.00529566	0.006915599
Peak R	0.001341296	0.001852178	0.000510882
Max RMS	-0.009131604	0.001873143	0.011004747
Min RMS	0.032168882	0.039826915	0.007658033
DR	-0.041300485	-0.037953771	0.003346714
Avr RMS	-0.005240127	0.003568622	0.008808749
O. Fark RMS	0.01	0.0049	0.012
MIDI Prodüksiyon			
	Cu (0) - FL (T)	Cu (0) - Rea (0L)	FL (T) - Rea (0L)
Peak L	0.055533257	0.060543805	0.005010548
Peak R	-0.075444374	-0.070430531	0.005013843
Max RMS	-0.121414496	-0.116293265	0.005121231
Min RMS	0	0	0
DR	0	0	0
Avr RMS	-0.075690545	-0.069218018	0.006472527
O. Fark RMS	0.0828	0.0698	0.0135

Oluşan seviye farklarının düşüklüğü, spektrum ve spektrogram grafiklerinde gözlemlenen çok düşük farklar ve tek kanal analizlerindeki benzer davranışlar neticesinde Cubase (0), FL Studio (T) ve Reaper (0L) yazılımları arasında yapılacak

karşılaştırmalarda ses niteliğini farkının duyulamayacağı veya düşük duyulma olasılığının olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak maskeleme koşulunun sağlanmaması durumunda, özellikle Reaper (0L) fader otomasyon eğrisinde tespit edilen yüksek sinyal seviyeleri arasında fark oluşması nedeniyle farkın duyulma olasılığı artmaktadır.

4.3.3 3. Grup: Cubase (-3), Studio One ve Pro Tools

3. Grup yazılımlarının ses birleştirme motoru, müzik prodüksiyonu ve MIDI prodüksiyon çıktılarının peak (dB) ve RMS (dB) farkları aşağıda tabloda verilmiştir.

Tablo 4.3.3: 3. Grup Yazılımları arasında Peak (dB) ve RMS (dB) Fark Tablosu

Fader ve pan otomasyonsuz LCR Miks:			
	Cu (-3) - S1	Cu (-3) - PT (-3)	S1 - PT (-3)
Peak L	0.007074612	0.012084234	0.005009622
Peak R	-0.005971364	-0.000166996	0.005804368
Max RMS	-0.000477007	-0.000250363	0.000226644
Min RMS	0.007666582	0.012148912	0.00448233
DR	-0.00814358	-0.012399281	-0.004255701
Avr RMS	-0.0025101	4.62E-05	0.002556301
O. Fark RMS	0.0038	0.0013	0.003
Genel Miks			
	Cu (-3) - S1	Cu (-3) - PT (-3)	S1 - PT (-3)
Peak L	-0.198141041	-0.135865581	0.062275461
Peak R	-0.093479395	0.064265542	0.157744937
Max RMS	-0.058222572	-0.038557541	0.019665031
Min RMS	-0.045889871	0.121271641	0.167161512
DR	-0.012332701	-0.159829182	-0.14749648
Avr RMS	-0.174251739	-0.192068293	-0.017816555
O. Fark RMS	0.1855	0.2733	0.1318
MIDI Prodüksiyon			
	Cu (-3) - S1	Cu (-3) - PT (-3)	S1 - PT (-3)
Peak L	-0.000119211	-1.02181E-05	0.000108993

Peak R	0.004538341	1.70762E-06	-0.004536633
Max RMS	0.004522332	-0.00010779	-0.004630122
Min RMS	0	0	0
DR	0	0	0
Avr RMS	0.002542301	-0.001402494	-0.003944795
O. Fark RMS	0.0759	0.0759	0.006

Fader ve pan otomasyonsuz LCR Miks veya MIDI Prodüksiyon projelerinin karşılaştırılması durumunda fark tablosu, spektrum ve spectrogram grafiklerinden çıkarılan sonuçlar ile Cubase (-3), Studio One ve Pro Tools çıktıları arasındaki farkın duyulamayacağı ve çok düşük duyulma olasılığının olduğu sonucu çıkarılmaktadır. Genel Miks projelerinin karşılaştırılması durumunda ise yazılımların panlama davranışlarında yüksek seviyedeki sinyaller arasındaki farklar nedeniyle ses niteliği farklarının maskeleye seviyesine bağlı olarak duyulma olasılığı oluşmaktadır. Proje içerisinde bulunan kanallar L50 veya R50 konumlarına ne kadar yakınsa farkın duyulma olasılığı da o oranda artmaktadır (Grafik 3.2.6 ve Grafik 3.2.14). Bu çalışmada kullanılan çıktılar arasındaki farkın görülebileceği Tablo 4.3.3'teki genel miks verilerine bakıldığında düşük duyulma ihtimali söz konusu olsa da başka bir çıktıda bu farklar çok daha yüksek çıkabilir. Panlama dışında fader otomasyonu da maskeleye açısından risk taşımaktadır (Tablo 3.3.4).

4.3.4 Farklı Gruplardaki Yazılımların Karşılaştırılması Durumu

Farklı gruplarda bulunan yazılımların karşılaştırılması durumunda öncelikle panlama davranışlarının uyuşmaması ve farklı fader otomasyonu eğrileri nedeniyle maskelenme derecesine bağlı olarak farkların duyulma olasılığı her zaman bulunmaktadır (Grafik 4.2.1).

Özel bir durum olarak yalnızca stereo sinyaller ve stereo kanallar bulunan projelerde pan ve fader otomasyonu kullanılmaması durumunda farklı pan grubundaki yazılımların karşılaştırmalarında fark duyulamaz veya duyulma olasılığı çok düşüktür (Tablo 3.2.17).

4.3.5 Ses Kalitesi, Ses Üstünlüğü İddiaları

Yapılan analizler neticesinde ses kalitesi veya ses üstünlüğü iddialarını doğrulayan bir bulguya rastlanmamış olup, yazılım algoritmalarındaki farklılıklar neticesinde oluşan seviye farkları ve bu seviye farklarının büyüklüğüne bağlı olarak Fourier dönüşümü prensipleri gereği oluşan büyük ya da küçük spektrum farkları görülmektedir. Özellikle Pan grubu eşleştirmesi yapılan yazılımlarda ses karakteristiğini oluşturan süre, seviye, perde ve tınıda ölçülen değişimlerin genel olarak çok küçük sayısal farklarla ifade edildiği görülmektedir.

Aynı ayarların kullanıldığı projeler ile özellikle farklı pan gruplarındaki yazılımların karşılaştırılması sonucunda, bir yazılım çıktısının daha güzel duyuluyor olması ses kalitesi veya ses üstünlüğü göstergesi değil, farklı algoritmaların farklı sinyal seviyelerinde ses üretmesi, başka bir deyişle farklı dengelere sahip 2 miksin karşılaştırılmasından başka bir şey değildir. Daha güzel duyulduğu iddia edilen ses, aslında yazılımın ses kalitesi değil, farklı dengeye sahip bir miksin daha güzel duyulmasıdır. Bununla birlikte, “güzellik” göreceli bir kavramdır. Bu kavramın somut sayısal bir ifadesi yoktur. Hiçbir yazılımda proje içerisinde bulunan sinyallerin daha güzel duyulması veya kaliteli olması için çalışan farklı bir algoritmaya rastlanmamıştır. Kullanılan ayarların eşleştirmesi yerine ses farkını oluşturan unsurlar yakınlştırılarak farklı pan gruplarındaki yazılımlardan da benzer sonuçlar alınabilir.

Herhangi bir 3. partinin eklentinin bir yazılımla olan uyumsuzluğu nedeniyle ortaya çıkabilecek ses farkı, yazılımlar arasında ses kalitesi veya ses üstünlüğünün değil, eklenti veya yazılımdan kaynaklanan bir hatanın belirgin ve duyulabilir kanıtıdır. Binlerce farklı eklentinin var olduğu düşünülürse, bu tarz bir problemin oluşma olasılığının da yüksek olacağı açıktır. Bu nedenle yazılımlar arasında ses farkı karşılaştırmalarında kullanılan eklentilerin yazılımlarda özdeş çalıştığından emin olunmalıdır. 4.1.11’de belirtildiği üzere yazılımlarda da hatalar bulunabilir veya algoritmasına bağlı olarak diğer yazılımlardan ayrılabilir. Bu çalışmada yazılımlarda ses niteliğini olumsuz yönde etkileyebilecek genel bir yazılım hatasına rastlanmamıştır.

KAYNAKÇA

- Ableton." Live". <https://www.ableton.com/en/live/> [01.04.2021].
- Air. "Xpand!2". <https://www.airmusictech.com/product/expand2#.YJE9ltX7RaQ> [ET:1.4.2021].
- Avid. "Pro Tools". <https://www.avid.com/pro-tools> [01.04.2021].
- Ayaic inc. "Hyper-EQ". <https://www.ayaicinc.com/> [01.04.2021].
- Cockos. "Reaper". <https://www.reaper.fm/> [01.04.2021].
- Davis, Gary, Jones Ralph. **The Sound Reinforcement Handbook**. 2. bs. Milwaukee: Hal Leonard Publising Corporation, 1990.
- Gallagher, Mitch. **The Music Tech Dictionary**. Boston: Course Technology, 2009
- Gearspace. "Do different DAWs have different sounding audio engines?". <https://gearspace.com/board/music-computers/1263054-do-different-daws-have-different-sounding-audio-conversion-engines.html> [01.04.2021].
- Gelfand, Stanley. **Hearing An Introduction to Psychological and Psychological Acoustics**. New York: CRC Press, 2018
- Geoff, Martin. "Introduction to Sound Recording".
http://www.tonmeister.ca/main/textbook/intro_to_sound_recordingli1.html [01.04.2021].
- Huber, M. David, E. Robert Runstein. **Modern Recording Techniques**. 6 bs. Burlington: Focal Press, 2005
- Image Line. "FL Studio". <https://www.image-line.com/> [01.04.2021].
- Izotope. "Neutron". <https://www.izotope.com/en/products/neutron.html> [01.04.2021].
- Kadis, Jay. **The Science of Sound Recording**. USA: Focal Press, 2012
- Kane, Paul. "Deltawave". <https://deltaw.org/> [01.04.2021].
- KVR Audio. "What is the best sounding DAW?".
<https://www.kvraudio.com/forum/viewtopic.php?t=488123> [01.04.2021].
- Lethal Audio. "Lethal". <https://www.lethalaudio.com/> [ET:1.4.2021].
- Melda Production, "MpowerSynth".

- <https://www.meldaproduct.com/MPowerSynth> [ET:1.4.2021].
- Mixbus Tv. "Do DAWs sound different? Mixing in Ableton Fl Studio vs Pro Tools". <https://www.youtube.com/watch?v=hYroYZocm9E> [01.04.2021].
- Nasir, Ahmet, Ramamohan Kamisetty. **Orthogonal Transforms for Digital Signal Processing**. Berlin: Springer-Verlag, 1975
- Önen, Ufuk. "2020 DAW Anketi Sonuçları". <https://www.ufukonen.com/tr/2020-daw-anketi-sonuclari.html> [01.04.2021].
- Park, H. Tae. **Introduction to Digital Signal Processing**. Londra: World Scientific Publishing Co.Pte. Ltd., 2010
- Pirkle, Will. **Designing Audio Effects in C++ With Digital Audio Signal Processing Theory**. Burlington: Focal Press, 2013
- Presonus. "Studio One". <https://www.presonus.com/products/Studio-One> [01.04.2021].
- Price, Jim. "Understanding dB". <http://www.jimprice.com/prosound/db.htm> [01.04.2021].
- Python. "Python". <https://www.python.org/> [01.04.2021].
- Refx. "Nexus3", <https://refx.com/nexus/> [ET:1.4.2021].
- Rumsey, Francis. **Desktop Audio Technology Digital Audio and MIDI Principles**. Burlington: Focal Press, 2004
- Rumsey, Francis, Tim McCormick. (2006). **Sound and Recording: an Introduction**. Burlington: Focal Press.
- Smith, W. Steven. **Digital Signal Processing a Practical Guide for Engineers and Scientists**. USA: Newnes, 2003
- Sound on Sound. "Different DAWs sound different? Really?". <https://www.soundonsound.com/forum/viewtopic.php?f=16&t=46206> [01.04.2021].
- Steinberg. "Cubase". <https://new.steinberg.net/cubase/> [01.04.2021].
- Tarr, Eric. "Square Law Panning". <https://www.hackaudio.com/digital-signal-processing/stereo-audio/square-law-panning/> [01.04.2021].
- Thomson, Daniel. **Understanding Audio Getting the Most Out of Your Project or Professional Recording Studio**. Berklee: Berklee Press, 2005
- Toontack. "Ezkeyz". <https://www.toontrack.com/ezkeys-line/> [ET:1.4.2021].
- Waves. "Api 2500". <https://www.waves.com/plugins/api-2500> [ET:1.4.2021].
- _____. "Audio Track". <https://www.waves.com/plugins/audiotrack> [ET:1.4.2021].
- _____. "GTR Stomp6". <https://www.waves.com/plugins/gtr3-stomps> [ET:1.4.2021].

- _____. “H Reverb Long”. <https://www.waves.com/plugins/h-reverb-hybrid-reverb#image> [ET:1.4.2021].
- _____. “L2 Ultramaximizer”. <https://www.waves.com/plugins/l2-ultramaximizer#image> [ET:1.4.2021].
- _____. “Manny Delay”. <https://www.waves.com/plugins/manny-marroquin-delay#image> [ET:1.4.2021].
- _____. “Q10 Equalizer”. <https://www.waves.com/plugins/q10-equalizer> [ET:1.4.2021].
- _____. “S1 Stereo Imager”. <https://www.waves.com/plugins/s1-stereo-imager#image> [ET:1.4.2021].