



ANKARA
HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TANBUR İCRASINDA KULLANILAN MIZRABIN
FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN, VURUŞ AÇILARININ
VE VURUŞ BÖLGELERİNİN AKUSTİK AÇIDAN
İNCELENMESİ**

Furkan KARATAŞ

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Emir DEĞİRMENLİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TÜRK MÜZİĞİ ANABİLİM DALI**

TEMMUZ 2023



**TANBUR İCRASINDA KULLANILAN MIZRABIN FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİNİN, VURUŞ AÇILARININ VE VURUŞ
BÖLGELERİNİN AKUSTİK AÇIDAN İNCELENMESİ**

FURKAN KARATAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TÜRK MÜZİĞİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2023

ETİK BEYAN

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Furkan KARATAŞ
06/07/23

TEZ ONAY SAYFASI

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Türk Müziği Anabilim Dalı Türk Müziği Programı Furkan KARATAŞ öğrencisi tarafından hazırlanan “Tanbur İcrasında Kullanılan Mızrabın Fiziksel Özelliklerinin, Vuruş Açılarının ve Vuruş Bölgelerinin Akustik Açından İncelenmesi” Başlıklı tez çalışması 06/07/ 2023 tarih ve saatinde yapılan tez savunma sınavında aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile YÜKSEK LİSANS olarak KABUL edilmiştir.

	Kabul	Ret
Başkan (Unvan/Ad-Soyad/Kurum):		
Prof. Dr. Gülçin YAHYA KAÇAR Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi	☒	☐
Üye (Unvan/Ad-Soyad/Kurum):		
Dr. Öğr. Üyesi Murat KÜÇÜKEBE Dokuz Eylül Üniversitesi	☒	☐
Üye (Unvan/Ad-Soyad/Kurum):		
Dr. Öğr. Üyesi Emir DEĞİRMENLİ Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi	☒	☐

Tanbur İcrasında Kullanılan Mızrabın Fiziksel Özelliklerinin, Vuruş Açılarının ve Vuruş Bölgelerinin Akustik Açidan İncelenmesi

(Yüksek Lisans Tezi)

Furkan KARATAŞ

ANKARA HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2023

ÖZET

Tanbur, Türk müzikisinde gerek icrası gerekse makam özelliklerinin ortaya konması açısından en önemli çalgılardan biri olarak kabul edilmektedir. Çalgının bu geleneksel yapısıyla birlikte icra sürecinde kullanılan mızrabın da geleneksel olarak bağdan yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmada, tanburun ses oluşum sürecinde mızrap ve sağ el kullanımının tınısal özelliklere etkisinin ayrıntılı bir şekilde incelenmiş, bağa mızraba alternatif malzemelerin kullanımı hakkında kapsamlı bir araştırma yürütülmüştür. Bu çerçevede tezde, mızrap ve icracının sağ el pozisyonunun tını üzerindeki etkisinin neler olduğu araştırma sorusuna cevap aranmıştır. Bunun için ilk olarak insan etkisi ortadan kaldırılarak, mızrap vuruş açısı, şekli, geometrisi ve materyali değişebilen ve bu değişimden sonra standart şekilde vuruş yapabilen bir mekanizma geliştirilmiştir. Farklı mızraplar, farklı kalınlıklar, açılar, mızraba uygulanan polisaj ve vuruş yerlerinin tınısal etkisi üzerinde durulmuştur. Bu analizler, ses yayılımı analizi temelinde Fast Fourier Transform (FFT) ve 1/3 oktav bandı analizi gibi tekniklerle gerçekleştirilmiştir. Tanburun sesini ve tınısını belirleyen faktörlerden farklı materyaller incelendiğinde; kemik ve mikartanın bağa mızraba göre daha yüksek düzeyde grafik eğrisi, katalin ve galalit malzemelerin ise daha düşük bir grafik eğrisi oluşturduğu görülmüştür. Ayrıca mızrabın üretiminde son aşama olan polisaj uygulamasının, tüm mızraplarda düşük bir grafik eğrisi oluşturduğu, kalınlığın ise anlamlı bir ilişki göstermediği görülmüştür. Ayrıca sağ el pozisyonunun 90 dereceden giderek azaltılan vuruş açısındaki her bir değişimin tüm grafik eğrilerinde yükselmeye sebep olduğu gözlemlenmiştir. Farklı vuruş yerlerinde ise eşige yaklaştıkça yüksek, uzaklaştıkça düşük grafik eğrilerinin elde edildiği görülmüştür. Bütün bu analizler ve incelemeler ışığında daha geniş ve somut bir bilgi tabanı oluşturulması hedefiyle icracıların istenen tonu elde etmek için hangi sağ el pozisyonunu tutmaları gerektiği, mızrap üretimi sırasında hangi değişikliklerin nasıl sonuçlar doğuracağı ortaya konmuştur. Sonuç olarak, tanburdan bağa benzeri bir sesin elde edilmesinde, bağa yerine farklı materyal kullanımının mümkün olacağı ancak mızrapların üretim süreçleri ve icrasında bir takım değişkenleri göz önüne alınması gerektiği görülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçların, Tanbur'un ses oluşum süreçlerinin ve akustik özelliklerinin daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacağı ve Türk Müziği alanında daha kapsamlı bilimsel çalışmalara kaynak teşkil etmesi açısından önemli olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, bu çalışmadan elde edilen bulgular, alternatif mızrap malzemelerin geliştirilmesine yönelik yeni yaklaşımların uygulanmasını teşvik etmektedir. Bu yeni materyallerin kullanımı, nesli tükenme tehlikesi altındaki Karetta Karetta kaplumbağalarının korunmasına önemli bir katkı sağlayabilecek ve aynı zamanda erişimi zor olan bağa mızraplar için alternatif bir seçenek sunabilecektir.

Bilim Kodu : 40104

Anahtar Kelimeler : Telli Çalgılar, Tanbur, Tını, Mızrap, Sağ el tekniği

Sayfa Adedi : 95

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Emir DEĞİRMENLİ

Acoustic Analysis of the Physical Characteristics of the Plectrum, Stroke Angles and Playing Regions in Tanbur Performance

(M. Sc. Thesis)

Furkan KARATAŞ

ANKARA HACI BAYRAM VELİ UNIVERSITY

THE INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

July 2023

ABSTRACT

The tanbur, considered one of the most significant instruments in Turkish music, both in terms of performance and the revelation of modal characteristics, is traditionally played with a plectrum made from tortoiseshell. This study provides a comprehensive investigation into the use of alternative materials for the plectrum (mızrap) in the sound generation process of the tanbur, focusing in detail on the impact of the plectrum and the right hand position of the performer on the timbral characteristics of the instrument. The main research question addressed in this thesis is the nature of the effect of the plectrum and the performer's right hand position on the timbre. To answer this, a mechanism was first developed that could standardise plectrum strokes, removing human variability, and that could change the angle, shape, geometry, and material of the plectrum. Various plectra of different thicknesses, angles, and polish applications, and their impact on the timbre of the instrument were explored. These analyses were performed using sound radiation analysis techniques such as Fast Fourier Transform (FFT) and 1/3 octave band analysis. When different materials were examined as factors determining the sound and timbre of the tanbur, it was observed that bone and micarta produced a higher graph curve compared to tortoiseshell plectra, while catalin and galalith produced a lower curve. It was also found that the final polish application in the production of the plectrum resulted in a lower graph curve for all plectra, and that thickness did not have a significant correlation. Additionally, each incremental change in right hand position, reducing the stroke angle from 90 degrees, caused an increase in all graph curves. It was also observed that as the strike locations moved closer to the bridge, higher graph curves were obtained, and as they moved away, lower curves were obtained. In light of these analyses and examinations, with the goal of creating a broader and more concrete knowledge base, this study clarifies which right hand positions the performers need to maintain to achieve the desired tone, and what consequences certain modifications will have during plectrum production. In conclusion, it was found that obtaining a sound similar to tortoiseshell from the tanbur by using different materials is possible, however certain variables must be considered during the production process and performance of the plectra. The findings of this study are expected to contribute to a better understanding of the sound generation processes and acoustic characteristics of the tanbur, and are of significant importance for encouraging more comprehensive and scientific research in the field of Turkish music. Additionally, these findings promote the implementation of new approaches to the development of alternative plectrum materials. The use of these new materials could make a significant contribution to the conservation of the endangered loggerhead sea turtles, and also provide an alternative option to the hard-to-access tortoiseshell plectra.

Science Code : 40104

Keywords : Stringed instruments, Tanbur, Timbre, Plectrum, Right-Hand technique

Page Number : 95

Supervisor : Asistant Prof. Emir DEĞİRMENLİ

TEŞEKKÜR

Tanıdığım günden bu zamana değin değerli vaktini, bilgisini, farklı fikirlerini, çözüm odaklı düşüncelerini ve özverisini esirgemediği gibi mekanizma üretiminin tüm sürecinde atölyesini, alet edevatını da esirgemeyen iyiliği sabrı ve yol göstericiliği için değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Emir DEĞİRMENLİ' ye

Özellikle mekanizmanın tüm üretim sürecinde gerek fikirleriyle gerekse teknik desteğiyle her zaman yanımda hissettiğim babam Prof. Dr. Çetin KARATAŞ'a, çizimleriyle ve üretimleriyle protipini görmemizi sağlayan Doç. Dr. Harun KOÇAK ve Doç. Dr. Mehmet SUBAŞI'na, ayrıca Mikarta mızraplar için Orçun GÜNEŞER'e

Destekleriyle bu süreci tamamlamama katkı sağlayan başta MSB Armoni Mızıkası Klarnet Grubu olmak üzere tüm Armoni Mızıkası personeline ve mesai arkadaşlarıma,

Desteklerini her zaman hissettiğim Gökçe ATASEVER, Muzaffer ATASOY, Samed KAHREMAN, Kenan YILMAZ, Enis ERDOĞAN, Melike METERLİOZ, Teoman TÜRKMEN'e,

Her türlü vakitlerinden feragat ettiğim sevgileriyle yürüdüğüm yolu aydınlatan annem Seher KARATAŞ'a, ablam Nihan KAFA'ya, eniştem Barış KAFA'ya, ve yeğenlerim Defne ve Ece'ye

Çalışmam sürecinde, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Türk Müziği Devlet Konservatuvarı Akustik Laboratuvarı'nda titreşim ve ses analizleri gerçekleştirme fırsatını bana sunan konservatuvar yönetimine ve bu laboratuvarın kuruluşu ve işletilmesinde önemli katkılarda bulunmuş olan hocam Dr. Öğr. Üyesi Emir DEĞİRMENLİ'ye içten teşekkürlerimi ifade etmek isterim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. İLGİLİ ARAŞTIRMALAR.....	7
3. YÖNTEM.....	11
3.1. Araştırmanın Modeli	11
3.2. Evren ve Örneklem	11
3.3. Veri Toplama Teknikleri	12
3.4. Verilerin Analizi ve Yorumlanması	25
4. KURAMSAL ÇERÇEVE	27
5. BULGULAR VE YORUMLAR.....	57
5.1. Birinci Alt Probleme Ait Bulgular	57
5.1.1. Farklı Materyal Mızrap Kullanımının Sese Etkisi Üzerine Bulgular.....	57
5.1.2. Farklı Kalınlıktaki Mızrapların Tanbur Sesine Etkisi Üzerine Bulgular.....	63
5.1.3. Malzemelere Uygulanan Polisajın Sese Etkisi Üzerine Bulgular .	67
5.2. İkinci Alt Probleme Ait Bulgular	75

5.2.1. Mızrap Vuruş Yerinin Akustiğe Etkisi Üzerine Bulgular	75
5.2.2. Mızrap Vuruş Mızrap Vuruş Açısının Sese Etkileri Üzerine Bulgular	77
6. TARTIŞMA.....	81
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	85
7.1. Birinci Alt Probleme Ait Sonuçlar ve Öneriler	85
7.1.1. Farklı Materyal Mızrap Kullanımının Sese Etkisi Üzerine Sonuçlar ve Öneriler.....	85
7.1.2. Farklı Kalınlıktaki Mızrapların Tanbur Sesine Etkisi Üzerine Sonuçlar ve Öneriler.....	85
7.1.3. Malzemelere Uygulanan Polisajın Sese Etkisi Üzerine Sonuçlar ve Öneriler.....	86
7.2. İkinci Alt Probleme Ait Sonuçlar ve Öneriler.....	86
7.2.1. Mızrap Vuruş Yerinin Akustiğe Etkisi Üzerine Sonuçlar ve Öneriler.....	86
7.2.2. Mızrap Vuruş Mızrap Vuruş Açısının Sese Etkileri Üzerine Sonuçlar ve Öneriler.....	86
KAYNAKÇA.....	89
EKLER.....	93
ÖZGEÇMİŞ	95

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Kantemiroğu nazari anlatımında tanbur 17. yy.....	2
Şekil 3.1. Tanbur mızrap hareketi için tasarlanan kam.....	13
Şekil 3.2. Mızrap vuruş düzeneğinin 3 boyutlu çizimi	13
Şekil 3.4. Mızrap çizimi	15
Şekil 3.5. Mekanizma ve mızrap vuruşunun harmonik karşılaştırılması	22
Şekil 4.1. 5.yy'da Herat'ta çizilmiş bir tanbur resmi	29
Şekil 4.2. Tanbur'un fiziki yapısı.....	31
Şekil 4.3. Tanburda oransal ölçeklendirme.....	35
Şekil 4.4. Tanburun karakteristik sesini duyurabildiği alan.....	36
Şekil 4.5. Gaz ortamdaki ses dalgalarının basınç değişimleri.....	37
Şekil 4.6. Genlik ve ses şiddeti ilişkisi.....	38
Şekil 4.7. Basit ses gürültü ve müzik seslerinin dalgalarının görünüşleri.....	38
Şekil 4.8. Ud sesi ve basit ses için dalga şekli ve frekans analizi	39
Şekil 4.9. Gergin elde dalga şekilleri ve harmoniklerin ilk altısı.....	40
Şekil 4.10. Viola ve keman seslerinin harmonik farklılığı.....	41
Şekil 4.11. Piyano ve kemanın ses dalgalarıyla zarflarının gösterimi	42
Şekil 4.12. Farklı frekansların ses zarfı/dalgası arasındaki ilişki.....	43
Şekil 4.13. Re teli (kırmızı) ve ses tablası (mavi) frekans analizleri	43
Şekil 4.14. Telli çalgılarda ses oluşum diyagramı	44
Şekil 4.15. Temel frekans üzerine oluşan harmonikler.....	45
Şekil 4.16. Tel üzerindeki farklı açılardan kaynaklanan ses değişimi	46
Şekil 4.17. 1.5 mm ladin ses tablasının titreşim bölgeleri	47

Şekil 4.18. Rezonansa girmiş bir köprü	47
Şekil 4.19. Ses tablasının rezonans eğrisinin oluşan sese etkisi	48
Şekil 4.20. Sonlu elemanlar metodu kullanılarak ve deneysel teknikler kullanılarak tanbur çalgısındaki mod şekilleri arasındaki farklar	53
Şekil 4.21. İki farklı kemençe icracısından alınmış spektrum analizi grafikleri...	55
Şekil 5.1. Farklı mızrapların (50-1000 Hz) 1/3 oktav bandı tını analizi.....	58
Şekil 5.2. 50-20 kHz farklı mızrapların1/3 oktav bandı tını analizi.....	59
Şekil 5.3. Bağa-Delrin harmonik analizleri.....	60
Şekil 5.4. Bağa-Galalit harmonik analizleri.....	60
Şekil 5.5. Bağa-Katalin harmonik analizleri	61
Şekil 5.6. Bağa-Kemik harmonik analizleri	62
Şekil 5.7. Bağa-Mikarta harmonik analizleri	62
Şekil 5.8. Farklı kalınlıktaki delrin mızrap 1/3 oktav bandı analizi.....	63
Şekil 5.9. Delrin mızrap farklı kalınlık 50 - 20 kHz aralığı farkları	64
Şekil 5.10. Farklı kalınlıktaki bağa mızrapların 1/3 oktav bandı tını analizi.....	65
Şekil 5.11. Farklı kalınlık delrin mızrap harmonik analizi	66
Şekil 5.12. Farklı kalınlık Bağa Mızrap Harmonik Analizi	67
Şekil 5.13. Bağa mızrap polisaj farkının 1/3 oktav bandı analizi	68
Şekil 5.14. Bağa mızrap polisaj farkının harmonik analizi.....	68
Şekil 5.15. Delrin mızrap polisaj farkının 1/3 oktav bandı analizi	69
Şekil 5.16. Delrin mızrap polisaj farkının harmonik analizi.....	70
Şekil 5.17. Galalit mızrap polisaj farkının 1/3 oktav bandı Analizi.....	70
Şekil 5.18. Galalit mızrap polisaj farkının harmonik analizi	71
Şekil 5.19. Katalin mızrap polisaj farkının 1/3 oktav bandı analizi.....	72
Şekil 5.20. Katalin mızrap polisaj farkının harmonik analizi	72

Şekil 5.21. Kemik mızrap polisaj farkının 1/3 oktav bandı analizi.....	73
Şekil 5.22. Kemik mızrap polisaj farkının harmonik analizi	74
Şekil 5.23. Mikarta mızrap polisaj farkının 1/3 oktav bandı analizi	74
Şekil 5.24. Mikarta mızrap polisaj farkının harmonik analizi	75
Şekil 5.25. Farklı vuruş yerlerinin 1/3 oktav bandı analizi	76
Şekil 5.26. Farklı vuruş yerleri harmonik analizleri	77
Şekil 5.27. Farklı açılarda vuruşun 1/3 oktav bandı analizi.....	78
Şekil 5.28. Farklı açılar harmonik analizi.....	79



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. İcracı mızrap vuruşu ve ölçümü.....	12
Resim 3.2. Mızrap vuruş mekanizmasının üretimi	14
Resim 3.3. Mızrabın bağlantısı ve referans mızraplar	14
Resim 3.4. Referans mızrapların ayarlanması.....	15
Resim 3.5. Mızrap üretim aşaması.....	16
Resim 3.6. Mızrap açısı değişimleri	17
Resim 3.7. Farklı mızrap tutuş yerleri.....	18
Resim 3.8. Mızrap vuruş mekanizmasının düzeneği	19
Resim 3.9. Ardunio hareket kodları	20
Resim 3.10. Mikrofonun aşağı alınması ve analiz mikrofonu	21
Resim 3.11. Analizler süreci nem ölçümü	24
Resim 4.1. Tanbur'un (göğüs ve tekne) Gövdesi.....	32
Resim 4.2. Tanbur göğsünde çökme	32
Resim 4.3. Tanburda akort burguları	33
Resim 4.4. Tanbur mızrabı.....	36
Resim 4.5. Gezici çekiç testi uyarı noktaları ve ivme ölçerli çekiç	50
Resim 4.6. Holografik interferometri tekniği ve oluşan titreşim şekilleri	51
Resim 4.7. Chladni tekniğinin gösterimi.....	51
Resim 4.8. Ses yayılım ve mobilite ölçümü.....	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu bölümde çalışmamızda yer alan simge ve kısaltmalar açıklamalarıyla birlikte verilmiştir.

Simgeler	Açıklamalar
Akt :	Aktaran
dB :	Genellikle ses düzeyi için kullanılan bir birimdir.
dB(A) :	dB ses düzeyi biriminin insan kulağının duyarlılığına göre düzenlenmiş halidir
Hz :	Birim saniyedeki titreşim sayısını veren birimdir.
FFT :	Fast Fourier Transform
FRF :	Frequency Response Function
FTF :	Frekans Tepki Fonksiyonu
LTAS :	Long Term Average Spectrum
Yy :	Yüzyıl

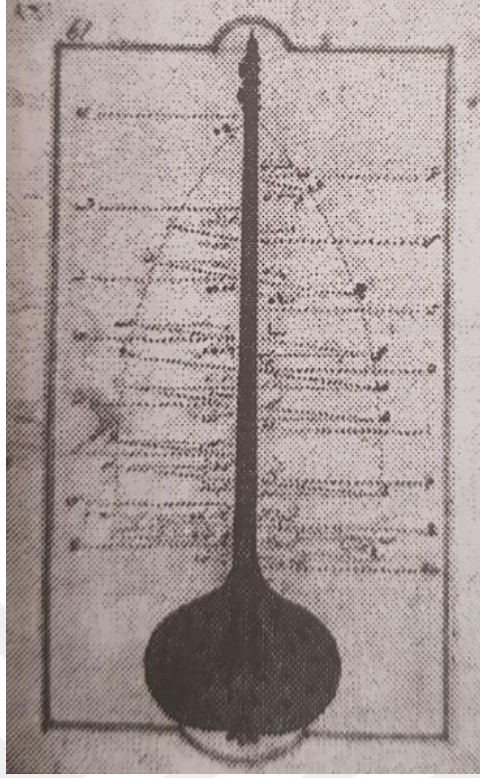
1 GİRİŞ

Geçmişten günümüze çeşitli uygarlıklar, sosyal ve kültürel unsurlar ile yaşamlarını şekillendiren coğrafi koşulların baskısı altında kendilerine özgü müzikal biçimler yaratmışlardır. Bu biricik müzik türlerinin yükselmesine katkı sağlamak ve onlarla uyumlu olabilmek için, çeşitli enstrümanları tasarlamışlar ve duygusal deneyimlerini bu araçlar vasıtasıyla dışa vurmayı tercih etmişlerdir. Bu enstrümanların bir kısmı evrim geçirerek tarih sahnesindeki varlığını sürdürmüştür. Diğer yandan bazıları zaman içerisinde kaybolmuş ve unutulmuştur. Türk müzikal araçları da bu sürecin içerisinde kendi değişim ve gelişimini yaşamıştır. Özellikle Tanbur, Türk Müziği'nin özünü ifade eden, genellikle literatürde sıkça yer alan ve Türk makam müziği tasvirinde kullanılan telli ve mızraplı bir enstrüman olarak öne çıkmaktadır.

Türkler'in kullandıkları enstrümanların belirlenmesi geniş araştırmalar sonucu mümkündür. Zira Moğolistan'dan, Doğu Türkistan'dan Mısır'a Cezayir'e Hindistan'a ve Doğu Avrupa'ya kadar geniş bir coğrafya üzerinde Türk sanatının tarihsel izleri görülmektedir (Aslanapa, 1965: 58).

Türkler'in tarihsel serüveninde de tanbur denince standart bir yapıyla karşılaşılammamaktadır. Tanbur kelimesi gövdeli, uzun saplı ve çok telli birçok çalgı için kullanılmıştır. Orta Asya'da Türk sazının biraz büyümesi, tel ve perde sayısının çoğalmasıyla, tanbur adını aldığını görüyoruz. Ayrıca tanburla eş anlamlı olarak tanbura, dombur, dombrak gibi kelimelerin de kullanıldığını görüyoruz (Ögel, 1991: 58 Akt. Aslanapa)

Osmanlı döneminde tanbur, 17. yüzyıl sonlarından itibaren ilgi görmeye başlamış, en çok itibarını ise 18. yy da görmüştür. 1700'lü yıllarda Dimitri Kantemiroğlu, Kantemiroğlu Mecmuası (Edvarı) olarak anılan "Kitâbü İlmi'l- mûsikî alâ vechi'l-hurûfât" adıyla yazdığı eserinde, mûsikînin amelî tarafı ile daha tartışmalı bir yönü olan nazarî esaslarını, Şekil 1.1'de görüldüğü gibi Tanbur sazınının perdelerini kullanarak açıklamıştır. Ayrıca bu enstrümanı Türk mûsikîsinin standart çalgısı kabul etmiştir (Maxim, 2002: 322).



Şekil 1.1. Kantemiroğu nazari anlatımında tanbur 17. yy (Maxim, 2002: 322)

Yüzyıllar içerisinde giderek artan bir ilgiyle Tanbur sazı, makam müziği tanımı dışında icrası olarak da tercihen kullanılır hale gelmiş, nitelikli ses çıkarabilmek ajilite, doğru perde baskısı gibi unsurlar yanında icracılar arasında fark yaratan bir etken haline gelmiştir. Nitekim bu farklılığı da farklı materyal mızrap ve farklı mızrap tutuşları gibi sağ el pozisyonları yaratmaktadır.

Mızrap, tanbur sazında çok önemli bir yer tutar ve çalım tekniğini ziyadesiyle etkiler. Bağa adı verilen deniz kaplumbağasının sırt kabuğundan üretilir. Elektriklenmemesi bağa mızrabın en önemli özelliklerinden birisidir. Diğer mızraplı enstrümanlardan farklı olarak tanbur mızrabının ucu düz şekilde üretilmemektedir. Bu enstrüman icracısının tavrına ve isteğine göre farklılık gösterebilmektedir. Bu uç kısımlara açkı adı verilir. Açkılar icracının sağ el pozisyonunu, sazdaki teknik kabiliyetini, tavrını ve tonunu etkiler. Sırf bu açkı farklarından farklı üslup ve tavırda icralar doğmuştur. Tanbur açkılarını farklı yapmak farklı çalış sitilleri ve farklı tınlar yakalamak demektir (Aydemir, 2015: 22).

Mızrabın tınısal etkisi akustik zarfta atak zamanıyla doğrudan ilişkilidir. Bu ilişki, ilk hareketi veren materyalin neden üretildiği uyguladığı kuvvetin şiddetini

etkiler cinstendir. Birçok icracı ve bu işin uzmanı ile yapılan görüşmeler sonucu tanbur icracısında mızrap sesinden gelen parazit sesin ne derece olması gerektiği ve bu konuyla ilgili kaygılar dile getirilmiştir (Kakı, 2012).

Akustik, eski yunancada işitmek anlamı taşır. Sesi anlamamız için gereken ses dalgalarının oluşumu, iletimini ve ölçüm yöntemlerini inceleyen bilimdir. Temellerini filozof ve fizikçi Aristoteles atmıştır ve ilk çağlardan beri bu bilim dalıyla ilgilenilmiştir. Galileo'dan Phytagoras'a, Newton'dan Hertz'e, Edison'a kadar birçok önemli bilimciler tarafından da ses dalgalarının kuramsal ve deneysel yönleri incelenmiş ve bu alana katkılar sunmuşlardır (Kurra, 2009: 2).

Bilindiği üzere mûsıkî ses aracılığı ile yapılan bir sanattır. Müziğin her safhasında fiziğe bağlılığı söz konusudur. Ses ve sanat arasında illiyet münasebetinin iyi bir şekilde kurulması gerekir. Mûsiki, tabiatta mevcut tabii sesin mahiyet ve hususiyetlerinin tespiti işini fizik sahasına terk etmiştir. Fizikte önemli olan nicelikler iken Musikide nitelik önemlidir. Fizik objektiftir, musiki ise sübjektif bir yapıdır. Fizik akla, mûsikinin ise duygulara dayandığı ifade edilir. Bütün bu zıt görüşlere karşın, fizikle musiki arasında ortak yanlar mevcuttur. Müzik ile fizik arasındaki asıl ilişki mûsikinin birçok yönünün, bütünüyle fiziğin etki alanında bulunmasından doğar (Öksüz, 1998: 2).

Bu bağlamda da kemanda Martin Schleske (2002a, 2002b), Helmholtz (1895) gitarda Wright (1996), Rossing (1988), Jansson (1983), Türk müziği enstrümanlarında ise ud'da Değirmenli (2018), Kanunda Yılmaz (2002), tanburda Erkut, Tolonen, Karjalainen, and Valimaki (1999), Taçoğlu (1998) telli çalgıların akustik özelliklerini ortaya koymuşlardır.

Yüzyıllardır varlığını sürdüren ve Türk Mûsikîsinde önemli yer tutan tanbur, bu mûsikînin meşk sistemine dayalı usta-çırak ilişkisi sebebiyle tarihten günümüze belli başlı klasikleşmiş ve kabul görmüş olgular taşır. Mızrap kullanımı ve sağ el tekniği de bu olgulardan birisidir. Bu anlamda disiplinler arası bir çalışmayla günümüz teknolojilerini de kullanarak özellikle yeni başlayacak tanburilere farkındalık yaratmak ve bilgiye kolay ulaşmalarını sağlamak önem arz etmektedir.

Problem Durumu

Tarihi sürecinde telli çalgılar, gerek çalgı yapımcıları gerekse icracıları tarafından Türk Mûsikîsinde ön planda tutulmuştur. Bu bağlamda istenilen tonu, tınıyı yakalamak amacıyla çalgı yapımcısından icracısına kadar birtakım girişimlerde

bulunulmuş iyi ve güzel olan aranmıştır. Ancak icracıların neyi nasıl yapmaları gerektiği yalnızca hocalarının tecrübeleri ya da deneme yanılma yoluyla olmuştur. Bu bağlamda da meşk sistemi kaynaklı Türk Müziğinde Nesli tükenmekte olan temini zor ve maliyeti yüksek olan bağa mızrap en iyi ton veren unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada tanbur çalgısı temel alınarak icracının ve farklı mızrapların tınısal faktörlere etkisi araştırılmış ve edinilen bilgi ve tecrübeler doğrultusunda araştırmanın problem cümlesi “Tanbur çalgısının tonal karakterine Farklı Mızrap ve Sağ el Tekniklerinin akustik açıdan etkileri nelerdir?” şeklinde belirlenmiştir.

Problem Cümlesinden hareketle alt problemler şu şekilde belirlenmiştir.

Alt problemler

1. Tanbur mızrabının fiziksel özelliklerinin ve tasarımının ses üzerindeki etkileri nelerdir?
 - a. Farklı materyallerdeki mızrapların sese etkisi nasıldır?
 - b. Farklı mızrap kalınlığının sese etkisi nasıldır?
 - c. Malzemelere uygulanan polisajın sese etkisi nasıldır?
2. Tanbur çalgısında vuruş açısı ve bölgesinin ses üzerindeki etkileri nelerdir?
 - a. Mızrap vuruş yerinin sese etkisi nasıldır?
 - b. Mızrap vuruş açısının sese etkileri nasıldır?

Amaç

Nitelikli ses ve tını elde etme bir icracının en önemli kaygı unsurlarından birisidir. Telli çalgıların icrasında ses oluşumu mızrap ve tel ilişkisiyle başlar. Bu bağlamda çalışmada mızrap çeşitliliği, mızrap açısı, mızrap tutma sıkılığı, sağ el pozisyonu değişkenlerinin tanbur icrasında sesin kalitesini ve oluşum sürecini nasıl etkilediğinin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Ayrıca tanbûrilere nitelikli ses oluşumunda sağ el pozisyonu, açısı ve mızrap çeşidi kullanımı çeşitli ölçüm yöntemleriyle tını kalitesi somutlaştırılıp bir standart halinde getirilerek sunulması, bu bilgilerin tanbur başta olmak üzere tüm Türk Müziği telli çalgıları üzerinde kullanılması amaçlanmaktadır.

Önem

Türk mûsikisinde tanbur sazı en eski çalgılarından biri olarak kullanılsa da ses oluşum sürecinde mızrap kullanımı ve sağ el pozisyonunun tınısal etkileri detaylı bir şekilde araştırılmamıştır. Bunun sonucunda nitelikli ses oluşumu için tanburiler ya deneme yanılma yoluna ya da hocalarının tecrübeleri doğrultusunda ulaşabilmektedirler. Bu çalışma Tanbur icrasında sağ el pozisyonu, açısı ve farklı çeşitlikte mızrap kullanımı açısından ilk olması, bu bilgilerin diğer telli çalgılara uyarılana bilinmesi açısından önemlidir. Ayrıca kaplumbağa kabuğundan üretilen bağa mızrapa alternatif mızrap ve bu mızraplarla nitelikli tını elde edilebilmesi adına önem arzemektedir.

Sayıtlar

Tanbur icrasında mızrapın fiziksel özellikleri ve tutuş şeklinin çalgının ses tonu üzerinde algılanabilir bir etkisi olduğu varsayımı ile hareket edilmiştir. Bu kapsamda Bağa mızrap, en iyi ton elde edilen mızrap varsayılarak diğer mızraplarla karşılaştırılmıştır.

Sınırlılıklar

Bu çalışma farklı mızrap materyallerinden bağa, delrin, galalit, katalin, kemik, mikarta ile, sağ el pozisyonundaki 10 farklı vuruş yeri ve 7 farklı tutuş açısı ile sınırlandırılmıştır.

2 İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Bu bölümde, araştırmaya kaynaklık etmesi amacıyla, doktora tezleri, yüksek lisans tezleri ve makaleler, anahtar sözcükler doğrultusunda taranmış ve araştırmanın konusu ile benzerlik gösterenler tespit edilerek açıklanmıştır.

Değirmenli (2018) tarafından hazırlanan “Türk Müziği Çalgılarından Ud’da Ses Oluşumunun İncelenmesi Ve Telli Çalgıların Ses Karakteri Açısından Tasarımlarının Belirlenmesine Dair Yöntem Önerisi” adlı doktora tezinde, ud enstrümanının ses oluşum süreci detaylıca ele alınmış ve bu incelemeler ışığında, telli çalgıların ses karakteristiği göz önünde bulundurularak tasarlanması konusunda bir metodoloji önerilmiştir. Araştırmada, aktif kullanımda olan on adet ud, bir adet tanbur ve bir adet bağlama üzerinde detaylı titreşim ve ses analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, deneylerde kullanılmak üzere bir adet ud özellikle bu çalışma sürecinde üretilmiştir. İlk etapta, udların ses karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla BTL modeli temel alınarak psikoakustik dinleme testleri, Uzun Dönem Ses Spektrogramları (LTAS) analizleri ve ses yayılım analizleri yapılmıştır.

Gökbudak (2011) tarafından hazırlanan “Klasik Türk Müziği Çalgılarından Kanun ve Tanburun tonal Karakteristiklerinin Belirlenmesi” isimli doktora tezinde, Kanun ve ud enstrümanlarının ses özelliklerine yönelik bir analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analiz, çalgıların frekans aralıklarının ve davranışlarının, harmonik yapılarının, formantlarının, ve ses basınç seviyelerinin yanı sıra, ses yayılım (yönelme) özelliklerini de içermektedir. Böylelikle bu bilgiler ışığında çalgıların çalgıların tasarım ve performanslarını daha iyi optimize etme imkanı sunmaktadır.

Güneşer (2019) tarafından hazırlanan “Kemençe Tınısının Spektrum Analizi Yöntemiyle İncelenmesi” adlı yüksek lisans tezinde Son teknolojik araçların yardımıyla, bugünün dört önemli kemençe sanatçısının çalgılarından ses örnekleri toplanmış ve spektrum analizi yöntemi ile detaylı bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonucunda, kemençe tınısının spesifik özellikleri analitik veri seti olarak ölçümlenmiştir. Elde edilen bu veriler, araştırmanın belirlediği kriterlere göre değerlendirilmiş ve karşılaştırmalı bir analiz yapılmıştır. Bu sayede, dört önemli kemençe sanatçısının çalgılarının tınısal özelliklerindeki benzerlikler ve farklar ortaya konulmuştur.

Yaygingöl (2019) tarafından hazırlanan “Kemanda Yay ile Ses Üretimi Ve Ses Üretiminin Teknik Analizi” adlı yüksek lisans tezinde Bu çalışmada, kemanda yay ile ses üretimi konusu bilimsel açıdan çeşitli bakış açılarıyla incelenmiştir ve yay ile ses üretimi hakkında bilimsel verilere dayalı bir bilinç oluşturulmaya çalışılmıştır. İlk olarak, ses üretim süreci yay ekseninde ele alınmış ve yay materyallerinin ses üzerindeki etkisi üzerinde durulmuştur. Ardından, ses üretim sürecinde kritik bir rol oynayan önemli sağ el teknik unsurları incelenmiş ve kemanda yay ile ses üretimi süreci icra perspektifinden değerlendirilmiştir. Bu bölümün sonunda, önemli sağ el teknik unsurlarından ses noktası ve yay eğiminin ses şiddeti üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Elde edilen veriler, Tek Yönlü Anova Varyans Analizi ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Tezin son bölümünde ise, belirtilen sağ el teknik unsurlarını geliştirmek amacıyla bir dizi egzersiz toplanmıştır.

Değirmenli (2014) tarafından hazırlanan “Akustik Ölçüm Teknikleri Kullanılarak Üretilen Ud Ses Tablasının Titreşim Özelliklerinin Kontrolü Üzerine Yeni Bir Yöntem Önerisi” adlı yüksek lisans tezinde, mızraplı çalgıların ses oluşum süreçlerine ve özellikle ud çalgısının harmonik yapısına ve spektral analizlerine odaklanmaktadır. Bu çalışma, udun ses tablasının titreşim özelliklerinin kontrolüne yönelik yeni bir metodolojiyi tartışmakta ve bu çerçevede akustik ölçüm tekniklerinin kullanılmasını önermektedir. Böylelikle, ses oluşumu ve çalgıların ses karakteristiklerinin daha iyi anlaşılması ve kontrol edilmesi hedeflenmiştir.

Güzey (2009) tarafından hazırlanan “Yaylı Çalgılarda Arşenin Akstik Etkisi” adlı yüksek lisans tezinde arşenin akustik karakter ve ses tonu üzerindeki potansiyel etkisini belirlemek amacıyla keman enstrümanı temel alınarak tarihsel ve teknik evrimi boyunca keman arşesinin yapısını incelenmiştir. Bu analiz, yapıdaki teknik özellikler ve tonal etkiler hakkında bir araştırma yapılmış, sonraki adımda profesyonel bir stüdyo ortamında gerçekleştirilen akustik deneylerle bu bulguları doğrulanmıştır. Aynı kişi tarafından çalınan ve aynı eserle test edilen altı farklı arşeden alınan ses kayıtlarını analiz ederek, her bir arşenin performansını değerlendirilmiştir. Tonlardaki belirgin farklılıklar, arşenin yaylı çalgılardaki genel tonu önemli ölçüde etkileyebileceği sonucuna işaret etmiştir. Bu bulgular, her arşenin benzersiz bir ses özelliğine sahip olduğunu göstermektedir.

Erdiş (2006) tarafından hazırlanan Bağlamanın Akustik Açıdan İncelenmesi ve geliştirilmesine ilişkin yeni yaklaşımlar isimli Yüksek lisans tezinde, bağlamanın akustik özelliklerini anlamayı hedefleyerek seslerin frekans ve titreşim sürelerini incelenmiştir. Ayrıca, bağlamanın akustik niteliklerini geliştirmek için, ses tablasının balkonlarla ve ek ses delikleriyle tasarlanmasına dayalı yenilikçi bir yaklaşımlar sunmuştur. Bu önerilen yöntem, bağlama ailesinden daha yüksek şiddetli ve daha uzun süreli ses ürettiği görölmüştür.

Bozkır (2002) tarafından hazırlanan Bağlamada Malzeme-Tını İlişkisi ve Dinamik Analizler isimli yüksek lisans tezinde, bağlamanın yapım sürecini ve bileşenlerini, kullanılan ağağ malzemeleri ve üretim tekniklerini detaylı bir şekilde incelenmiş, Ardından, üç farklı tını hedefi için üretilmiş bağlamaların yapım sürecinde kullanılan malzeme ve tekniklerdeki farklılıklara dikkat çekilmiştir. Bu bağlamaların ürettiği seslerdeki tını farklılıkları, frekans analizi aracılığıyla görsel olarak bağlamanın tonunun ve sesinin nasıl değiştirdiğini anlama konusunda bir perspektif sunulmuştur.

Tağoğlu (1998) tarafından hazırlanan Tanburda Kullanılan Ses Tablalarında Rezonans Özelliklerinin İncelenmesi isimli yüksek mühendislik tezinde, tanburun yapım süreci ve bu süreçte kullanılan ağağ malzemeler üzerinde durarak başmış, Uludağ Köknarı, Ladin ve Red Wood ağağlarından üretilen ve her biri üç farklı kalınlığa sahip ses tablaları tanburlara takılarak ses kayıtları alınmıştır. Frekans analizi ile bu kayıtların tınlarını araştırılmış ve çalgının ses tablasının titreşim bölgeleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, köknar ağacının tanbur ses tablası yapımında diğer iki ağaca kıyasla önemli bir fark yaratmadığı, Ladin ağacının kendine özgü ve müzikalitesi yüksek bir tını oluşturduğunu, Red Wood'un ise en kuvvetli sesi ürettiğini göstermiştir.

Öner (2018) tarafından hazırlanan “Ud Eğitiminde Mızrap Hazırlamalı Sağ El Çalım Tekniğinin Etkisi üzerine Bir Pilot Çalışma” adlı makalede Ud eğitiminde kullanılan metotlar incelendiğinde mızrap yönleri dışında sağ el tekniğine dair yönlendirmelerin ve mızrabın teller arası geçişlerine yönelik egzersizlerin ortaya konulmuş tavsiyeler verilmiştir.

Eden and Arapgirlioğlu (2015) tarafından hazırlanan “Konvolüsyon Tekniği İle Çalgı Rezonansı Modellemesi: Tanbur Örneği” adlı Müzik Teknoloji dergisinde

yayınlanan makalede tanburda rezonans tellerini ve işlevleri araştırılmış, konvolüsyon yöntemi kullanılarak elde edilen doğuşken örüntüleri frekans analizi yöntemiyle karşılaştırılmıştır.

Erkut ve diğerleri (1999) tarafından hazırlanan “Acoustical Analysis of Tanbur, A Turkish Long-Necked Lute” isimli Makalede, tanbur çalgısının akustik analiz sonuçlarını araştırılmıştır. Analiz verileri, anekoik bir odada gerçekleştirilen çeşitli ses kayıtları ve ölçümlerden oluşmaktadır. Zaman-frekans analiz teknikleri kullanarak, tanburun akustik olarak önemli bazı özelliklerini, lineer ve nonlineer tel titreşim davranışı incelenmiş ve bazı batı yaylı algılar üzerine yapılan araştırma sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.



3 YÖNTEM

Bu çalışmada, Türk müzik çalgılarından olan tanburda mızrap ve icracının ses oluşum sürecine etkilerini ölçüm ve analiz teknikleri kullanarak incelenmiştir. Buradan elde edilen bilgilerle bir yöntem önerisinde bulunulmuştur. Bu bölümde araştırmanın modeli, evren ve örnekleme, verilerin toplanması ve verilerin analizi başlıkları altında izlenen yöntem hakkında bilgi verilmiştir.

3.1 Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada, Tanbur icrasında ses ve tını oluşum sürecinde sağ el pozisyonu ile mızrap çeşitliliğinin etkisine ilişkin tınsal ve yapısal analizlerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu nedene çeşitli değişkenler arasındaki neden sonuç ilişkisinin test edilmesi açısından deneysel bir çalışmadır.

Deneysel araştırmalar, araştırmacı tarafından oluşturulan farkların bağımlı değişken üzerindeki etkisini test etmeye yönelik çalışmalardır. Deneysel desenlerde temel amaç değişkenler arasında oluşturulan neden-sonuç ilişkisini test etmektir. Araştırmacı bu amacı gerçekleştirmek için bağımsız değişkenlerin düzeyleri olan işlem gruplarına seçkisiz atama yapmak, bağımsız değişkenleri manipüle etmek, dışsal değişkenleri kontrol altına almak durumundadır (Büyüköztürk, Çakmak, Akgün, Karadeniz, & Demirel, 2009: 202)

Bu çalışma seçkisiz atama kullanılmayan bir deneysel araştırma olduğundan dolayı yarı deneysel (Büyüköztürk ve diğerleri, 2009: 216) bir çalışmadır.

3.2 Evren ve Örneklem

Evren (population), araştırma sonuçlarının genellemek istendiği elemanlar bütünüdür. Bu bütün, ortak özellikleri olan canlı ya da cansız her türlü elemanı içerebilir. Çoklu elemanlardan oluşan bütünler için kullanılan ‘evren’ terimi, yerini tekli elemanlar (birimler) için ‘örnek olay’, küçük çokluklar için de ‘araştırma kümesi’ gibi deyimlere bırakır (Karasar, 2023: 147).

Bu tanım çerçevesinde çalışmamızın evrenini mızrapla icra edilen ve ses oluşum süreçleri benzerlik gösteren tüm mızraplı telli çalgılar oluştururken, örneklemimizi ise

tabakalı amaçsal örnekleme yöntemiyle belirlediğimiz mızraplı tanbur sazı oluşturmaktadır.

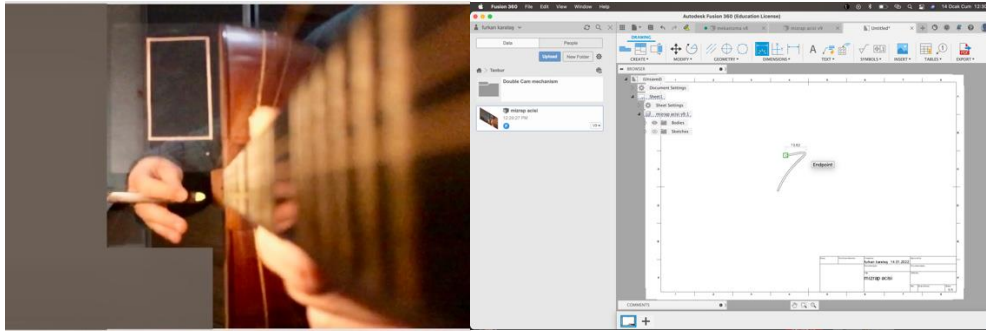
Tabakalı Amaçsal Örnekleme ilgilenilen belli alt grupların özelliklerini göstermek, betimlemek ve bunlar arasında karşılaştırmalara olanak tanımak amacıyla tercih edilir. Bu örnekleme yöntemi seçkisiz tabakalı örneklem yöntemine benzemekle birlikte seçkisiz yöntemde gözlem birim rastgele yöntemle seçilirken tabakalı amaçsal örneklemede rastgele seçilmez (Büyüköztürk ve diğerleri, 2009: 95).

3.3 Veri Toplama Teknikleri

Bu bölümde verilerin toplanması için kaynak taraması yapılacak, ayrıca deneyde gerekli verilerin analizleri için ses kayıtları alınarak analiz edilecek örneklerin dijitalleşme ve analiz için gerekli donanım ve yazılımlar hakkında bilgi verilmiştir.

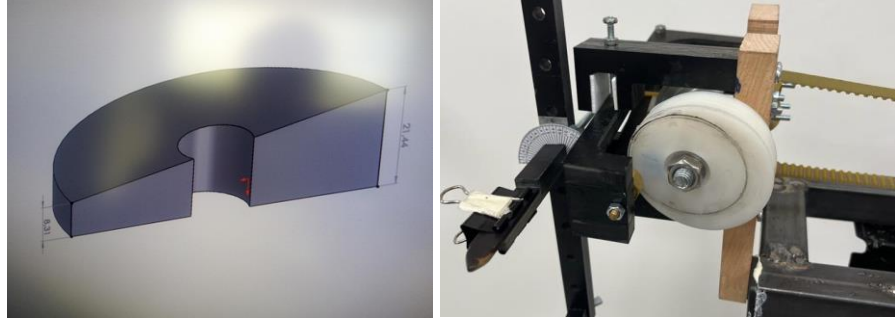
Mızrap Vuruş Aparatı

Bu çalışmada, özel bir hareket şekline sahip olan, mızrap vuruş açısı, şekli, geometrisi ve materyali değişebilen ve bu değişimden sonra standart olarak aynı açı ve şekilde vuruş yapabilen insan etkisi ortadan kaldırılarak, icracı benzeri bir şekilde standart bir vuruş pozisyonu sağlanıp analizlerinin yapılması hedeflenmiştir.



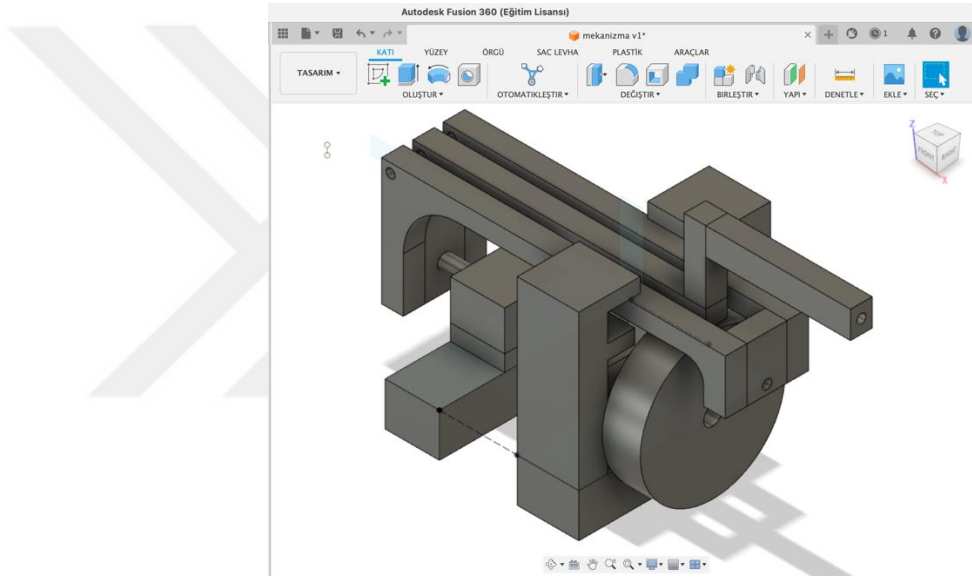
Resim 3.1. İcracı mızrap vuruşu ve ölçümü

Bu sistem için Resim 3.1görüldüğü gibi icracının çalma pozisyonu ağır çekimde çekilmiş, mızrapın tele giriş çıkış mesafeleri Fusion 360 programı kullanılarak ölçülerek çizimi yapılmıştır. Bu ölçüm için sabit bir dikdörtgen kullanılarak aynı perspektif yakalanmıştır. Sonrasında Şekil 3.1 görüldüğü gibi mızrapın tele vuruşu hareketi taklit edebilecek bir kamlı sistem üç boyutlu olarak çizilmiştir. Bu kamlı kısım değişerek farklı vuruş şekillerinden farklı mızraplı çalgılara geniş bir yelpazede kullanılabilmesi mümkündür.



Şekil 3.1. Tanbur mızrap hareketi için tasarlanan kam

Şekil 3.2’ de görüldüğü gibi icracının mızrap tutuşunu taklitini yapabilecek bir sistem tasarlanarak üç boyutlu olarak çizilmiştir.



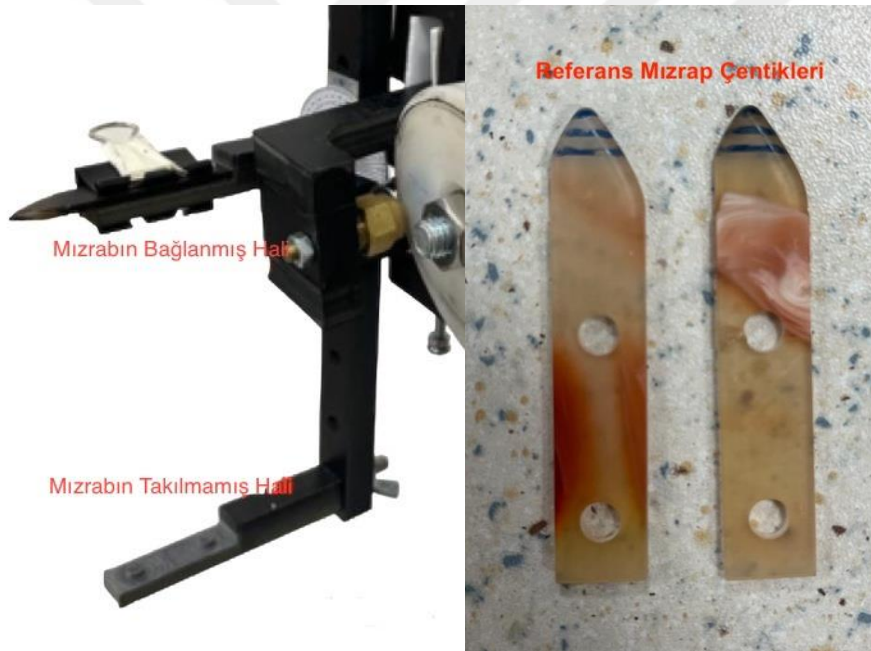
Şekil 3.2. Mızrap vuruş düzeneğinin 3 boyutlu çizimi

Bu sistemin uç kısmı farklı açı ve vuruş yerlerine ayarlanabildiği gibi farklı mızrapların gelebileceği şekilde tasarlanmıştır. Tasarlanan mızrap vuruş mekanizması CNC Freze kullanılarak Resim 3.2’ de görüldüğü gibi üretilmiştir. İşleme kolaylığı ve mukavemeti sebebiyle kompakt laminat malzemesi kullanılmıştır.



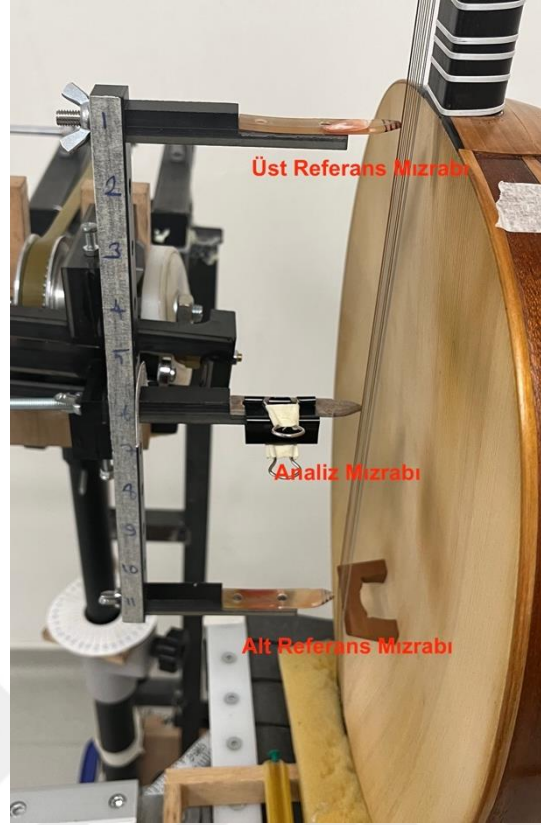
Resim 3.2. Mızrap vuruş mekanizmasının üretimi

Resim 3.3’de görüldüğü gibi çalışmamızda farklı malzemeler de kullanacağımızdan dolayı mızrap değişimi esnasında vuruş pozisyonunun değişmemesi ve kolay takılıp sökülmesi için bir uç tasarımı yapılmıştır. Bu tasarım sayesinde açı ve vuruş şekli değişmemektedir.



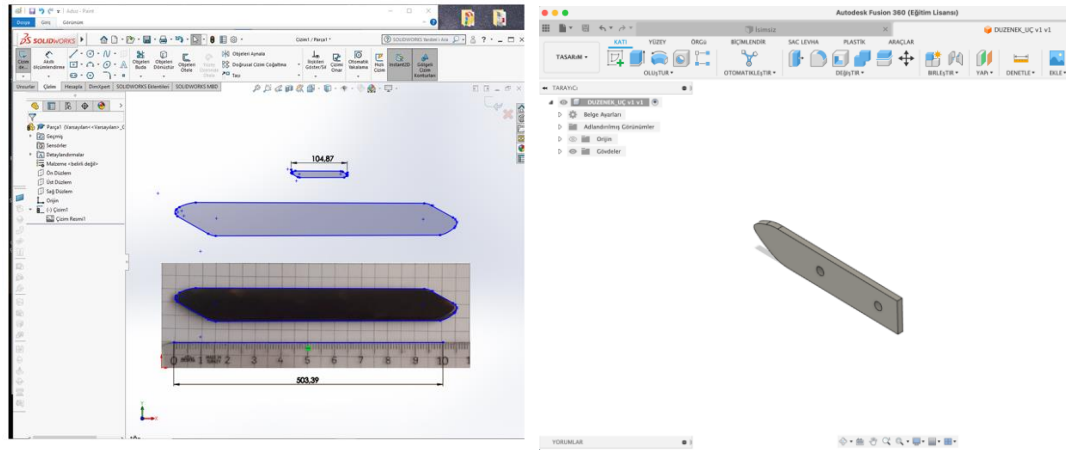
Resim 3.3. Mızrapın bağlanması ve referans mızraplar

Ayrıca tanbura vuruş pozisyonunun aynı olmasını sağlamak için referans mızraplar hazırlanmış ve bu mızrapların üzerine çentikler çizilerek tele giriş ve çıkış mesafeleri ayarlanmıştır. Resim 3.4 görüldüğü gibi ölçüm alınmadan önce bu referans mızraplar gövdenin en alt ve en üst kısmına getirilerek standart bir vuruş pozisyonu yakalanmaya çalışılmıştır. Ölçüm alınacağı esnada çıkarılmıştır. Ve her mızrap değişiminde aynı vuruş pozisyonu için kontrolü sağlanmıştır. Ayrıca Üzerinde bulunan açı ölçer sayesinde mızrap vuruş açıları standart olarak ayarlanmıştır.



Resim 3.4 Referans mızrapların ayarlanması

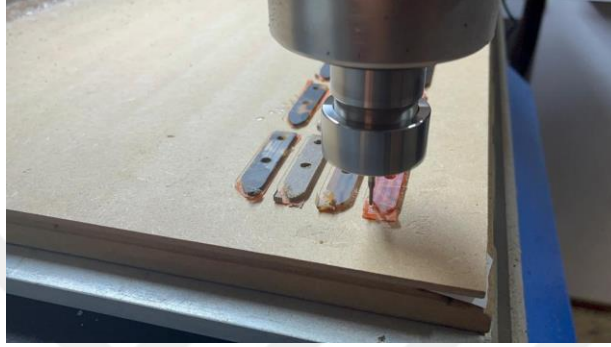
Mızrap Üretimi



Şekil 3.3. Mızrap çizimi

Çalışmamızda kontrollü değişkenler kullanılması sebebiyle aynı açkı ve yapıya sahip mızrapların üretimi gerekmiştir. Bu sebeple Şekil 3.3'deki gibi CMM ölçümleri alınarak Fusion 360 programında standart bir mızrap tasarlanmıştır.

Resim 3.5’de görüldüğü gibi CNC kullanılarak 5 farklı malzemeden üretilmiştir. Bu malzemeler tanbur yapımcıları ile yapılan görüşmeler sonucu yaygın kullanılan Bağa, galalit, katalin, kemik ve mikarta olarak belirlenmiştir. Delrin malzemesi ise gerek sertliği gerekse dayanaklılığı açısından mızrap uygunluğu düşünülmüş ve çalışmamız matertalleri arasında yerini almıştır. Teminleri ise lüthiyerler’den ve internet üzerinden yurt dışından yapılmıştır.

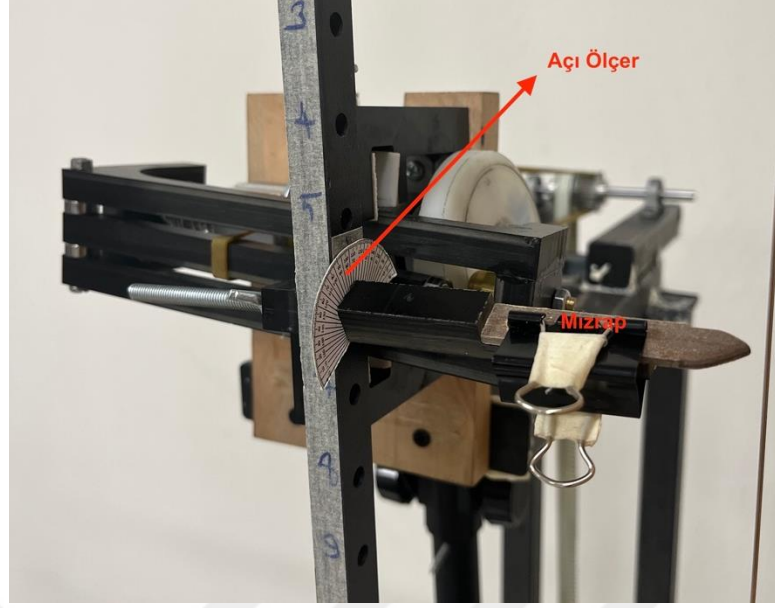


Resim 3.5. Mızrap üretim aşaması

CNC freze ile birbirinin kopyası şeklinde üretilen mızrapların yüzey pürüzlülüğünün giderilmesi için polisajlanmıştır bu şilem esnasında olası açkı değişimlerinin önüne geçmek için her biri süre tutularak 60 sn boyunca polisajlanmıştır.

Mızrap Tutuş Açısı

Resim 3.6’de görüldüğü gibi mızrabın tutuş açısı için mızrap mekanizmasının uç kısmına bir açı ölçer yerleştirilerek farklı açılarda mızrap tutuş pozisyonunun tınsal etkileri araştırılabilmektedir. Ayrıca açı farkının diğer analizler alınırken bir değişken olmamasını da sağlamıştır.



Resim 3.6 Mızrap açı değişimleri

Mızrap Vuruş Yerinin Belirlenmesi

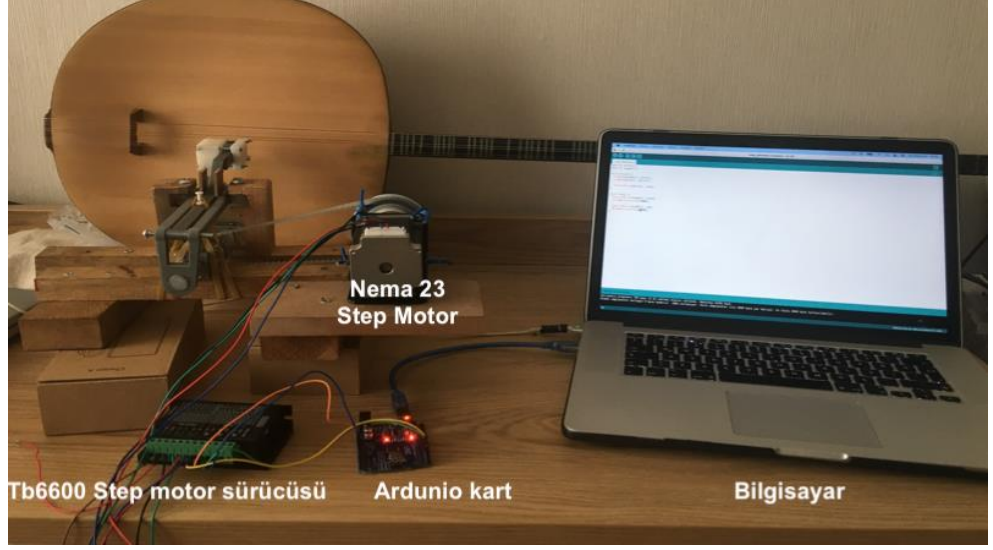
Mızrap vuruş yerleri değişimi için Resim 3.7’da görüldüğü gibi 3cm’lik aralıklarla mızrap vuruşunu sağlayabileceğimiz bir parça tasarlanmış ve farklı vuruş yerine ait analizler böylece alınmıştır.



Resim 3.7 Farklı mızrap tutuş yerleri

Mızrap Mekanizmasının Harekete Geçirilmesi

Araştırma için gerekli olabilecek güçte elektrik motorları araştırılarak tork gücünün yüksek olması sebebiyle step motor kullanılmıştır. Resim 3.8’de görüldüğü gibi Nema 23 step motor Tb6600 sürücüsüyle beraber kullanılmıştır.



Resim 3.8. Mızrap vuruş mekanizmasının düzeneği

Akustik ölçüm sürecinde aynı standarta sahip vuruşların aynı şekilde tekrarlanması önem arz etmektedir. Bu hassas hareket sürecin aparata sağlanabilmesi için bilgisayar destekli Arduino yazılımı ile kumanda edilmiştir. Resim 3.9’da verildiği gibi kodlar kullanılarak hız, devir ve mızrapların vuruş sıklığı ayarlanmıştır. Her analiz için uzun dönem ses spektrumu 30 sn 15 adet mızrap vuruşu olacak şekilde veriler toplanmıştır.



```
13.10.2022
/* Example sketch to control a stepper motor with TB6600 stepper motor driver and Arc

// Define stepper motor connections and steps per revolution:
#define dirPin 2
#define stepPin 3
#define stepsPerRevolution 3200

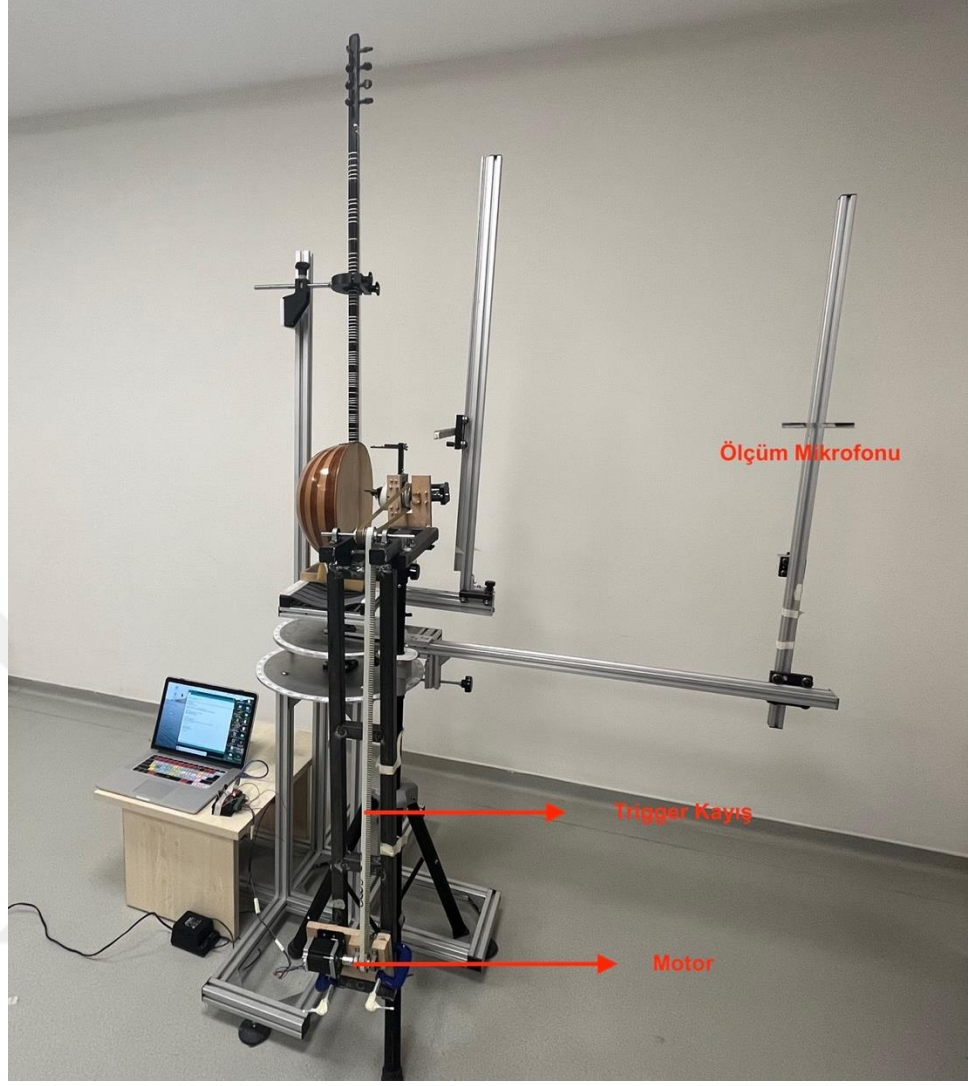
void setup() {
  // Declare pins as output:
  pinMode(stepPin, OUTPUT);
  pinMode(dirPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  // Set the spinning direction clockwise:
  digitalWrite(dirPin, HIGH);

  // Spin the stepper motor 1 revolution slowly:
  for (int i = 0; i < 1 * stepsPerRevolution; i++) {
    // These four lines result in 1 step:
    digitalWrite(stepPin, HIGH);
    delayMicroseconds(130);
    digitalWrite(stepPin, LOW);
    delayMicroseconds(130);
  }
  delay(2000);
}
```

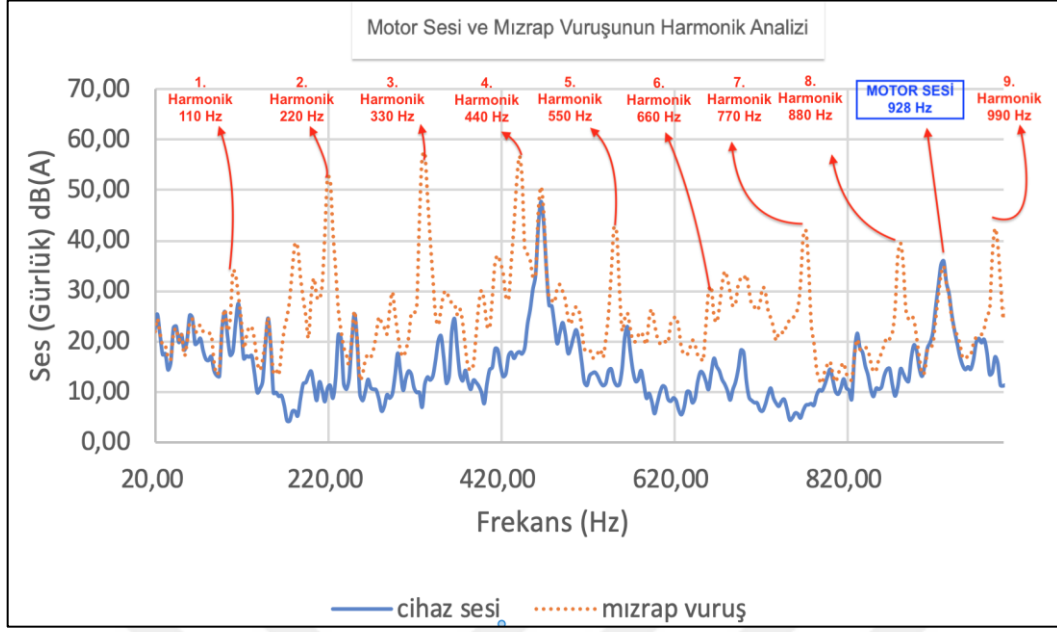
Resim 3.9. Ardunio hareket kodları

Çalışmamız ses analizleri üzerinden yürütüldüğünden motorun sesi etkilememsi adına motor, analiz mikrofونunun etki alanından çıkarılarak aşağıya alınmıştır. Resim 3.10' de görüldüğü gibi Motorun hareketleri de triger kayışlar ve kasnaklar kullanılarak mekanizmaya aktarılmıştır.



Resim 3.10. Mikrofonun aşağı alınması ve analiz mikrofonu

Aparat boş bir şekilde çalıştırılarak oluşan sesin frekans analizi yapılmıştır. Elde edilen verilerde gürültü frekansının ölçüm yapılan telin temel ve üst harmonikleriyle çakışmadığı görülmüştür.



Şekil 3.4 Mekanizma ve mızrap vuruşunun harmonik karşılaştırılması

Deneysel çalışmalar Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Türk müziği Devlet Konservatuvarı'nda bulunan “Türk Müziği Telli Çalgılarının Titreşim ve Akustik Analizleri” projesi kapsamında oluşturulan Titreşim ve Ses Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Labratuvar 1000x700x280 ebatlarındadır. Kullanılan materyaller ve özellikleri;

Mikrofon

B&K 4189-A-021 Yüksek hassasiyete sahip ölçüm mikrofonu, ses basınç seviyesi ölçümlerinde kullanılmaktadır. Ölçüm mikrofonlarının en önemli özellikleri geniş dinamik alana sahip olmaları ve frekans cevap eğrilerinin oldukça hata paylarının az olmasıdır.

Ses Kartı

Presonus İostation 24 ses kartı deney için kullanılan tanburun sesini dijital ortama aktarılması sağlayan 192 kHz Örneklemeye sahip bir cihazdır. Analog olan sesin %0.0007 bozulma oranına sahip ses kartıdır.

	• Kanal Sayısı: 2 • Frekans Aralığı: 20Hz -.2 kHz • Dinamik Ölçüm Aralığı: 80 dB • Sesin bozulma oranı % 0,0007
---	--

Çizelge 3.1. Ses Kartı Özellikleri

Veri Toplama Modülü

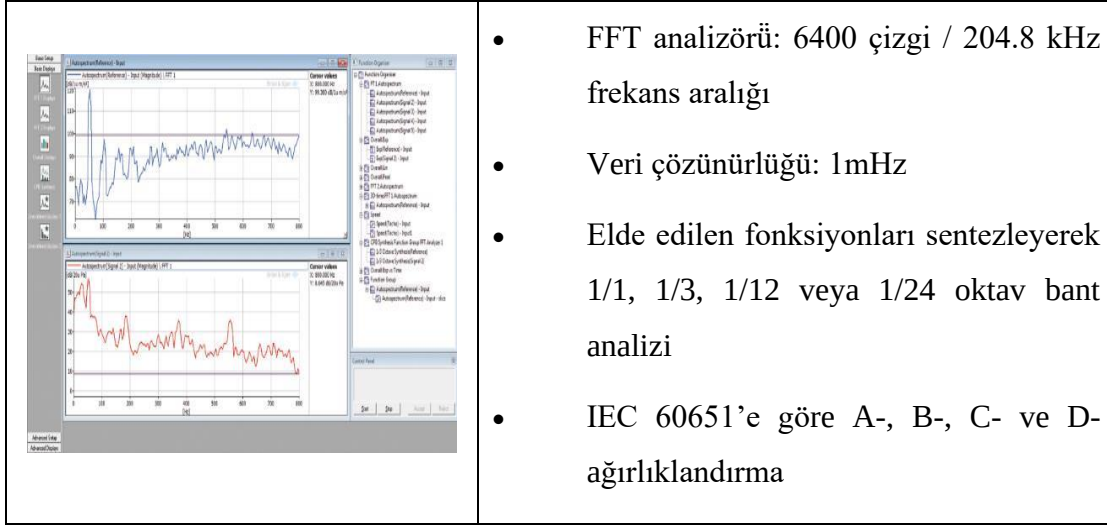
B&K 3050-A-060 6 kanallı veri toplama modülü, ölçüm sensörlerinden gelen sinyallerin bilgisayar ortamına aktarılmasını ve sensörler için gerekli gerekli besleme gerilimini sağlamaktadır.

	• Kanal Sayısı: 6 • Frekans Aralığı: 0-51.2 kHz • Dinamik Ölçüm Aralığı: 140 dB
---	---

Çizelge 3.2. B&K 3050-A-060 Veri Toplama Modülü Özellikleri

Yazılım

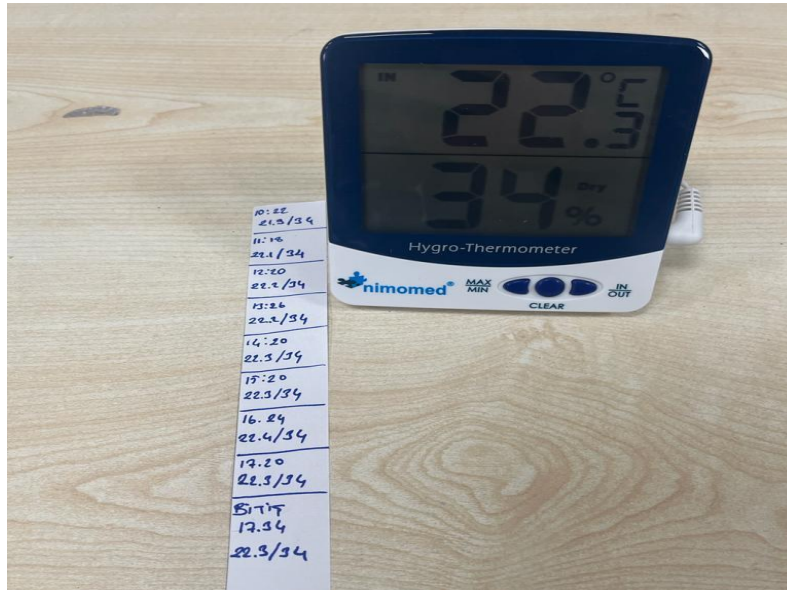
B&K 7781-N6 Pulse Access FFT Bu yazılım veri toplama modülü ile uyumlu çalışarak hem verinin bilgisayar ortamına aktarılmasına hem de FFT ve mertebe analizlerinin yapılmasına imkân vermektedir.



Çizelge 3.3. FFT Analizörü Özellikleri

Seslerin kaydedilmesi ve zarf analizlerinin yapılması için ise Wave Lab Pro 10. yazılımı kullanılmıştır.

Bunların haricinde çalışmada kullanılan tanburun ağaç gibi higroskopik bir malzemeden yapılmış olması sebebiyle ölçümlerin tutarlılığının sağlanabilmesi için analizlerin tamamı aynı gün içerisinde alınarak her saat başı nem ve sıcaklık kontrolü yapılmıştır. Resim 3.11’de görüldüğü gibi gün boyunca sıcaklıkta sadece 0.4 C derece fark olurken nem de değişiklik gözlenmemiştir. Analizler alınırken laboratuvarı tek kişi bulunmuştur.



Resim 3.11. Analizler süreci nem ölçümü

3.4 Verilerin Analizi ve Yorumlanması

Bu kısımda, yukarıda belirtilen verilerin hangi biçimlerde inceleneceği ve akademik çalışmaya dahil edileceği konusu ele alınmıştır.

Frekans Tepki Fonksiyonu (FTF), bir yapıya uygulanan birim kuvvetin sonucunda elde edilen titreşimin frekansla ilişkilendirilmesiyle tanımlanan bir kavramdır. Bu kavram, yapıların dinamik davranışının analizinde önemli bir rol oynar. Pratik uygulamalarında, yapıya uygulanan bir kuvvetin sebep olduğu yapısal yanıt, genellikle zaman uzayı içerisinde ölçülür. Ancak, bu yapısal yanıtın frekans uzayına dönüştürülmesi sıklıkla gereklidir. Bu dönüşüm sürecinde, genellikle Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) adı verilen bir algoritma kullanılır. FFT, bir zaman serisini frekans bileşenlerine ayırma kabiliyeti sayesinde, yapısal yanıtların frekans bazlı analizine imkan sağlar (Kurra, 2009).

Ölçüm aşamasında, Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) analizörü, performansın süresi boyunca belirli zaman aralıklarında ölçüm alır ve toplanan tüm değerlerin ortalamasını hesaplar. İncelenen frekans bandında, ölçüm sonuçları tek bir ortalama eğri ile sunulabilir. Ancak, aynı zamanda 1/3 oktav bant analizi de uygulanabilir. İnsan işitme mekanizmasıyla daha uyumlu bir analiz sağlayan 1/3 oktav bant analizi, bir enstrümanın sesinin algılanma biçimi hakkında önemli bilgiler sunar (Buen, 2005: 53)

Farklı malzeme ve farklı tutuş pozisyonuyla alınan ses örneklerinin uzun dönem ses spektrumları ve 1/3 oktav band analizleri alınmıştır. Bu analizler birbirleri arasındaki genlik farkları tınsal yönden literatür odaklı incelenmiştir.



4 KURAMSAL ÇERÇEVE

Tanburun Tarihçesi Ve Önemi

Tanbur kelimesinin kökenine dair birçok araştırma olmasına rağmen tam anlamıyla bir açıklama yapmak pek mümkün değildir. H. S. Arel, Mûsikî Mecmuasında yazdığı bir makalesinde kökenine dair şu sözleri söylemiştir; (Arel, 1948 akt. Sarı, 2012: 56).

Sümerler tanbura “pantur” derler. Pan, “yay” Tur ise “çocuk, küçük” demektir. Yani pantur, “küçük yay” manasına gelir. Tanbur’a “yay” denmesinin nedeni ise sesi yayan küçük bir kutu ve uzun saplı oluşu av için kullanılan yay ile bağdaştırılıp çıkmış olabileceği tahmin ediliyor . Bu yayın ses çıkarabileceği düşünülmüş ve birkaç Tel ve ses kutusu da eklenerek tanburun ilk halini ortaya çıkmış olması ihtimali yüksektir. Bu sebepten dolayı “pantur” yani küçük yay olarak adlandırılmıştır.

Tanbur isminin yine Pantur’dan geldiği düşünülen diğer örnekler de Gürcülerin “Panturi”, Ermenilerin “Pantir” dedikleri çalgılardır. Yine Eski Yunanca “da “Pandura” isimli 3 telli bir çalgı bulunmaktadır (Aksüt, 1994). Kelimeler, ifadeler toplumların yapılarına, dillerindeki ses uyumlarına göre değişmektedir. Tanbur da “pantur” kelimesi de zamanla değişime uğramış ve dilimize bu haliyle yerleşmiştir.

Fars dilinde "dünbe-i bere" (Arapça telaffuzla "dunba-i barra") kelimesi, "kuzu kuyruğu" anlamına gelir ve bazı araştırmacılara göre bu ifade, zamanla değişim göstererek "tambur" kelimesinin oluşmasına yol açmıştır. Ancak, Farsça'da "davul" anlamına gelen "tebir" kelimesinin de tamburun kökeni olduğu düşünülür ve bu görüş, özellikle Larousse ve Darmesteder gibi Fransız kaynaklarında kabul görmüştür. Fransız yazar Henri Reynaud ise, kelimenin kökeninin Keldanice'de "at derisiyle şarkı söylemek" anlamına gelen "ta-bâ-ur" olduğunu öne sürmüştür (Akan, 1989 akt. Eden, 2011: 59).

15. Yüzyıldan önce Tanbur isminin uzun sapa ve gövdeye sahip çalgıların tamamının genel ismi olduğu düşünülmektedir. Bunların biçim olarak birbirinden çok farklı olduğu görülmektedir. Tanbur adı verilen çalgının kökenine inildiğinde, ilk telli çalgının doğusuna değin gidilebildiği görülmektedir (Sarı, 2012). Günümüzde, Hazar Denizi çevresinde yaşayan Kalmuk ve Kırgız toplulukları hala iki telli tanbur çalgısını aktif olarak kullanmaktadırlar (Akan, 1989).

Günümüzde tanbur kelimesi halen başka toplumlar tarafından da farklı enstrümanları tanımlamak için kullanılmaktadır. Bunlara örnek vermek gerekirse; Özbek Tanburu, Uygur Tanburu, İran Tanburu, Kürt Tanburu, Afgan Tanburu, Tanjore Tanburu (Aydemir, 2015: 15).

Günümüze kadar yapılan araştırmalar içerisinde en eski bilgiye İngiliz yazar W. Galpin'in The Music of the Sumerian adlı eserinden ulaşabiliriz . H. Saadettin Arel Mûsikî Mecmuasındaki makalesinde bu kitaba atıfta bulunarak şu ifadeleri kullanmıştır: kitabın 50. Sayfasında Milattan 1600 yıl öncesinden kalmış bir sınır taşının üzerinde tanbur çalan iki adamın kabartma resimleri görülüyor (Aksüt, 1994: 11). Bu, tanburun yaklaşık dört bin yıllık bir geçmişe sahip olduğunu göstermektedir.

Milattan 4000 yıl önce Toros dağlarının doğusunda yaşayan Eti' (Hata)lerin, Orta Asya'dan gelen kavimlere mensup olduğu çeşitli kaynaklarda belirtilmektedir. Etilere ait olmak üzere Karakamış mevkiinde bulunmuş olan kabartma resimdeki çalgının en eski “tanbura” resmi olduğu ifade edilmektedir. İkinci en eski tanbura resmi de yine Etiler'e aittir. Asurların Ninona şehri harabelerinde yapılan kazılarda Asuriye tanburacısını temsil eden kabartmanın 2500 yıllık olduğu tahminleri yapılmaktadır. Asurluar'ın ise tanburayı Etiler'den almış olmaları kuvvetle muhtemeldir (Gazimihal, 1934 : 8,18,19 Akt. Öksüz, 1998).

Kitab-ül-Mûsîki” adlı eserinde Farabi, Tanbur ile ilgili ilk detaylı açıklamayı yapmış ve iki çeşit tanburdan bahsetmiştir. Bunlar Tunbur al Hurasanî Tanbur al mizani (Tunbur al Bağdâdî)'dir.

Tunbur al Hurasanî Irak'ın kuzey ve kuzeybatısında Tunbur al Bağdadî ise güneybatısında kullanılmıştır. Ayrıca putperestlik devrinin perde sistemi olan “gamme” yi muhafaza etmişlerdir. Bu tanburlar Farabî tarafından ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Her iki tanbur da çift telli olmakla beraber, Tunbur al Hurasanî bazen üç telli olarak da kullanılmıştır. Sonradan bu tanburların özellikleri kaybolmuş İhvan al Safâ (X. yy), İbni Sinâ (ölm. 1037), İbn Zayla (ölm. 1048) ve Safi al-din abd al Mu'min (ölm. 1294) tarafından yalnızca adları kaydedilmiştir. Safiüddin ise “Kitab al- Advar” adlı eserinde iki telli bir enstrümandan bahsetmiştir.

İbn Gaybî ise Nay Tanbur , Tunbur-i Şirvinân ve Tunburak-i Türkî olarak adlandırılan üç farklı çeşit tanburdan bahsetmiştir.

Nay Tanbur mızrapla çalınmakta ve iki tellidir. Tunbur-i Şirvinân gövdesi armut şeklinde ve iki tellidir. Tunburak-i Türki iki ya da üç telli olarak bilinmektedir, Tunbur-i Şirvinân'dan daha küçük gövdeye sahip olmasına karşın daha uzun saplıdır. Her iki tanbur parmak kullanılarak icra edilir (Aksüt, 1994: 11).

Tanbûri Sadun Aksüt metodunda, “Abbasiler devrinde tanbur çalındığını elimizdeki birtakım belgelerden öğreniyoruz” diyerek 8. ve 13. Yüzyıllarda Abbasiler tarafından tanbur çalındığını ortaya koymuştur. Ancak Bağdat Abbasileri mi Mısır Abbasi zamanında çalındığını bilemiyoruz diye belirtmiştir.

Besteci ve müzik teorisyeni Abdülkadir Meragi (1350-1435), Türk müziği çalgıları hakkında derinlemesine bilgi sağlayan "Camîu'l-Elhan", "Makasidu'l-Elhan" ve "Kitab-ı Lahniyye" isimli eserlerinde tanburun çeşitli türlerine değinmiştir. Meragi, bu eserlerinde bu enstrümanların yapıları, çalınma yöntemleri ve hangi coğrafi alanlarda kullanıldıkları hakkında bilgiler sunmuştur (Aksüt, 1994: 14).

Tanbur, neyden sonra doğu medeniyetlerinin en değer verdikleri enstrümandır. Rivayete göre de neyden daha eski olarak anılan tanburun kökeni filozof Eflatun’a kadar uzanır. Eflatun mûsikî ye hakim ve tanbur çalar imiş (Behar, 2008: 166).

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi 15.yüzyılda Afganistan’ın Herat şehrinde çizilmiş, olan bir tasvir haricinde, Orta Asya’da bir benzerine rastlanmamaktadır.



Şekil 4.1. 5.yy’da Herat’ta çizilmiş bir tanbur resmi (Feldman, 1996).

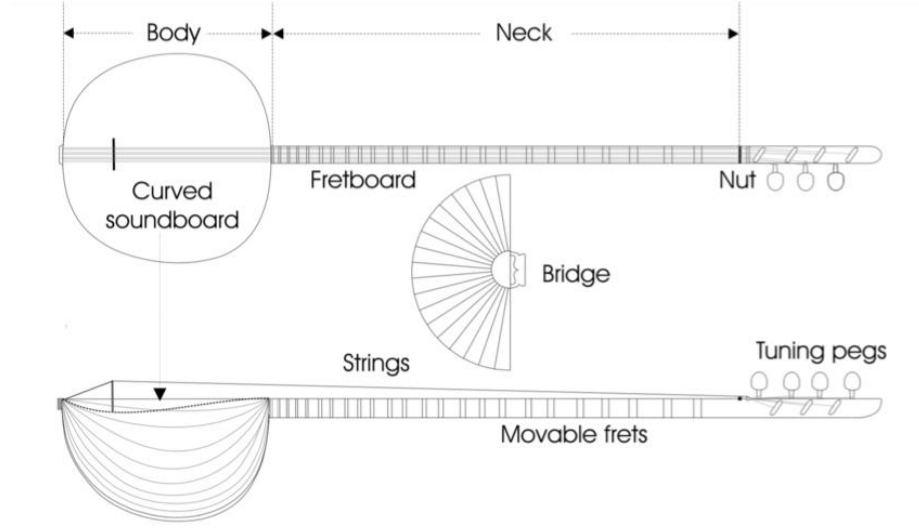
Ayrıca 15. yüzyıldan itibaren Anadolu’da tanbur isminde bir sazın varlığını gösteren bilgilere rastlanmasına rağmen, şu anki formunu ancak 18. Yüzyıldan sonra aldığı belirtilmektedir (Feldman, 1996). Ayrıca 17. yy’ da Kâtip Çelebi ve Evliyâ Çelebi de Türk çalgısı olarak tanburdan bahsetmişlerdir.

Günümüzde kullanılan Türk Mûsikîsi ses sisteminin teorik olarak açıklamasını ilk yapan kişi olan Rauf Yektâ Bey, Türk Mûsikîsi icrasının tanburun çalınış üslubundan geldiğini söylemiştir. Ruşen Ferit Kam ise de Türk Mûsikîsi hanende müziği olduğunu ve icra üslubunu en iyi taklit eden sazın tanbur olduğunu söylemiştir. Nitekim Kantemiroğlu, Türk mûsikîsi perdelerini ud sapı veya ney üzerinden göstermeyip tanburun klavyesi üzerinden göstermiştir. Tanburun hanende tavrındaki bütün sesleri en iyi olarak yansılayabilen tek saz niteliği taşıdığını belirtmiştir (Özcan, 2003: 469).

Asırlarca çeşitli kavimler tarafından değişik yapılarda ve değişik şekillerde çalınarak kullanılan tanbur, bildiğimiz manadaki halini 18. yy’dan itibaren almıştır. Geleneksel Türk Mûsikîsi’nin zirvede olduğu devirde tanbur sazının da en parlak evrelerini yaşadığı söylemek mümkündür.

Tanburun Yapısal Özellikleri

18. yy’ın ilk yarısından itibaren tanbur, gerek perde sisteminin gelişkinliği gerekse de makam mûsikîsinin gereklerini karşılaması sebebiyle değişmeden günümüze kadar formunu korumuştur. Tüm çalgılarda olduğu gibi uç kısımlarından birtakım değişiklikler yer almıştır. 20. yy ’da göğsüne delik açılmış olsa da tını anlamında etki sağlanamadığından 1950 den sonra bundan vazgeçilmiştir (Sarı, 2012).



Şekil 4.2. Tanburun fiziki yapısı (Erkut,1999)

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi Tanbur, Gövde ve sap kısmı olmak üzere iki bölümden oluşur. Gövde de kendi içerisinde sırt ve göğüs olarak iki kısımdır.

Gövde; Asimetrik bir elips görünümündedir (Resim 4.1). Yaklaşık olarak yarıçapı ve derinliği 16 – 17 cm dir. Göğüs ve sırt (tekne) bölümleri gövdeyi oluşturmaktadır. Göğüs gövdenin ön kısmıdır ve ses tahtası olarak da adlandırılır. Göğüste ise çam cinslerinden ladin ve köknar tercih edilir (Akan, 1989). Göğüs sıcak tutkal kullanılarak baş ve dip takozları üzerine yapıştırılır ve gövde ile birleştiği kısma fleto adı verilen ağaçtan bir çember geçirilir (Aksüt, 1994). Tekne Ahşap dilimlerin ya yana yapıştırılmasıyla elde edilen bir yarım küre biçimindedir ve 35 cm kadardır (Özel, 1997: 3).

Göğüs üzerindeki damarların sıklığının tanbur sesi üzerinde etkili olduğu söylene de iki türden damara sahip tanburların da nitelikli tınıya sahip olduğu bilinmektedir. Sık damarlı göğse sahip tanburların, tellerin basıncına daha mukavemetli olduğu tespit edilmiştir (Eden 2011: 61).



Resim 4.1. Tanbur'un (göğüs ve tekne) gövdesi

Göğüs kısmı iki veya üç parçadan imal edilir. Parçalar, göğüsün ortasından geçecek çizgiyle simetrik olacak şekilde uyumlandırılır. Göğüs çömüş vaziyettedir. (Resim 4.2) Bu yapılaş esnasında oluşan bir durum değildir, tellerin basıncıyla giderek çöker. Göğüsün çökme payı yapım aşamasında belirlenir. Bu çöküntünün miktarı tınıya da etkindir. Göğüs üzerinde cila kullanılmaz (Akan, 1989).



Resim 4.2. Tanbur göğsünde çökme

Ses tablası (göğüs) üzerindeki eşik ana eşik olarak adlandırılmaktadır. Bu eşik göğüsten bağımsız şekilde tellerle arasına genel olarak ardıc ağacından imal edilir. Eşiğin uzunluğu 6,5 cm'dir. Genellikle tanburun sapı göğsüne doğru eğrilmekte olduğundan ve tanburun göğsü çöktüğünden tellerin sapa olan mesafesi farklı boyda eşikler kullanılarak ayarlanır. Yegâh telinin ve diğer tellerin sapa olan mesafesi tiz nevâ perdesi hizasında 4,5- 5 mm, burgular hizasındaki eşikte ise 2-2,5 mm

bulunmalıdır (Onat 1999: 17). Ortam koşullarının değişimi göğsü kolay etkilediğinden yükselip alçalmada tel yüksekliği değişebilir. Teller sapa yakınsa cızlama, çok yüksek olduğunda ise çalım zorluğu meydana gelir. Bu sebeptendir ki tanburiler farklı yüksekliklerde eşiklerle icra gerçekleştirirler.

Tekne kısmının sırtı 17,21,23 dilimden oluşur. Bu dilimlerin arasında ince filetolar bulunur. Bu ağaçlar genellikle maun, ceviz, pelesenk, kestane, ardıç, dut, Hint gülü, çınar ve mışmış gibi ağaçlardır . 7,9,11 parçalı geniş dilimli tanburlara da rastlanılır. Bazı tanburlarda hiç fileto kullanılmamıştır. Tüm dilimler ve filetolar tanburun göğsünün dip ve başında bulunan takozlara bağlantısı yapılır (Aksüt, 1994). Dilimlerin sayısı yapımcılar tarafından estetik bir unsurdur ve tamamen ustanın zevkine göre değişkenlik gösterir (Akan, 1989).

Sap, burgularının olduğu kısım ve perdelerin bağlı olduğu kısım olarak iki bölümdür. Bu kısımlar üst eşik dediğimiz kısımla birbirinden ayrılır. Teller bu eşik üzerinden geçerek burgularla buluşur. (Coşkun, 2005). Gövdeden üst eşiğe kadar 75 - 85 cm arasında uzunluğa sahiptir. Sap kullanımında sıcak ve soğuktan çok etkilenmeyen, fırınlanmış, düzgün damarlı dayanıklı eğilip bükülmeyen ağaçlardan yapılmaktadır. Sap kalınlığı mukavemet anlamında iyiyken icracı kullanımı açısından kullanışsız hal almaktadır. Çok ince saplar ise kolay bir şekilde eğildiklerinden dolayı, entonasyon problemleri meydana gelmektedir. Tanburun klavye kısmı ile burgular arasındaki eşik sert ağaçlar veya plastik malzemeler tercih edilir (Akan, 1989).

Resim 4.3’de görülen burgular, genellikle akordun rahat tutmasından dolayı yumuşak ağaçlar kullanılır. sert ağaç kullanıldığı da görülür.



Resim 4.3. Tanburda akort burguları

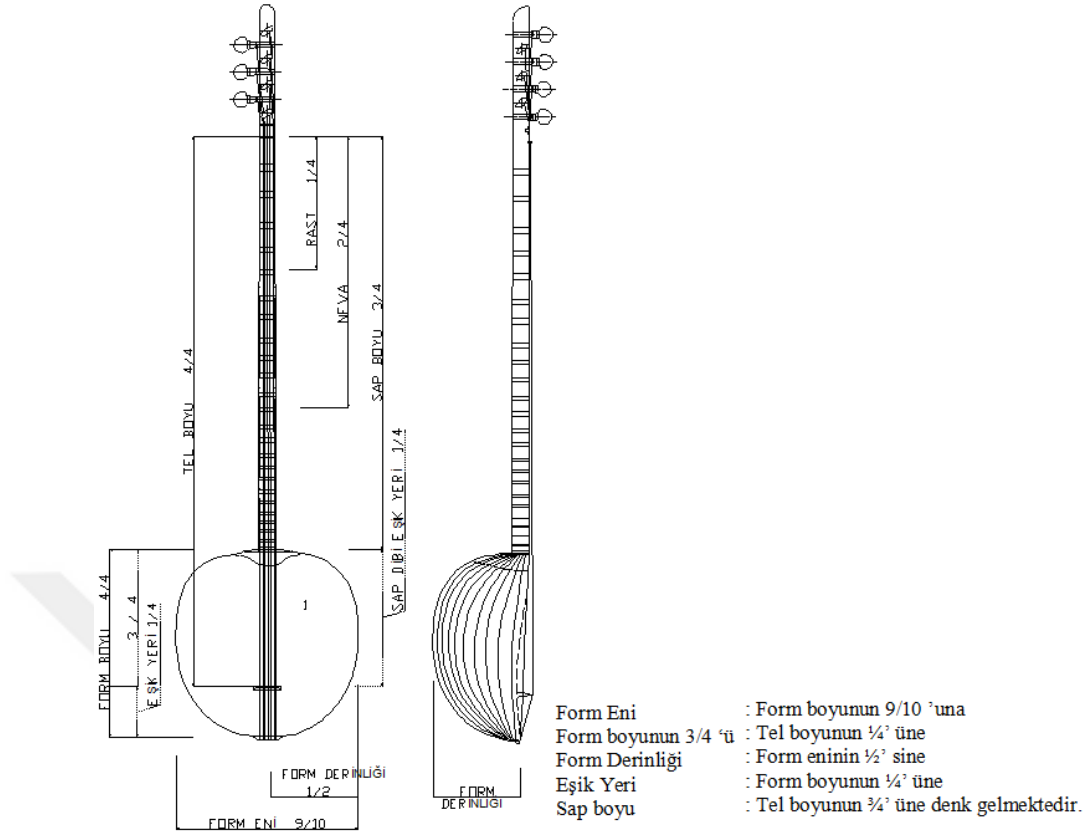
Tanbur perdeleri Türk mûsîkisinin 24'lü perde sistemine göre düzenlenmiştir. Yani 2 oktav içerisinde 48 perdeye sahiptir. Perde bağları geçmiş zamanlarda bağırsaktan yapılırdı(Ö. Özel, 1997: 3). Sonradan misina olarak adlandırılan plastik bağlar ya da kalküt olarak bilinen ameliyat bağları kullanılmaktadır. Perde bağlarının kalınlık ve sarma sayısı aşağıdaki gibidir.

Yagâh ile acemaşiran arasındaki 4 perde 4 sıra kalın bağla, acemaşiran ile kürdî 11 perde 5 sıra orta incelikteki bağla, kürdîden (kürdî perdesi hariç) tiz neva ya kadar olan 33 perde ince bağla 6 sıra olarak bağlanır.

Bu sayede perde kalınlıklarının çalım kolaylığı açısından aynı olması ve estetik açıdan güzel durması sağlanmış olur (Akan, 1989).

Üst eşik sap dibinden itibaren 104'lük bir tanbur da tam olarak 78 cm ye eşit konur. Tam gönyeli olarak çizilen sap hassas bir şekilde testere ile kesilir. Bu 2 mm derinliğindeki yuva eşik kalınlığında kesilir. Daha sonra ince 1 mm kalınlığında bir ıskarpela ile tesviye yapılır. Kemik parça sıkı bir şekilde takılır. Bu işlem paraleldeki delikli eşikte de uygulanır. Eşikler üçken olduğu için yerlerinden çıkmazlar. Çok sağlıklı ve sıkı olarak alıştırılan bu eşikler eğer gevşek olarak yapılırsa delikli olan eşğin tellerin çekmesiyle yerinden çıkması olağandır(Coşkun, 2005).

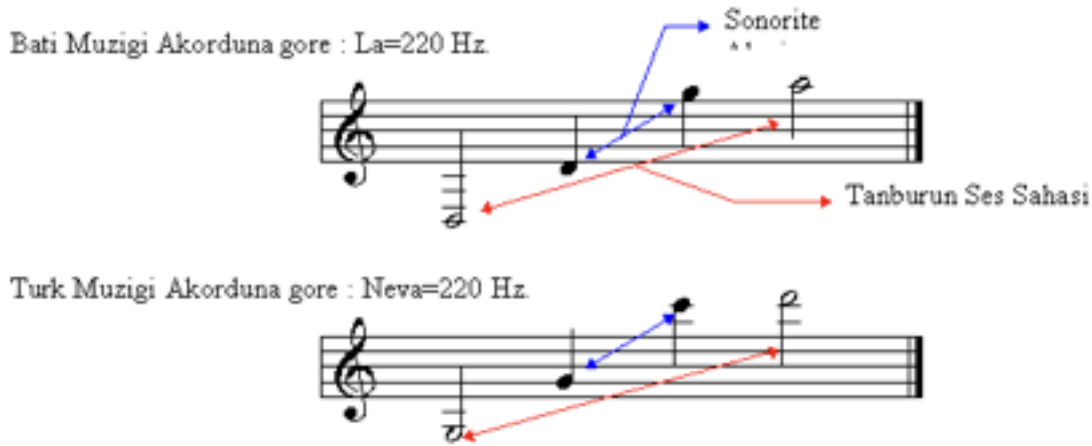
Tanbur yapısındaki oranlar ise Şekil 4.3'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.3. Tanburda oransal ölçeklendirme (Özek, 2005 : 24 Akt. Buyruklar, 2014: 61)

16. yüzyılda tanburlar yedi telli olmasına rağmen 18. yüzyılda görüldüğü gibi sekiz tellidir. Günümüzde de Necdet Yaşar'ın yeniden kullanımından sonra da 8 telli tanburların kullanımı artmıştır. Tellerin iki eşik arasındaki uzunluğu 104 cm olarak ayarlanır (Karakaya, 1988: 522).

Bolahenk akortta tanburun akordu ve tel kalınlıkları şöyledir. Alttan 1. 2. Tel çifttir ve çeliktir. Yegâh (A) sesine akortlanır. 4.ve 4. Teller pirinçtir Kaba Dügâh (E) ya da kaba Rast (D) perdelerine akortlanır. Çalınacak eserin makamı göz önünde tutularak bu teller Kaba Acemaşiran (C), Kaba Irak (C#), ya da Kaba Segâh (F#) perdelerine de akortlanabilir. 5. ve 6. Teller çifttir ve çeliktir. Yegâh perdesine akortlanır. En üstteki 7. Tel pirinçtir Kaba Rast (D), kaba Dügâh (E), Kaba Kürdi (F), Kaba Segâh (F#) perdelerine akortlanır. 8. tel pirinçtir ve 3. 4. ve 7. telden daha kalındır. Kaba yegah (A) Kaba Kaba Çargah (G) Kaba Kaba Nim Hisar (Bb), Kaba Kaba Hüseyini Aşiran (B), Kaba Kaba Acemaşiran (C), Kaba Kaba Irak (C#) perdelerine akortlanır (Ö. Özel, 1997).



Şekil 4.4. Tanburun karakteristik sesini duyurabildiği alan (sonoritesi)

(www.turkmusikisi.com Erişim tarihi :1 Ekim 2021)

Tanbur Mızrabı

Tanbur mızrabı (Resim 4.4) genellikle bağadan yapılır. Yaklaşık 12 cm uzunluğunda 9-10 mm eninde ve 1-1,5 mm kalınlığındadır. Mızrabın tellere vurulduğu alt kısım ile kısa olan üst kısım arasındaki oran üçte birdir. Bu tarif Mesud Cemil Bey'den Necdet Yaşar'a aktarılan Tanbûri. Cemil Bey'in tarifidir. Mızrabın iki tarafı da kullanılır (Ö. Özel, 1997). Günümüzde galalit mikarta gibi plastik türevi malzemelerden de yapılırsa da tanburiler tarafından bağa mızrap tercih edilmektedir.

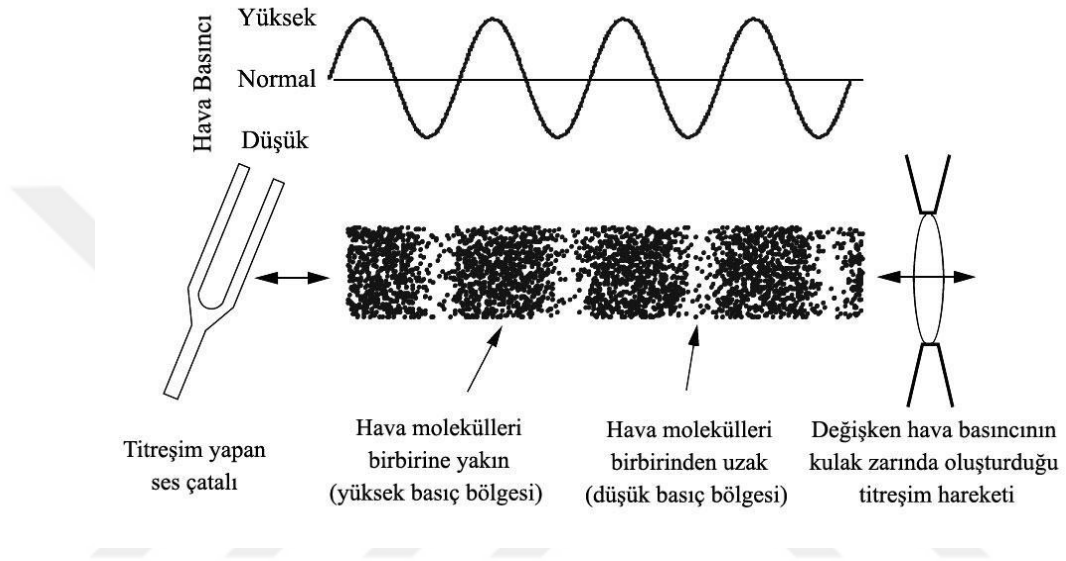


Resim 4.4. Tanbur mızrabı (Kakı, 2012)

Ses; kaynağından enerji yayarak kademeli bir şekilde ilerleyen dalgaların, elastik bir ortamdaki (katı, sıvı ve gaz) titreşimidir. Bu dalgaları ve taşıdıkları enerjiyi algılayan kulak zarı ise sinirler aracılığıyla beyne iletir ve böylelikle beyinde ses olarak algılanır (Önen, 2008: 21).

Müzikal Akustik

Ses, yayılmasına olanak sağlayan ortamdaki parçacıkların doğrultusuna paralel bir şekilde yayılım gösterir ve boyuna-mekaniktir. Bu dalgalar Şekil 4.5’de görüldüğü gibi ilerledikleri doğrultu boyunca basınç değişiklikleri göstererek alçak ve yüksek basınç bölgeleri meydana getirirler. Bu durumu ses dalgalarının gaz ortamlarında basınç dalgaları yarattığını söylemek mümkündür. (Yücel, 2013).



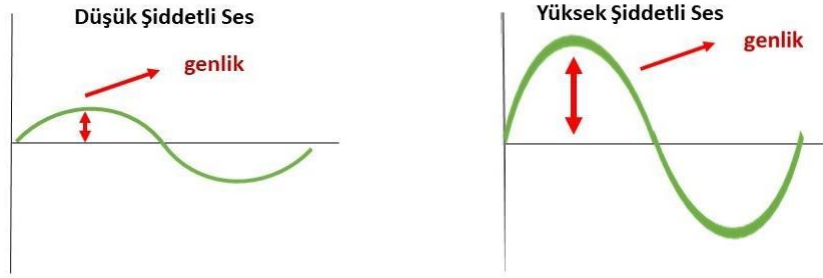
Şekil 4.5. Gaz ortamdaki ses dalgalarının basınç değişimleri (Sethares, 2005: 12)

Birim zaman içerisinde oluşan titreşim sayısına Frekans adı verilir. Ses Frekans aracılığı ile ölçülür Hertz (Hz) ile ifade edilir ve “f” ile gösterilir (Kurra, 2009: 7).

20 Hz ile 20 kHz aralığını insan işitme sistemi tarafından algılanabildiği bilinmektedir. Ancak bu üst aralık yaşa ve duyum bozukluklarına göre değişebilmektedir. İnsan işitmesinin altında kalan düşük frekanslara infrasonik, üstünde kalan frekanslara ise ultrasonik frekanslar denir. Perde ise sesin tizlik pestlik algısıdır Hz arttıkça inceler düştükçe kalınlaşır. Buradan da anlaşılabileceği üzere perde ölçülebilir (Pasinlioğlu, 2016: 32).

Enerji dalgalarını aktaran her ortamda tanecikler bulunur. Bu tanecikler kendinden sonraki taneciklere enerji aktarırlar böylelikle de dalga hareketi meydana gelir. Her bir tanecik enerjisini aktarmasıyla denge konumu dediğimiz minimum seviyesine geri döner. Enerjiyi alarak denge konumundan uzaklaşan taneciğin ulaştığı maksimum seviyeye ise genlik denmektedir (Johnston, 2002). Başka bir deyişle ses dalgaları sebebiyle hava basıncında oluşan değişikliklere “genlik” denir (Tarıkçı,

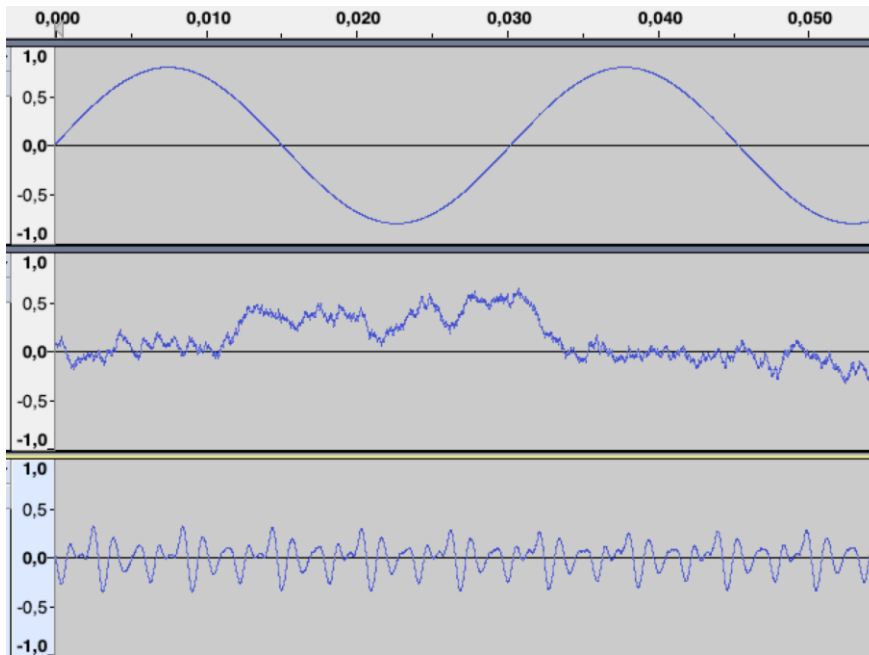
2015: 20). Dalga'nın genliği taşınan enerjiyle orantılıdır. şekil 4.6'de görüldüğü gibi taşınan enerjinin miktarına göre genlik seviyesi değişmektedir. Genlik "A" ile gösterilir ve metre cinsinden birim ile ölçülür (Lapp, 2012).



Şekil 4.6. Genlik ve ses şiddeti ilişkisi (Yaygıngöl, 2019)

Müzik çok özel bir tipe sahip olan sestir (Parker, 2016: 15). Şekil 4.7'de görüldüğü gibi müzik dalgası basit ses ve gürültü dalgalarından farklı olarak birbiri ardına tekrar eden dalgalardan oluşmaktadır. Basit bir sesin müziğe sayılabilmesi için birtakım kriterleri barındırması gereklidir.

Müzikal sesler, periyodik bir şekilde sabit ve düzenli olarak belirli bir süre cismin titreşmesi sonucu oluşur. Düzensiz ve sabit sayısı olarak görünen titreşimler "gürültü" olarak adlandırılır (Hacıev, 2005: 9).

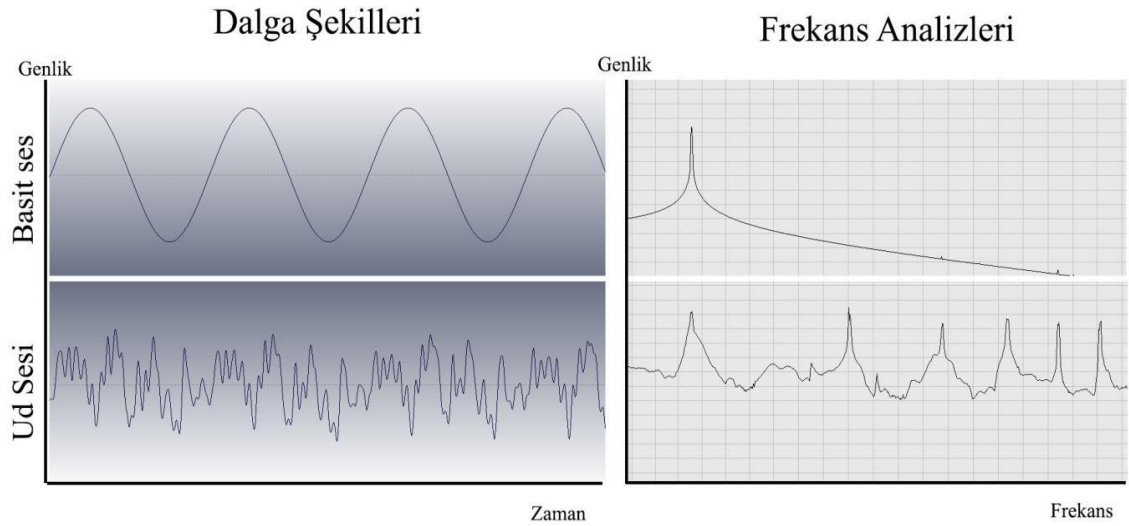


Şekil 4.7. Sırasıyla basit ses gürültü ve müzik seslerinin dalgalarının görünüşleri

Bu seslerin frekans içerikleri de incelendiğinde aynı olmadığı gözlemlenmektedir.

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi basit ses, sinüs dalga şekline sahiptir ve tek frekanstan oluşur. Doğada bulunmayan bu sesi ses çatalı(diyapazon) ve dijital ses üreticisi tarafından oluşturulabilir. Birçok frekansın bir araya gelmesiyle oluşan ud çalgısına ait dalga şekli ise karmaşık ancak belli bir periyod ve düzendedir. Bu iki dalgaya frekans analizi yapıldığında sinüs dalgasının tek, ud sesinde ise birçok frekansın barındığını görmek mümkündür. Bu frekanslardan ilki temel frekans olarak adlandırılırken diğerleri üst ses denilmektedir. Üst sesler temel frekansın katları şeklinde ilerliyorsa bu seslere aynı zamanda harmonikler de denilmektedir (Değirmenli, 2018).

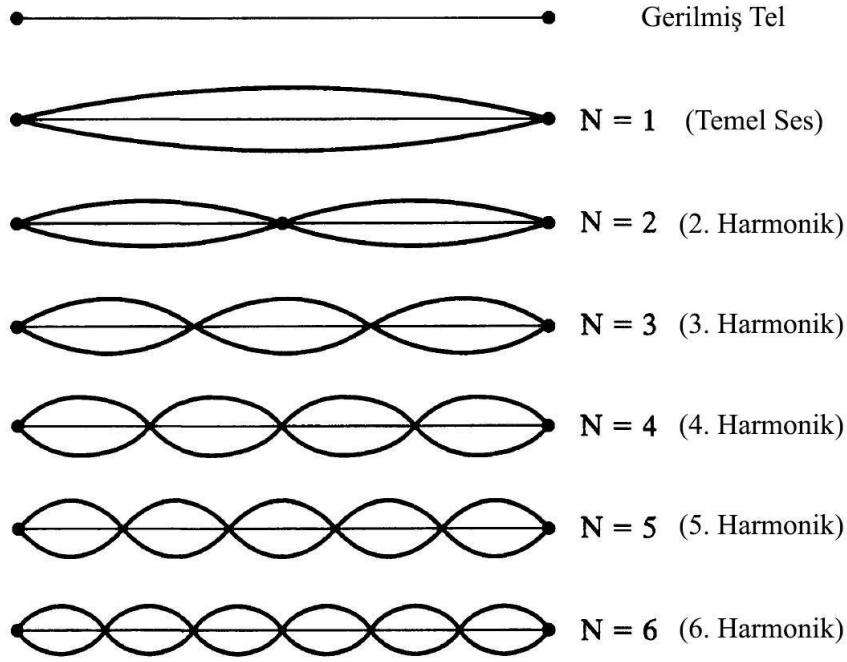
Şekil 4.8’ da görüldüğü gibi müzikal seslere sahip olan enstrümanlar karmaşık dalga formlarını doğalarında barındırırlar. Bir enstrüman tarafından üretilen tek bir notanın bile hesaplamalarda harmonik adı verilen ve birbiri ile ilişkili birçok frekansı barındırır (Roger, 2003: 69).



Şekil 4.8. Ud sesi ve basit ses için dalga şekli ve frekans analizi (Değirmenli, 2018)

Harmonik ve Tını Kavramı

Harmonik ifadesi temel frekansın tam katlarından oluşan özel bir tabirdir. Üst sesler dediğimiz olgu daha geneldir. (Berg ve Stork, 2005: 75,76)



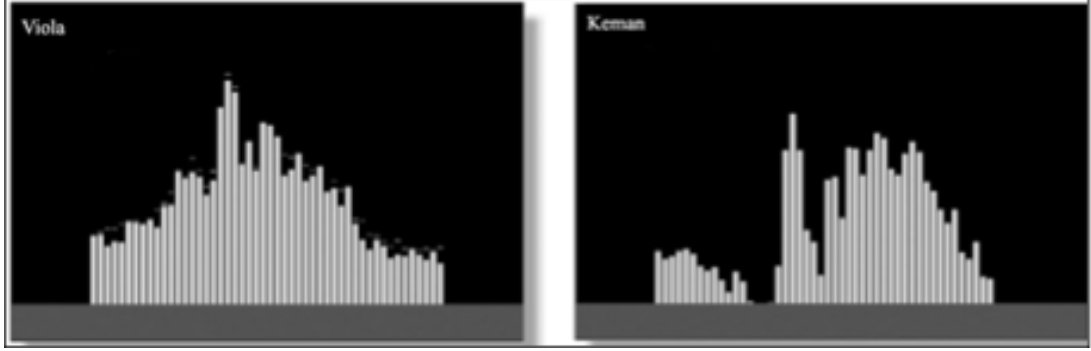
Şekil 4.9. Gergin telde dalga şekilleri ve harmoniklerin ilk altısı (Gunther, 2012: 32)

Farklı bir şekilde ifade edecek olursak bir enstrüman 440 Hz'lik bir “La” sesi ürettiğinde, bu 440 Hz frekansında oluşan sinüs dalgasına temel frekans denir. Bu temel frekansın yanı sıra, 440 Hz'in çeşitli katlarında oluşan diğer sesler ise harmonikler olarak adlandırılır (Tarıkçı, 2015: 26).

Tını, ses rengi olarak da tanımlanan farklı ton ve karaktere sahip sesler arasında ayırım yapmamızı sağlayan bir özelliktir. Bu özellik sayesinde aynı şiddette ve frekansta icra edilen farklı enstrümanların sesleri birbirinden ayırt edilebilmektedir (Bedel, 2017).

Birbirinin peşi sıra periyodik titreşimlerin bir araya gelmesi tını'yı oluşturmaktadır. Bu titreşimler temel ton (temel frekans) ve kısmi tonlar (yan frekanslardan meydana gelmektedir. Kısmi tonlar temel frekansın harmonikleridir. İnsan işitme sistemi bu tınları farklı yüksekliklere sahip harmoniklerden oluşmasına karşın bir frekans olarak algılar. Yani her tını insan tarafından temel frekans olarak algılanır. Sesin yan (kısmi) tonların sayısı düzeni ise sesin rengini belirler (Cevanşir ve Gürel, 1982: 41).

Çalgılar kendilerine has tınlarını bu harmonik yapılar ve arasındaki genlik farkları oluşturmaktadır. Şekilde keman ile viola seslerinin harmonik yapıları görülmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10. Viola ve keman seslerinin harmonik farklılığı (Huber ve Runstein, 2010).

Tını, birbirinden farklı çalgıların çıkarttığı sesleri ayırmamızı sağlayan bir özelliktir. (Önen, 2008: 31).

Sesin, gürlük ve frekans dışındaki özelliğidir (Sethares, 2005: 12).

Sesin, üst tonları ile belirlenen niteliğidir (Sethares, 2005: 12).

Tını, temel frekans ile kısmi frekansların üst üste binmesi ile oluşur. Bu nedenle sesin harmonikleri ve ses zarfı tınıyı belirlemede en ayırt edici özelliktir (Önen, 2008: 31). Zarf, tını kavramında karşımıza çıkan bir diğer olgu olmakla beraber 4 ayrı evrede değerlendirilir.

Ses Zarfı Kavramı ve Tını İlişkisi

Bir enstrümanın tınısal olarak nasıl algılandığına, attack(çıkış) ve decay(düşüş) evresinde oluşan ve çok kısa bir zaman aralığında olan transit dalgalar(transient) olarak adlandırılan dangalar çok önemli bir etkiye sahiptir. İnsan işitme sistemi saniyenin yüzde birlik diliminde oluşan bu transit dalgalara duyarlıdır. Bu sebeptendir ki atak ve decay evrelerindeki transit dalgaları sesin ton kalitesini algılamamızda belirleyici etkiye sahiptir (Berg ve Stork, 2005: 104).

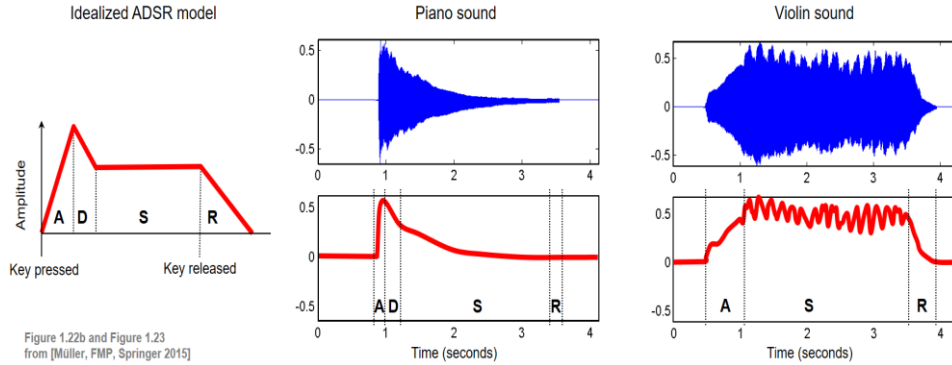
Bu evreler aşağıdaki gibidir.

1) Atak (Attack), sesin başlangıçtan seviye olarak en üst düzeye çıktığı bölümdür. “A” harfiyle gösterilir.

2) Düşüş (Decay), sesin en üst noktadan uzama seviyesine düştüğü bölümdür. “D” harfiyle gösterilir.

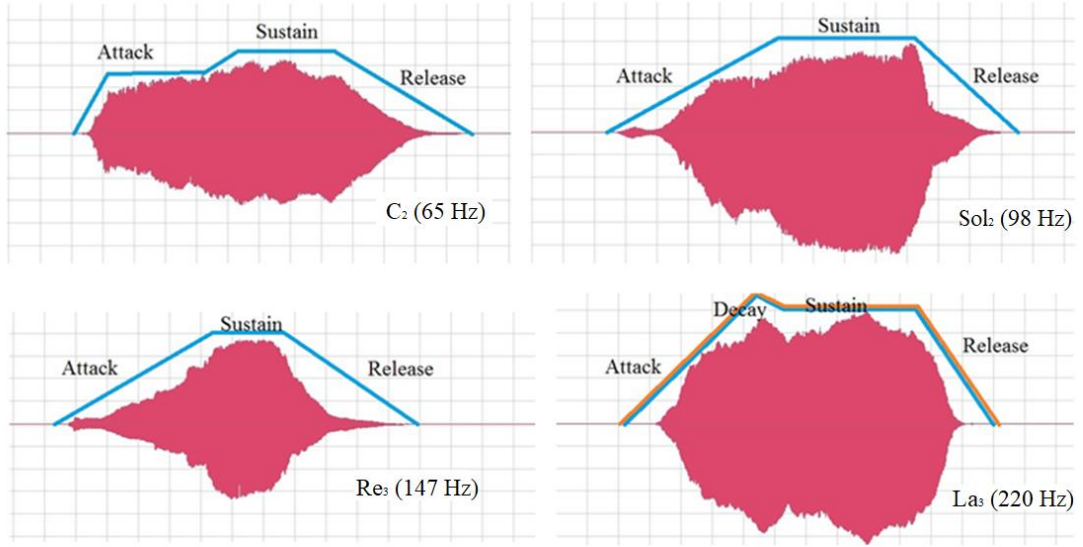
3) Uzama (Sustain), sesin uzadığı, devam ettiği bölümdür. “S” harfiyle gösterilir.

4) Serbest Bırakma (Release), sesin seviyesinin azalıp kaybolduğu bölümdür. “R” ile gösterilir (Kartal, 2012: 40).



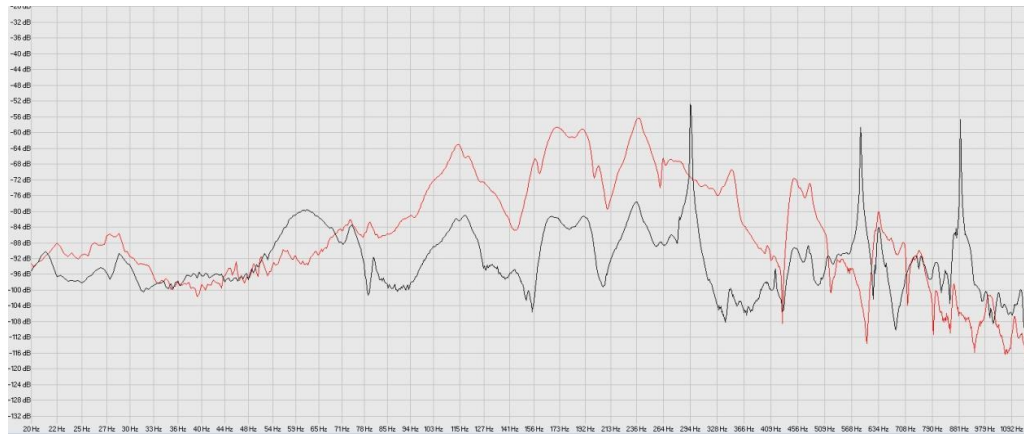
Şekil 4.11. Piyano ve kemanın ses dalgalarıyla zarflarının gösterimi (<https://www.audiolabs-erlangen.de> Erişim tarihi: 18 Kasım 2021)

Bu kısımda atak zamanı önem kazanmaktadır (Şekil 4.12). Çünkü çalgıya ait yapının frekansları bu evrede ortaya çıkmaktadır. Bunlara da inharmonik sesler denilmektedir. Gövde modlarının frekansları harmonik olarak ilişkili olmayacaktır ve sonuç olarak, tellerin sönümlenmesi ve köprüye vurulmasıyla elde edilen gövdenin darbe tepkisi, telin daha çok müzik notası benzeri kalitesinden ziyade gürültü benzeri bir niteliğe sahiptir. Bir nota çalınır telden üst plakaya bir dürtü benzeri kuvvet iletilir. Gövde modlarını uyarır ve gövde titreşimleri denilen inharmonik sesleri ortaya çıkarır. Bu ses kısa ömürlüdür ancak dinleyicilerin farklı enstrümanlar arasında ayırım yapmasına yardımcı olabilir (Brooke, 1992).



Şekil 4.12. Farklı frekansların ses zarfı/dalgası arasındaki ilişki (Leccese, 2018).

Şekil 4.13’de görüldüğü gibi ses tablasında da tüm yüzeylerde olduğu gibi titreşim modları birbirinin tam katları olarak karşımıza çıkmamaktadır. Başka bir deyişle telde olan titreşimler gibi harmonik değil inharmoniktir. Yani çalgı telleri süngerlerle susturulup eşik bölgesinden ses tablasına vurulduğunda, gürültü benzeri sesler işitilir. Bu sesler her tele vurulduğunda da işitilir. Bu Body Transient (Geçici Gövde dalgası) olarak adlandırılır. İnsan kulağı bu sesleri kullanarak farklı enstrümanlara has tınıları ayırt edebilir (Wright, 1996).



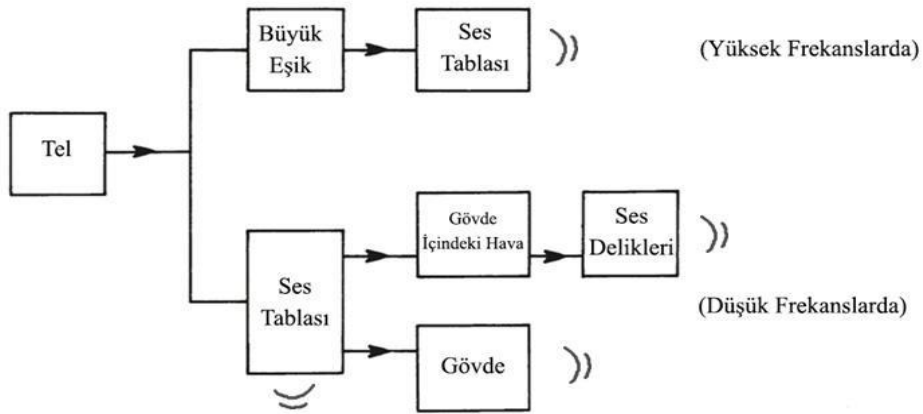
Şekil 4.13. Re teli (kırmızı) ve ses tablası (mavi) frekans analizleri (Değirmenli, 2014: 33)

Telli Enstrümanlarda Ses Oluşumu

Tel titreşimlerinden bir enstrümanın sesine nasıl dönüştüğüne ve nasıl işittiğimize bakacak olursak;

Bir cisim ancak titreşerek ses verebilir. Titreşen bu cisimler birtakım dalgalar meydana getirirler. Ses dalgaları olarak adlandırılan bu dalgaların ilerleyebilmeleri için başka maddelerin aracılık etmeleri gerekir. Özetle duyduğumuz çoğu sesi, hava aracılığıyla işitiriz. Ancak ses dalgaları yalnızca hava da değil katı ve sıvı maddelerde de yol alabilir (Önen, 2008: 21).

Kısaca bahsedecek olursak telli çalgılarda ses oluşumu; sırasıyla tel, gövde ve çalgı ortamındaki hava olmak üzere bunların birbirleriyle etkileşmesiyle meydana gelmektedir. İcracı aracılığıyla titreşen tel titreşimleri, eşik vasıtasıyla gövdeye birtakım kuvvet uygularlar. Enstrümanın ses tablasının ve gövdesinin bu kuvvetlere verdiği titreşim davranışının (cevabının) sonucunda da ses oluşur (Elie ve Gautier, 2014: 1).



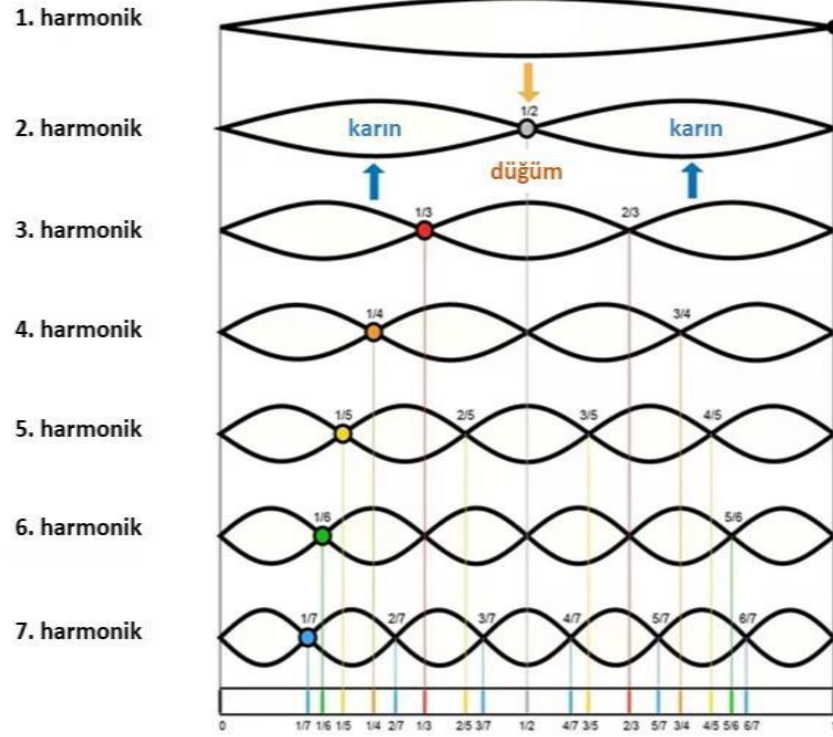
Şekil 4.14. Telli çalgılarda ses oluşum diyagramı (Değirmenli, 2017)

Telli çalgıların ürettiği ses, birçok farklı frekansı içerir. Bu ses Fourier analizleriyle incelendiğinde, frekansların birbirlerinin tam katları olduğu görülür. İlk frekansa "Temel Ton" veya "Birinci Harmonik" denir. Daha sonrakiler sırasıyla ikinci, üçüncü, dördüncü...vb. harmonik olarak adlandırılır. Bu harmoniklerin frekansları, birbirlerine göre bağıl genlikleri ve fazları değiştikçe, çalgıdan elde edilen sesin niteliği de değişir. Bir ses özelliği olan tını, büyük ölçüde sesin harmonik yapısına bağlıdır (Zeren, 2007: 161).

Teldeki Harmonik Kavramı

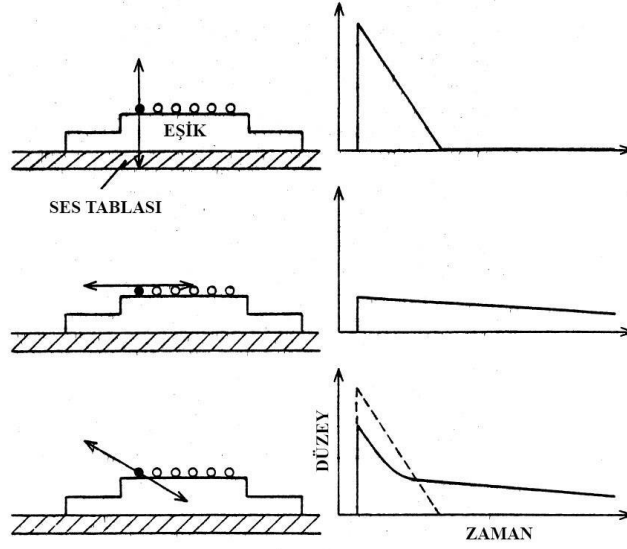
Şekil 4.15'da harmonik yapıların tel titreşimlerinde de karşımıza çıktığı gözlemlenmektedir. Bir tel gerilerek belirli bir noktadan uyarıldığı zaman meydana gelen dalgalar, uyarıldığı noktadan iki yana doğru hareket ederek ve telin sabitlendiği

eşik noktalarından geri döner ve bu hareketi yansıtarak birbirlerinin üstüne binerler. Bu hareket çok hızlı gerçekleşir yansıyan dalgaların bazıları birbirini sönümlerken bazıları da yapıcı etki gösterir. Bu dalgaların hareketli ve hareketsiz noktaları mevcuttur. Hareketsiz noktaya düğüm noktası (node) denilirken hareketli bölgeye ise karın noktası (antinode) denilir (Zeren, 2007: 32,163)



Şekil 4.15. Temel frekans üzerine oluşan harmonikler (www.quora.com)

Tele vuruş açısı ses karakterinin değişmesinde etkilidir. Şekil 4.16’de görüldüğü üzere ses tablasına dik dik olarak yapılan vuruş, gövde ve tel arasın çok güçlü bir etkileşim olmaktadır. Bu durum da sesin gürülüğünü artırır ancak kısa sürmesine sebep olur. Ses tablasına yatay olarak yapılan vuruşta ise daha ses daha zayıf olmasına karşın uzun süre tınlaması gerçekleşir. İcrâ esnasında genellikle tel, icracı ses tablasına ne tam dik ne de tam yatay açıyla uyarmakta ikisi arasında kalan bir açıyla icrâyı gerçekleştirmektedir. Böylece alınan ses hem uzun hem de güçlü olmaktadır (Jansson, 1983: 17).



Şekil 4.16. Tel üzerinde uygulanan farklı açılardan kaynaklanan ses değişimleri (Jansson, 1983: 17)

Tele vurulduğunda dalgalar oluşur ve uyarım noktasından eşiklere doğru ilerler. Bu dalgalar eşiklerden yansıyarak tel üzerindeki birtakım duran dalgaları meydana getirir. Duran bu dalgalara titreşim modu denir (Fletcher ve Rossing, 1991: 39). Buradan sonra da ses tablası yani kapak titreşimleri karşımıza çıkar.

Enstrümanların her bölümü çalgının sesine katkı sağlar ancak yayılan sesin büyük çoğunluğunu ses tablası oluşturduğundan gövdenin en önemli bölümüdür (Roberts, 2015: 21).

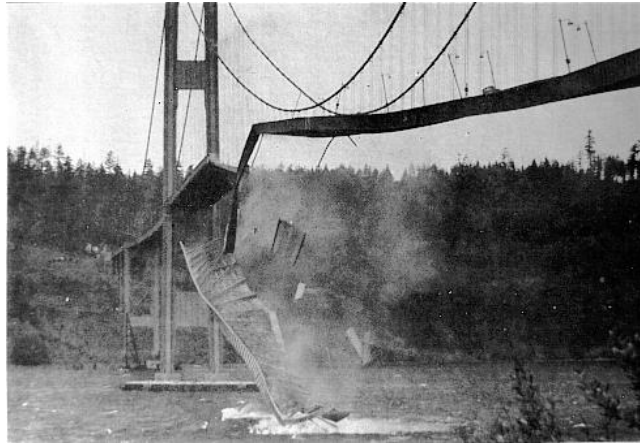
Ses oluşumuna doğrudan katkı sağladığından ve eşikten aldığı titreşimleri direkt gövde ve gövde içindeki havaya aktardığından dolayı ses tablası, telli çalgılardaki belki de en önemli bölümdür. Bu anlamda; belirli mod şekli, frekans ve sönüm değerine sahip olan ses tablası rezonans bölgeleri çalgının ses karakterinin belirlenmesinde en önemli rolü oynayan titreşim özelliği olarak karşımıza çıkarmaktadır. Bu durum birçok araştırmacı tarafından çalgının parmak izi olarak görülmektedir. Ses tablası üretilirken kullanılan malzeme ve bu malzemenin tasarımı, ses tablasının gerginlik ve ağırlık oranı değiştirilerek, rezonans bölgeleri de değiştirilebilmektedir (Değirmenli, 2015).



Şekil 4.17. 1.5 mm kalınlığındaki ladin ses tablasının sırasıyla 55Hz , 73.8Hz, 83Hz titreşim bölgeler(Taçoğlu, 1998)

Rezonans Kavramı

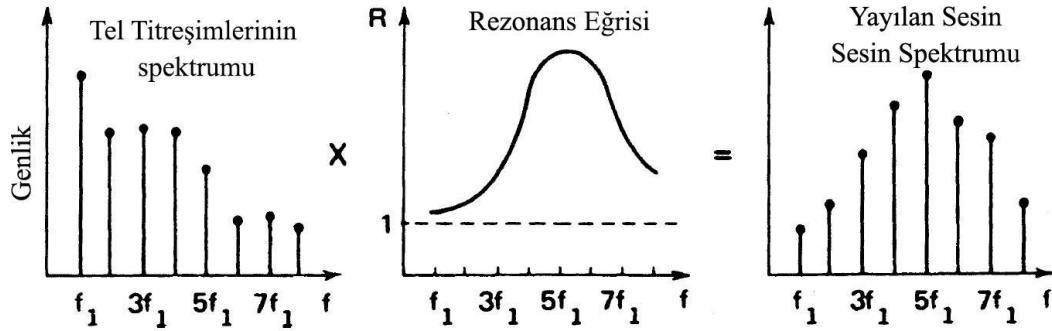
Bir uyarıcı sitem frekansı ile bir yapının kendi frekansı aynı ise, zorlama özel bir titreşim oluşur. Buna da rezonans adı verilir Bu zorlama titreşimin oluşturduğu genlik, uyarıcı sisteme nazaran çok büyük değerlere sahip olabilir (Şekil 4.18). Kısaca uyarıcı titreşime maruz bırakılan rezonatör kendi kendine bu titreşimleri güçlendirir. Bu durum enstrümanlarda aynı öz frekansa sahip yapıların rezonansa girerek güçlendirilebilmesiyle sonuçlanır. tel, içi boş gövdeler, küçük ses güçleri gibi rezonatörlerle güçlendirilen enstrümanların havaya ses aktarımı güçlendirilebilir. Ses hızı iletim aracına ve sıcaklığa göre değişkenlik gösterir Örneğin 20°C sıcaklıkta suda 1480, ağaçta 5500, mantarda 500, havada 340 m/saniyedir (Zeren, 2007: 105).



Şekil 4.18. Rezonansa girmiş bir köprü (<https://en.wikipedia.org> Erişim Tarihi:15 Kasım 2021)

Rezonans ilk titreşimin kendisiyle uyumlu olarak ikinci bir titreşim başlatmasıdır. İlk titreşimler nitelik olarak, müzikal bir ses oluşturamazlar. Bu yüzden rezonatöre sahip olmayan enstrümanlar volümsüz ve renksiz olarak addedilebilirler. Sesin müziksel bir nitelik kazanabilmesi için öncelikle ilk titreşimlerinin dışarıya verilmeden zenginleştirilmesi gerekmektedir (Çevik, 1999 : 38 akt Aytekin, 2006).

Müzikal enstrümanlarda da rezonans aranan bir durum olarak düşünülmektedir. Şekil 4.19’de tel ses tablası ve rezonans ilişkisi verilmiştir. Mesela bir gitarın gövdesi tellerden gelen sesi rezonans edip kuvvetlendirmek üzere tasarlanmaktadır. Gitar gövdeleri için, yapımlarında, iskelet sistemi kurularak bu rezonansın kontrollü bir hale getirilmektedir (Fletcher ve Rossing, 1991). Bazı tanburlara rezonans etkisini arttırmak için daha fazla sayıda titreşim teli bağlanmaktadır (Akan, 1989: 9).



Şekil 4.19. Ses tablasının rezonans eğrisinin oluşan sese etkisi (Roederer, 2008: 134)

Telli çalgıların yapısal farklılıkları, çeşitli malzemelerden üretilmiş olmaları ve bu malzeme ve yapılar farklı titreşimler oluşturarak her çalgıya özgü farklı bir titreşimle karşımıza çıkmaktadır. Bu çalgıya özgü titreşimleri ortaya çıkarmak belirlemek adına da birtakım analizler kullanılmaktadır.

Deneysel Analiz Yöntemleri

Modal analiz, cisimlerin yapısal özelliklerinin tanımlanmasında kullanılan bir tekniktir. Bu analiz ile sistemlerin dinamik özelliklerinden olan doğal frekanslar, modal şekiller ve sönüm oranları tahmin edilebilir. Bu dinamik değişkenler, sistemdeki kütle miktarı ve dağılımı ile sistem elemanlarının sıklığı ve dağılımı arasındaki etkileşim sonucunda belirir. Sönüm oranları, bir sistemde harekete maruz kalmanın etkisiyle ve elemanlar arasındaki iç sürtünmeler veya tüketilen enerji nedeniyle ortaya çıkar. Modal analizin diğer tekniklere kıyasla avantajı, yapısal etkileşimleri de dahil ederek sistemi tam bir şekilde tanımlayabilmesidir (Allemang, 1999).

Modal analiz, müzik enstrümanlarının titreşim modlarını, yani normal modlarını veya rezonanslarını belirlemeyi hedefler. Bu modlar, kullanılan malzemenin niteliklerine ve tasarım geometrisine bağlı olarak değişir ve çalgının ürettiği sesin kaynağı oldukları için son derece önemlidir. Dolayısıyla, modların frekanslarını,

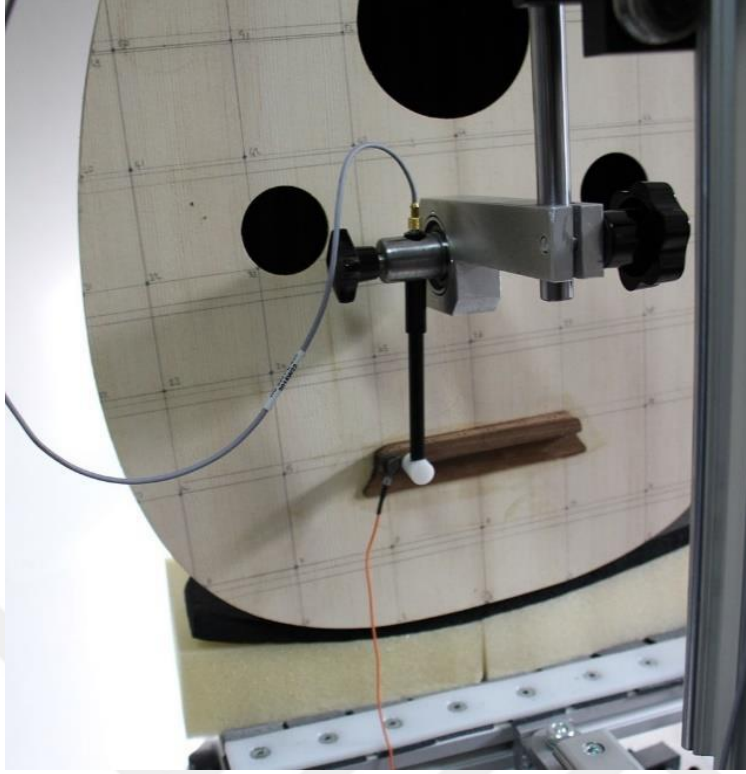
sönüm değerlerini ve mod şekillerini belirlemek, bir anlamda çalgının akustik parmak izini çıkarmaktadır(Schleske, 2002a: 59).

Deneysel modal analiz, enstrümanın doğal frekansları, mod şekilleri ve sönüm oranlarının tespiti sürecidir. Bu analizde, çalgı belirlenen noktalardan uyarılarak, bu uyarıya verilen titreşim yanıtları aynı noktalarda kaydedilir. Bu yaklaşım, deneysel modal analizin anahtar ölçümü olan frekans tepki işlevlerinin elde edilmesini sağlar (Değirmenli, 2018: 39,40)

Frekans tepki fonksiyonu (FTF), bir yapıya uygulanan birim kuvvetin karşılığında elde edilen titreşim hareketinin frekansa bağlı bir ifadesidir. Pratik uygulamalarda, bu kuvvet ve karşılık gelen yapısal yanıt zaman uzayında ölçülür ve daha sonra Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) kullanılarak frekans uzayına çevrilir (Rossing, 2007: 1129).

Fourier dönüşümü, temelde sürekli ve sonsuz bir fonksiyon dizisi üzerinde tanımlanır. Ancak, gerçekleştirilen deneysel ölçümler belirli bir örnekleme sayısı ile sınırlıdır. Dolayısıyla, deneysel ölçüm analizlerinde genellikle ayrık Fourier dönüşümünün (Discrete Fourier Transform - DFT) pratik bir uygulaması olan Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform - FFT) analizi tercih edilir. Bir dizi FFT algoritması bulunsa da, hepsinin temel amacı DFT hesaplamalarını hızlandırarak hesaplama süresini kısaltmaktır (Kammler, 2000: 296)

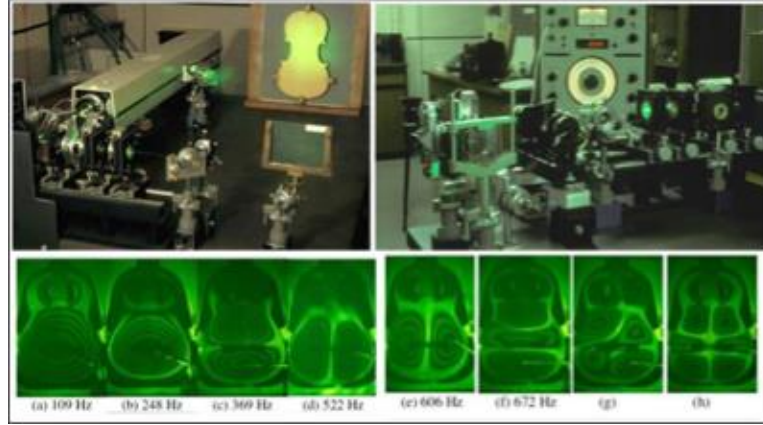
Deneysel modal analizde sıklıkla başvurulacak tekniklerden bir tanesi de darbe testi yöntemidir. Bu metodun çeşitli versiyonları bulunmakla beraber, kullanım kolaylığı nedeniyle genellikle hareketli çekiş denemesi (roving hammer test) seçilmektedir. Bu prosedür Resim 4.5’de gösterildiği üzere, ucunda kuvvet sensörü barındıran bir çekiş ile yapıyı uyarma ve sistemin yanıtının bir ivmeölçer aracılığıyla kaydedilmesi prensiplerine dayanmaktadır. Bu denemede, ivmeölçer belirli bir noktaya yerleştirilir ve çekişle önceden belirlenmiş noktalara darbe uygulanarak ölçümler gerçekleştirilir. Her darbenin ardından, belirli noktalar için frekans tepki fonksiyonları tespit edilir. Bu ölçümler ve analizler sonucunda, titreşim modlarının frekansları, sönüm katsayıları ve modal şekilleri gibi parametreler elde edilir (Değirmenli, 2017).



Resim 4.5 Gezici çekiç testi uyarı noktaları ve ivme ölçerli çekiç (Değirmenli 2017)

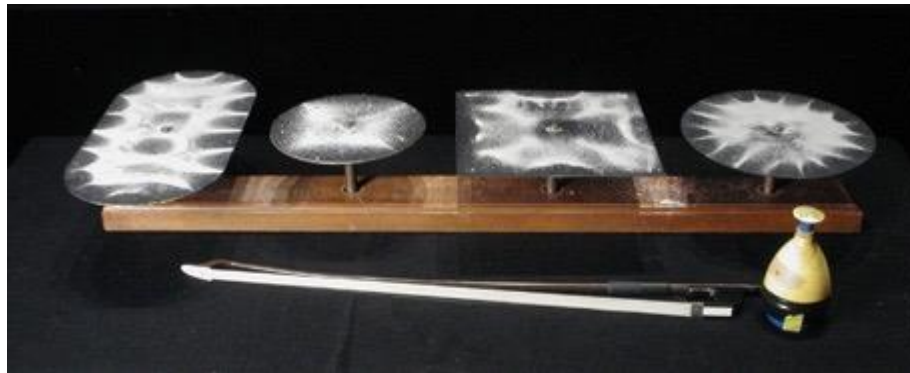
Bir kemanın tam bir modal analizi Marshall tarafından gerçekleştirildi. Enstrüman, 10 ile 1800 Hz arasında tek tip bir enerji dağılımı sağladığı bulunan orta sertlikte kauçuk uçlu bir darbe çekici kullanılarak uyarıldı. Gövde titreşimlerini ölçmek için bir ivmeölçer kullanıldı ve hem darbe çekicinden hem de ivmeölçerden gelen sinyaller, depolama ve analiz için bir mikro bilgisayara aktarıldı. Kemanda 190 yer belirlendi. İvmeölçer sabitlendi ve çekiç sırayla belirlenen noktaları uyardı. Diğer konumdaki ivmeölçer ile uyarı tepkileri ölçüldü ve toplam 238 darbe tepkisi elde edildi. Veriler daha sonra işlendi ve 1300 Hz'nin altında 35 farklı mod elde edildi. Mod parametreleri, her bir mod için frekans, sönüm katsayısı ve genlik dağılım değerlerini veren verilerden çıkarılır (Wright, 1996).

Holografik interferometri, titreşimli yüzeylerin görüntülenmesinde en etkili metodlardan biri olarak kabul edilir. (Resim 4.6) Bu teknik, keman ve gitar gibi bir dizi enstrüman üzerinde, 1970'lerden bu yana başarıyla uygulanmıştır (Richardson, 2010: 130).



Resim 4.6. Holografik interferometri tekniği ve oluşan titreşim şekillerinin gösterimi
(Richardson, 2010: 131)

Chladni tekniği (Resim 4.7) titreşim modlarının şekil ve frekanslarının belirlenmesine imkan sağlar. Bu metodun kullanım kolaylığı ve düşük maliyeti, özellikle çalgı üreticileri tarafından sıkça kullanılmasını teşvik eder. Ernst Chladni tarafından ilk olarak metal levhalarda kullanılan bu teknikte, bir yüzey ince bir toz tabakasıyla kaplanır ve belirli bir frekans aralığında uyandırılır. Titreşim kaynağı olarak, bir sarsıcı veya bir hoparlör kullanılabilir. Çalgıların yüzeylerinin oldukça hafif ve kolaylıkla titreşebilmesi nedeniyle, çalgı üreticileri ve araştırmacılar genellikle hoparlörü tercih ederler. Ayrıca, hoparlör kullanımıyla yüzeye doğrudan fiziksel temas olmaması, sonuçların doğruluğunu koruma açısından önemlidir (Değirmenli, 2014: 48).



Resim 4.7. Chladni tekniğinin gösterimi (<https://americanhistory.si.edu> Erişim Tarihi: 18 Kasım 2021)

Mobilite analizi, bir yapının uyarıcı kuvvete karşı verdiği titreşim tepkisinin hız olarak ifade edilmesi ile gerçekleştirilir. Çalgı akustiği alanında, bu ölçüm genellikle

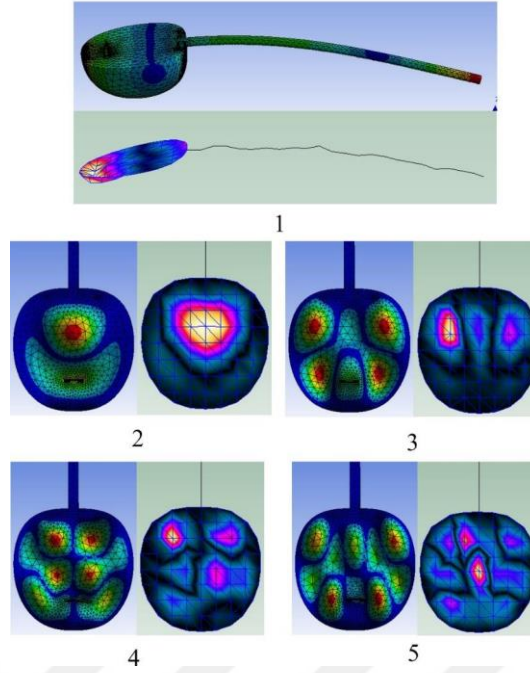
Çalgıların eşik noktalarına uygulanan kuvvetle ilgilidir. Hem uyarı hem de tepkinin ölçüldüğü noktaların, tellerin tutundukları noktaya mümkün olduğunca yakın seçilmesi önemlidir. Bu, tel ve çalgı gövdesi arasındaki enerji transferi hakkında kritik bilgiler sağlar (Saitis, Fritz, Giordano, & Scavone, 2012: 3607).

Ses yayılımı analizi, (Resim 4.8) algıların doğal titreşimlerinin analizi, darbe eki kullanarak uyarılan sesler üzerinden gerçekleştirilir. Bu lm tekniği uygulaması sırasında, bir aparat yardımıyla çalgı askıya alınır. Sonrasında algı, mikrofona eksenine göre belirlenmiş aralıklarla döndürülerek farklı açılardan veri toplanır. Bu yöntem, seslerin geniş bir perspektiften incelenmesine olanak sağlar (Schleske, 2002b: 53)



Resim 4.8. Ses yayılımı ve mobilite lm (Curtin (Curtin, 2009), 2009: 187)

Telli algıların titreşim özelliklerinin incelenmesinde, deneysel modal analiz tekniklerinin pratik uygulamaları yanı sıra, sonlu elemanlar metodu gibi teorik bir yaklaşım da kullanılmaktadır. (şekil 4.20) Bu teorik modal analiz, çalgının bilgisayar ortamında modellenmesi ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi ile gerçekleştirilir. Sonlu elemanlar metodu aracılığıyla çalgının titreşim frekansları ve mod şekilleri öngörülebilir ve elde edilebilir (Değirmenli, 2018: 79).



Şekil 4.20. Sonlu elemanlar metodu kullanılarak ve deneysel teknikler kullanılarak tanbur çalgısındaki mod şekilleri arasındaki farklar (Değirmenli, 2018: 175)

Ağaç malzemenin homojen olmaması ve fiziksel özelliklerinin kesin bir şekilde belirlenememesi, sonlu elemanlar metodu ile elde edilen veriler ile deneysel analiz sonuçları arasında belirgin farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ancak, bu uyumsuzluklar genellikle çalgının titreşim özelliklerinin sonlu elemanlar metoduyla tahmin edilmesini ciddi anlamda engelleyecek seviyede olmamaktadır. Bu nedenle, rağmen bu farklılıklara rağmen, sonlu elemanlar metodu yine de çalgı akustiği analizinde değerli bir araç olarak kalmaktadır (Bakarezos ve diğerleri, 2006).

Çalgıların ses karakteristiklerini belirlemek için kullanılan diğer bir yöntem, belirlenen bir performans sürecinde ölçülen seslerin uzun süreli ortalama spektrumlarının (Long-Term Average Spectra, LTAS) kullanılmasıdır. Bu metodoloji ile elde edilen bulgular sadece çalgının kendine özgü karakteristiklerini önemli ölçüde yansıtmakla kalmaz, aynı zamanda icracının, çevrenin ve seçilen müzikal eserin etkisini de içerir. Bu yöntem, çalgının ses özelliklerini geniş bir kontekst içerisinde değerlendirmeye olanak sağlar (Rossing, 1988: 13).

LTAS ölçümü süresince, FFT analizörü performans süresince belirli aralıklarla ölçümler gerçekleştirir ve bu değerlerin ortalamasını hesaplar. Sonuçlar, ilgilenilen frekans aralığı içerisinde tek bir ortalama eğri şeklinde sunulabileceği gibi, 1/3 oktav

bandı analizi yoluyla da sunulabilir. İşitsel sistemin fonksiyonelliği ile daha uyumlu olan 1/3 oktav bandı analizi, çalgının sesinin nasıl algılanacağı hakkında değerli bilgiler sunar. Bu, hem frekans spektrumunun daha detaylı bir incelemesini sağlar, hem de çalgının akustik özelliklerinin daha geniş bir bakış açısıyla değerlendirilmesine imkan tanır (Buen, 2005: 53)

Spektrum analizi, karmaşık dalga formlarını daha basit dalga bileşenlerine ayırıştırma sürecini tanımlar. Bu analitik süreç, bir dalga biçiminin belirli yaklaşımlar kullanılarak basit dalga bileşenlerine dönüştürülmesini içerir. Böylece, bir dalganın, oluşturan temel bileşenlerine göre geniş bir frekans yelpazesinde nasıl dağıldığı incelenir. Bu, sinyal işleme ve fiziksel sistemlerin frekans etkileşimlerinin anlaşılmasında önemli bir rol oynar (Güneşer, 2019: 13).

Spektrum analizi tüm dünyada çalgıların tınısal karakterini incelemede kullanılan bir yöntemdir. Tını hakkında ölçülebilir bir veri elde etmemizi sağlaması açısından büyük önem arz eder. Zira tını, onu oluşturan bileşenlerine indirgenmeden, bütünsel bir müzik olarak ele alındığında dinleyicilerin algılama biçimlerine göre muhtelif şekilde tarif edilirler. Tınıya dair parlak mat keskin kör ser yumuşak sıcak soğuk vb. psikofiziksel tabirler elbette müzisyenler açısından önemlidir, ancak ölçülebilir ve karşılaştırılabilir olmaktan uzaktır (Sethares, 2005: 15).

Ancak Helmholtz Bir müzik tonunun kalitesi, yalnızca kısmi basit tonların sayısına ve göreceli gücüne bağlıdır demiş ve harmonik yapılar ve tını üzerine birtakım çıkarımlarda bulunmuştur.

- Diyapazom ve klise org boruları gibi basit tonlar, tüm pürüzlerden uzak, çok yumuşak, hoş bir sese sahiptir; düşük perdelerde matlık vardır.

- Piyano, trompet ve korno gibi ilk 6 harmoniğin orta derecede yüksek olduğu tonlar, basit tonlardan daha uyumlu ve müzikaldir; basit tonlara göre zengin ve görkemli, 6. harmonikten yüksek kısımlar olmadığında ise tatlı ve yumuşak,

- Sadece tek sayılı harmonikler mevcut olduğunda (büyük ölçüde klarnet durumunda olduğu gibi), ton derin,

- Birçok yüksek harmonik (6. Harmonik ve üzerinde) varsa, ton nazaldır;

- 6 veya 7 daha yüksek harmonikler belirginse, ton fagot, obua ve üflemeli çalgılarda olduğu gibi keskin ve pürüzlüdür;



5 BULGULAR VE YORUMLAR

Araştırmanın bu bölümünde aynı şekilde tekrar edebilen ve standart vuruş sağlayan mızrap vuruş mekanizması kullanılarak farklı mızrap, farklı kalınlık, farklı açısı ve farklı vuruş yeri gibi sağ el pozisyonları arasındaki tını farklılıkları hakkında açıklamalar elde etmek istenmiştir. Bu nedenle de fiziksel parametreler kullanımına odaklanılarak vibro-akustik analizler kullanılmıştır. Tek değişkene bağlı verilerin karşılaştırması için 1/3 oktav bandı ve Frekans spektrum analizi kullanılmıştır.

5.1 Birinci Alt Probleme Ait Bulgular

Bu kısımda “Tanbur mızrabının fiziksel özelliklerinin ve tasarımının ses üzerindeki etkileri nelerdir?” sorusunun cevabı aranmak üzere belirlediğimiz alt problemlere ait bulgular yer almaktadır.

Tanbur mızrabı genellikle bağa dan tercih edilir. Ancak kemik, boynuz, galalit, katalin ve mikarta gibi malzemelerden de imal edildiği görülmektedir. Uç kısmına açığı denilmekle beraber kişiye ve icra tavrına özgü değişkenlik göstermektedir. Suphi ezgi tanbur metodunda fiziksel yapısını şu şekilde tanımlamıştır.

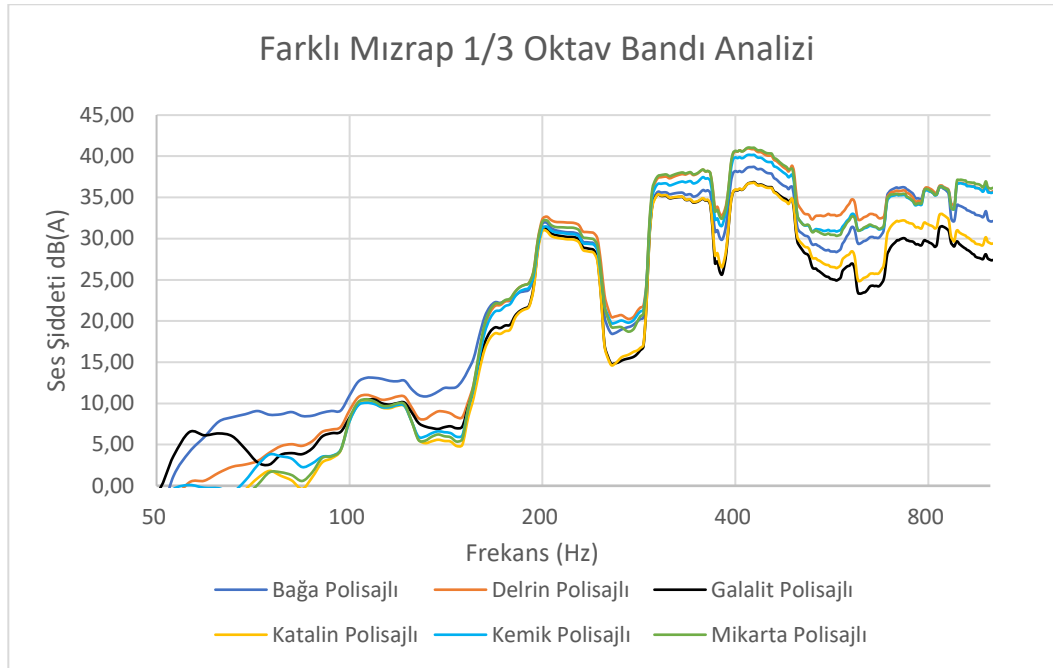
Mızrap; bir mu'tâd-ı elastiki tabakadan ma'mûl sekiz dokuz milimetre nihayet bir santim arzında bir veya bir buçuk milimetre şahsında kenarları ortasında daha ince ve balık sırtı denilen şekilde iki ucu bilenmesi maktu olarak boyu 12 santimetre uzunluğundadır (Onat, 1999: 24)

5.1.1 Farklı Materyal Mızrap Kullanımının Sese Etkisi Üzerine Bulgular

Aşağıda görüldüğü gibi Farklı materyaller tüm frekans bölgelerinde farklı ses yayınımları gerçekleştirdiği görülmüştür.

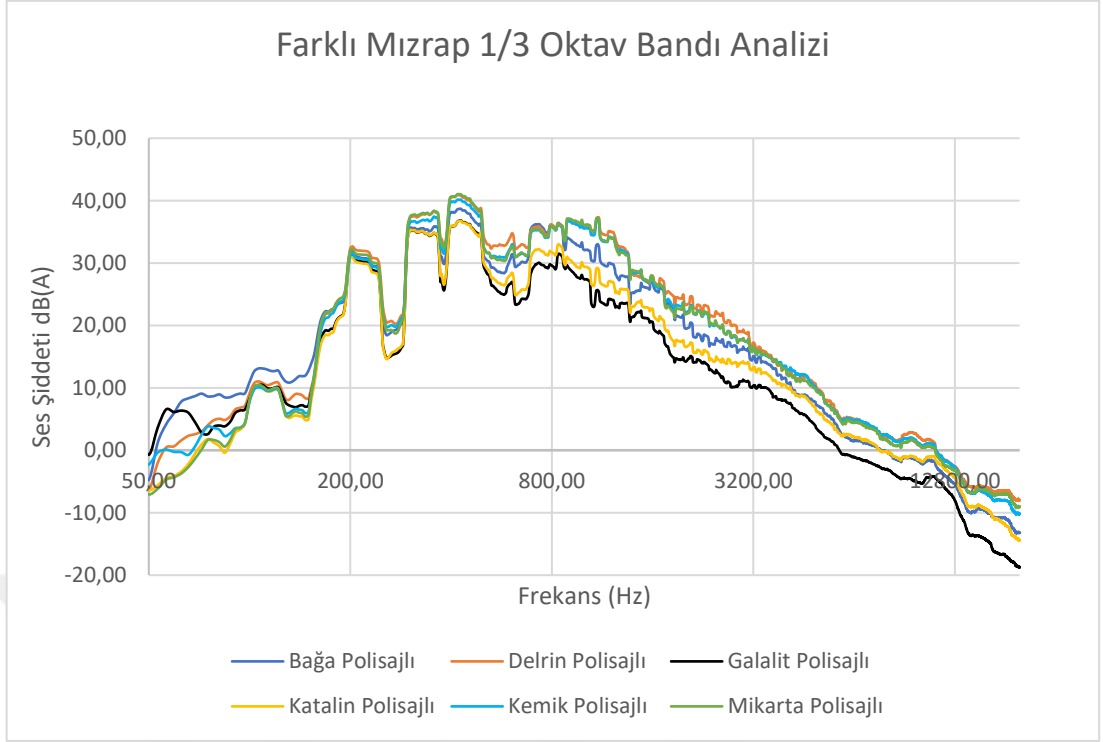
Bağa mızrap gerek icracılar gerekse eğitimciler için vazgeçilmez bir materyal olarak sunulmaktadır ve bununla ilgili bir takım görüşler şu şekildedir. Hiçbir madde bağadan çıkan lezzeti vermez (Gülses, 1991: 12) Bağa mızrap saza parlak bir ses vermektedir (Demirdil, 2020). Tanbur mızrabı için en iyi madde tabii bağa'dır. Deliksiz dolgun, gözeneksiz kemik de az çok sonuç vermektedir (Akan, 1989: 28). Bu sebeptendir ki bu çalışmamızın farklı materyal kullanımında bağa mızrap referans alınarak diğer mızraplar karşılaştırılmıştır. Analizlerimiz 110 Hz olan yegah teliyle alınmıştır. Telli çalgılardaki harmonik yapı düşünüldüğünde birbirinin tam katları

şeklinde ilerlemektedir. Bu sebeple çalışmamızda ilk 10 harmonik kullanmış olup 220, 330, 440, 550, 660, 770, 880, 990 Hz’lerde bulunan harmonikler karşılaştırılmıştır.



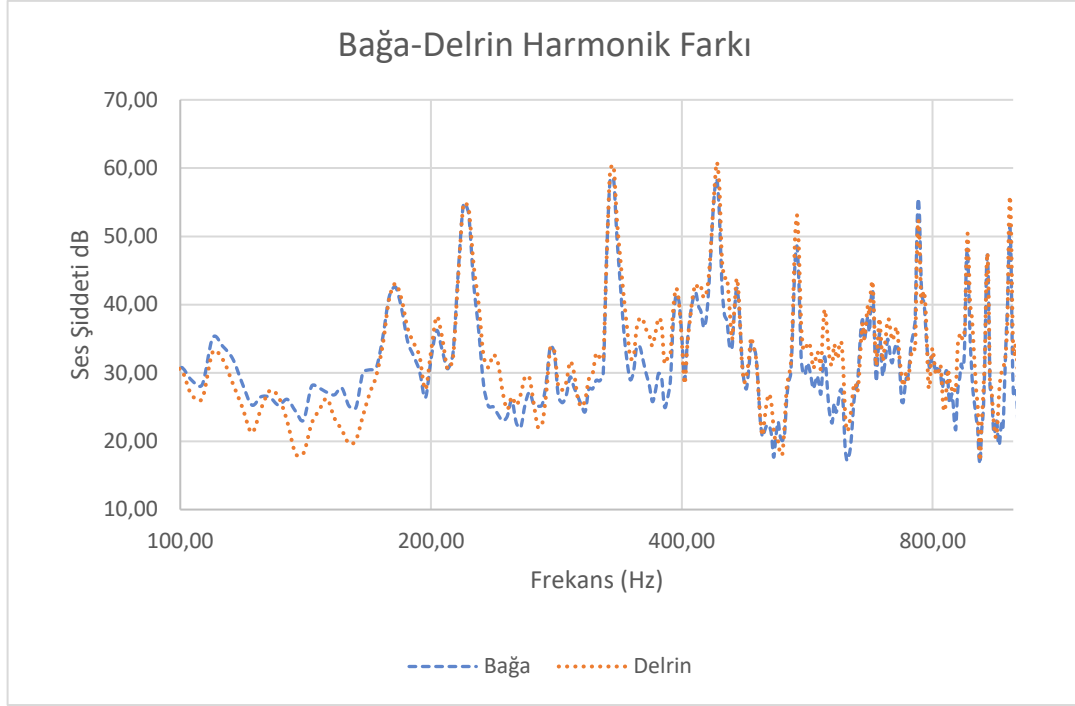
Şekil 5.1. Farklı mızrapların (50-1000 Hz) 1/3 oktav bandı tını analizi

Bu tını amaçlı yapılan 1/3 oktav bandı analizinde Şekil 5.1. Farklı mızrapların (50-1000 Hz) 1/3 oktav bandı tını analizi görüldüğü üzere tüm materyallerin aynı şartlarda alınan ölçümlerinin 50-1000 Hz aralığı sonuçları karşılaştırılmıştır. Tanburun temel frekansının 110 Hz yegâh teli olduğunu bildiğimizden elde edilen bulgular ışığında Bağa’nın temel frekansta diğerlerine göre yaklaşık 3 desibellik daha yüksek bir fark yarattığı özellikle ikinci harmonik bölgelerinde birbirine yakın olan değerlerin üçüncü harmonik bölgelerde başlayan başlayan farklılaşmalar gözlemlenmektedir. Üçüncü harmonik bölgesinden yedinci harmonik bölgesine kadar delrin, mikarta ve kemik mızraplar bağa mızraba nazaran daha yüksek grafik eğrisine sahipken galalit ve katalin mızraplar daha düşük grafik eğrisine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yedinci harmonik bölgesinde ise galalit ve katalin dışında tüm mızrapların grafik eğrilerinin örtüştüğü gözlemlenirken en düşük grafiğe galalit mızrabın sahip olduğu gözlemlenmiştir.



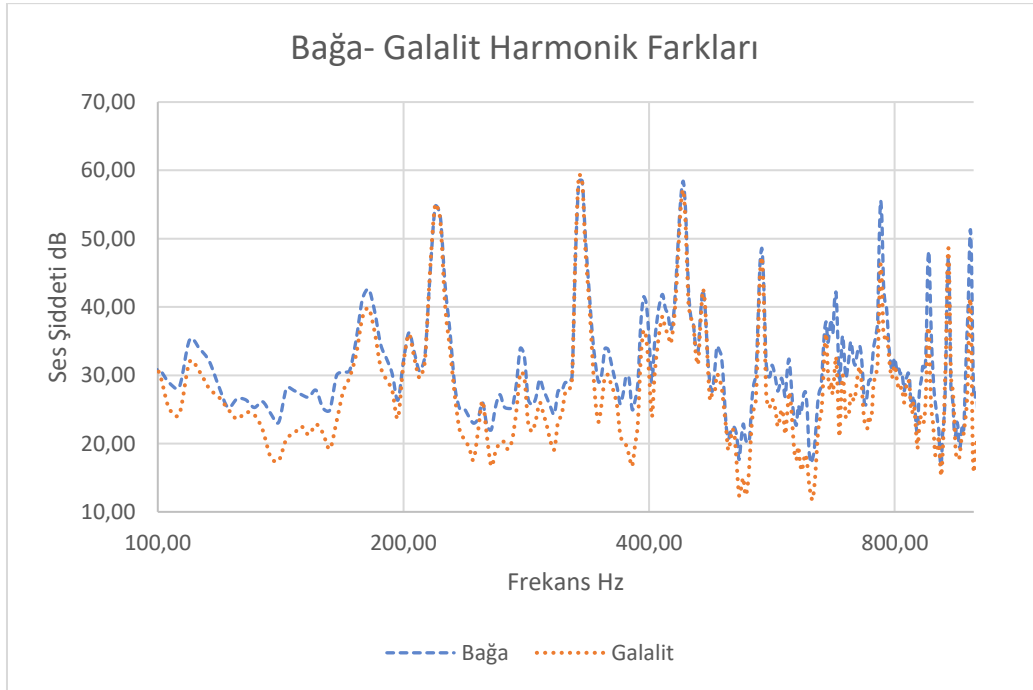
Şekil 5.2. 50-20 kHz farklı mızrapların 1/3 oktav bandı tını analizi

Şekil 5.2’de görüldüğü üzere 1 kHz ile 20 kHz aralığı incelenmiştir. Bağa mızrapına göre mikarta ve delrin 4 desibellik bir farkla yüksek seyrederken katalin 4 galalit ise 8 desibel farkla düşük seyreder. 4 kHz bölgesinde bağa ve kemik birleşmiştir. Kemik ve mikarta’nın hemen hemen aynı frekans bölgelerinde üst üste bindiği gözlemlenmiştir.



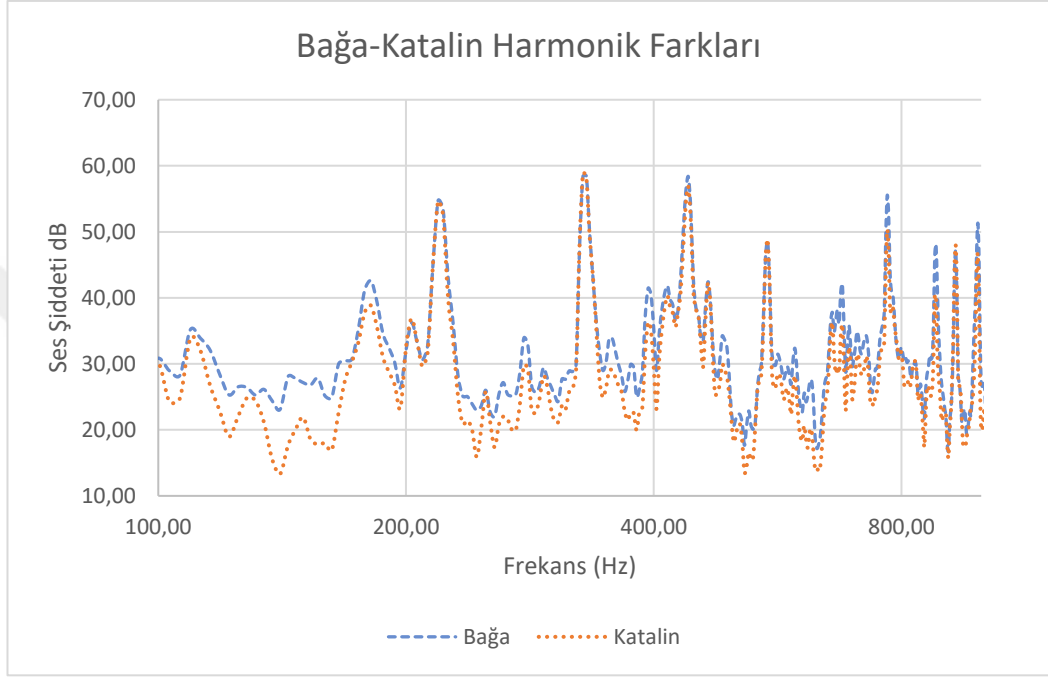
Şekil 5.3. Bağ-Delrin harmonik analizleri

Şekil 5.3’de görüldüğü gibi Bağ Delrin’in harmonik karşılaştırmasında ilk 10 harmonik alınmıştır. Temel frekansta bağanın 2 dB daha yüksek olduğu ikinci harmoniğin örtüştüğü, yedinci harmonikte bağa’nın daha yüksek olduğu, diğer harmoniklerden delrinin bağa mızrabına nazaran daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.



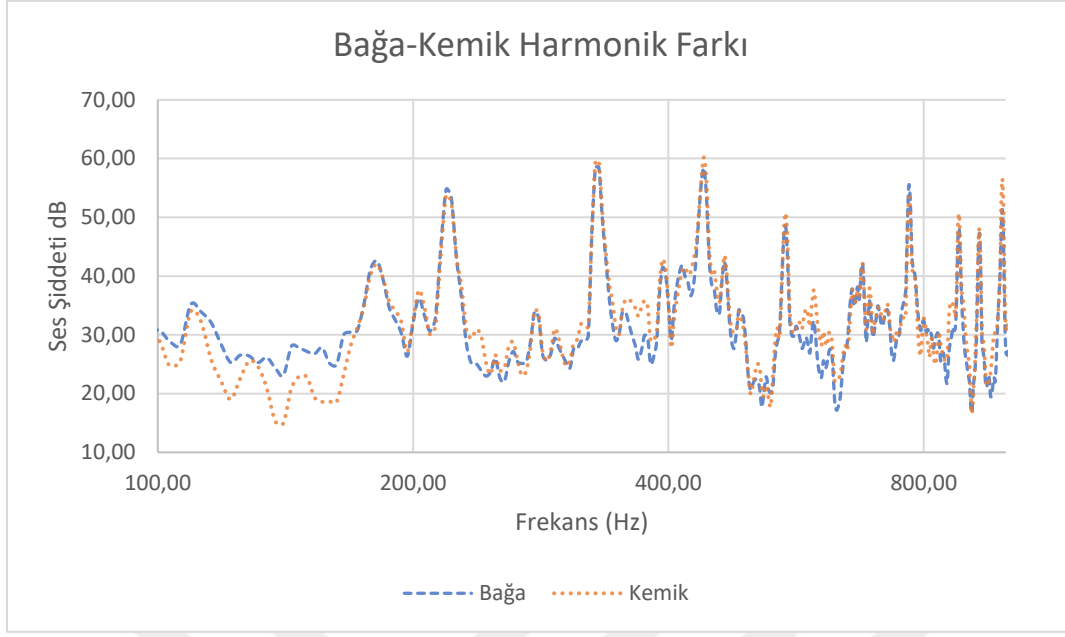
Şekil 5.4. Bağ-Galalit harmonik analizleri

Şekil 5.4’de Görüldüğü gibi temel frekansta galalite göre 2 dB fark gözlenmiştir. İki, üç ve dördüncü harmoniklerin birbiriyle örtüştüğü, altı, yedi, sekiz ve dozuncu harmoniklerde galalit mızrabın 10 dB farkla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.



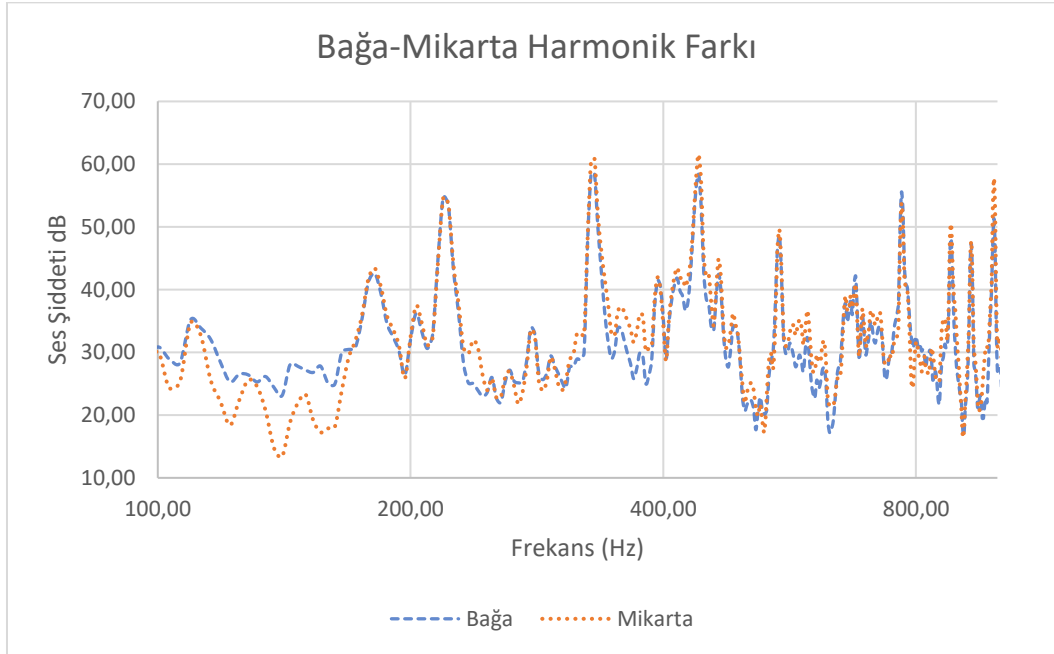
Şekil 5.5. Bağa-Katalin harmonik analizleri

Şekil 5.5’de görüldüğü gibi Katalin Mızrap temel frekansta 2 dB kadar düşük bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir. İki, üç ve beşinci harmonikler örtüşürken dördüncü ve altıncı harmonikte bağa 2 dB daha yüksek seyrederken, yedi ve dokuzuncu harmonikte bağa mızrap 5 dB yüksek, sekizinci harmonikte de 8 dB yüksek seyir gösterdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 5.6. Bağa-Kemik harmonik analizleri

Şekil 5.6’de görüldüğü gibi Kemik Mızrap temel frekansta, ikinci ve yedinci harmonikte yaklaşık 2 dB kadar düşük seyir gösterdiği gözlemlenmiştir. Üçüncü, dördüncü, beşinci, sekizinci ve dokuzuncu harmoniklerde kemik, bağa mızraba nazaran daha yüksek seyrettiği, altıncı harmonikte birebir örtüştüğü gözlemlenmiştir.

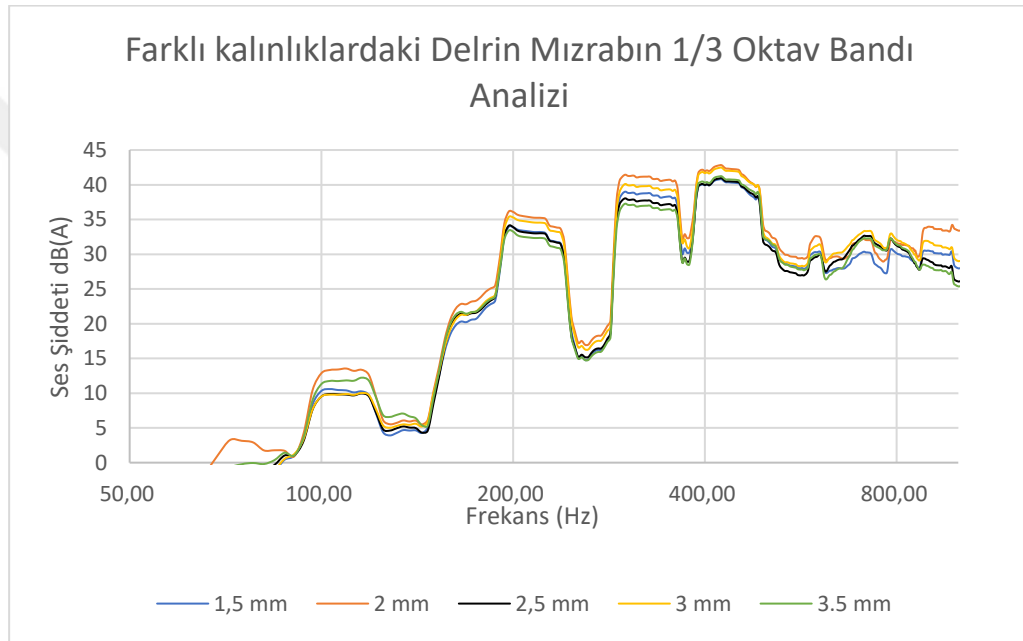


Şekil 5.7. Bağa-Mikarta harmonik analizleri

Şekil 5.7’de görüldüğü gibi Mikarta Mızrap temel frekansta ve ikinci harmonikte birebir örtüştüğü gözlemlenmiştir. Üçüncü, dördüncü, beşinci, altıncı ve sekizinci armonikte yaklaşık olarak 2 dB, dokuzuncu harmonikte 6 dB daha yüksek seyrettiği, yedinci harmonikte ise 2 dB kadar düşük olduğu gözlemlenmiştir.

5.1.2 Farklı Kalınlıktaki Mızrapların Tanbur Sesine Etkisi Üzerine Bulgular

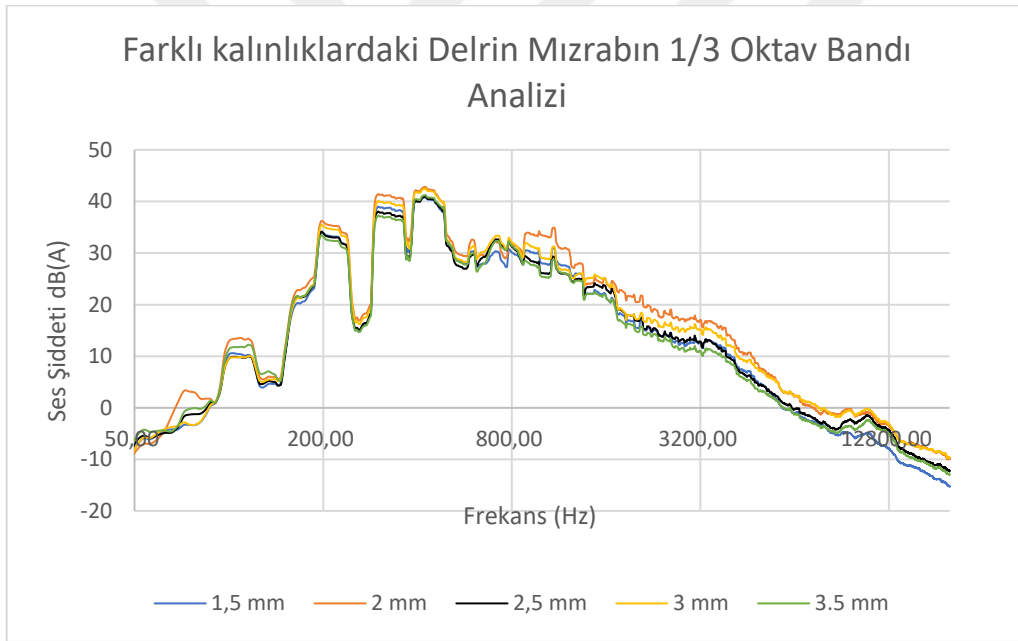
Bu bölümde delrin ve bağa mızraplara ait farklı kalınlıklardaki mızrapların 1/3 band analizi ve harmonik analizleri paylaşılarak tınısal farklılıkları ortaya konulmaya çalışılmıştır.



Şekil 5.8. Farklı kalınlıktaki delrin mızrap 1/3 oktav bandı analizi

Beş farklı kalınlığa sahip delrin mızraplar aynı aç, açığı ve vuruşla sadece kalınlıkları değiştirilerek analizleri yapılmıştır. Şekil 5.8 görüldüğü gibi temel frekans bölgesinde 2 mm delrin mızrap yaklaşık 4 dB(A) kadar ve 3,5 mm mızrap ise 2 dB(A) kadar diğer mızraplara nazaran daha yüksek seyrederken ikinci harmonik bölgesinde 2mm ve 3mm mızraplar kendi aralarında 0,5 dB(A) lık bir fark gösterirken 1,5 ve 2,5 mm mızraplar üst üste örtüşerek 1,5 ve 2,5 mm mızraplara göre 2 dB(A) kadar düşük bir seyir göstermiştir. 3,5 mm mızrap ise en düşük grafik eğrisine sahip mızrap olmuştur. Üçüncü harmonik bölgesine gelindiğinde ise aralarında yaklaşık 1 dB(A) lık fark oluşarak en yüksek grafik eğrisinden en düşüğe doğru sırasıyla 2mm, 3mm, 1,5mm, 2,5 mm ve 3,5 mm şeklinde seyir göstermişlerdir. Dördüncü harmonik bölgesinde ise 2mm ve 3mm mızraplar yaklaşık 3 dB(A) kadar yüksek seyir göstermektedir.

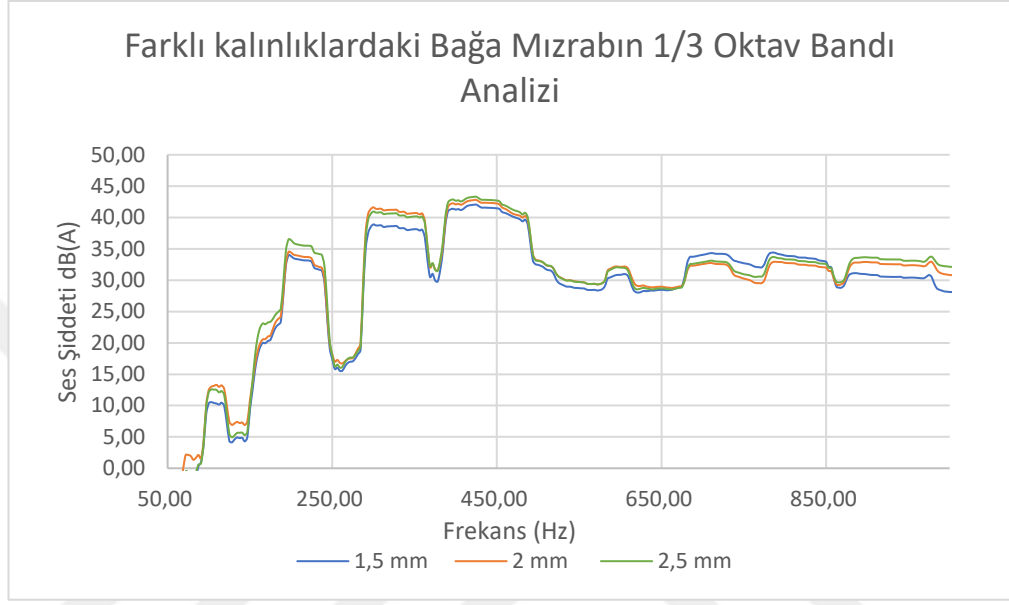
göstermiştir. Beşinci harmonik bölgesinde ise yaklaşık 2 dB(A) farkla 2 mm mızrap en yüksek seyir gösterirken 2,5 mm mızrap en düşük seyri gösteren mızrap olmuştur. Diğerleri ise hemen hemen aynı şekilde seyir göstererek örtüşmüşlerdir. Altıncı harmonik bölgesi ise 3 mm mızrap en en düşük olan 1,5 mm ve 3,5 mm mızraplara göre 2 dB(A) kadar yüksek seyrederken birbiriyle örtüşen 2 ve 3 mm mızraplarla göre 1 dB(A) kadar yüksek bir seyir göstermiştir. Yedinci harmonik bölgesinde 1,5 mm mızrap 5dB(A) kadar düşük ve 2 mm mızrap ise 2 dB(A) kadar düşük seyir gösterirken diğer mızraplar birbirleriyle örtüşmüşlerdir. Sekizinci ve dokuzuncu harmonik bölgede ise 2 mm mızrap en yüksek seyri gerçekleştirirken kendisine en yakın mızrap olan 3 mm mızrapla aralarında yaklaşık 3 dB(A) kadar bir fark olduğu gözlemlenmiştir. Daha sonra 1,5 mm mızrap 2 dB(A) 2,5 mm mızrap 2 dB(A) 3.5 mm mızrap ise de 1 dB(A) kadar daha düşük bir seyir göstermiştir.



Şekil 5.9. Delrin mızrap farklı kalınlık 50 - 20 khz aralığı farkları

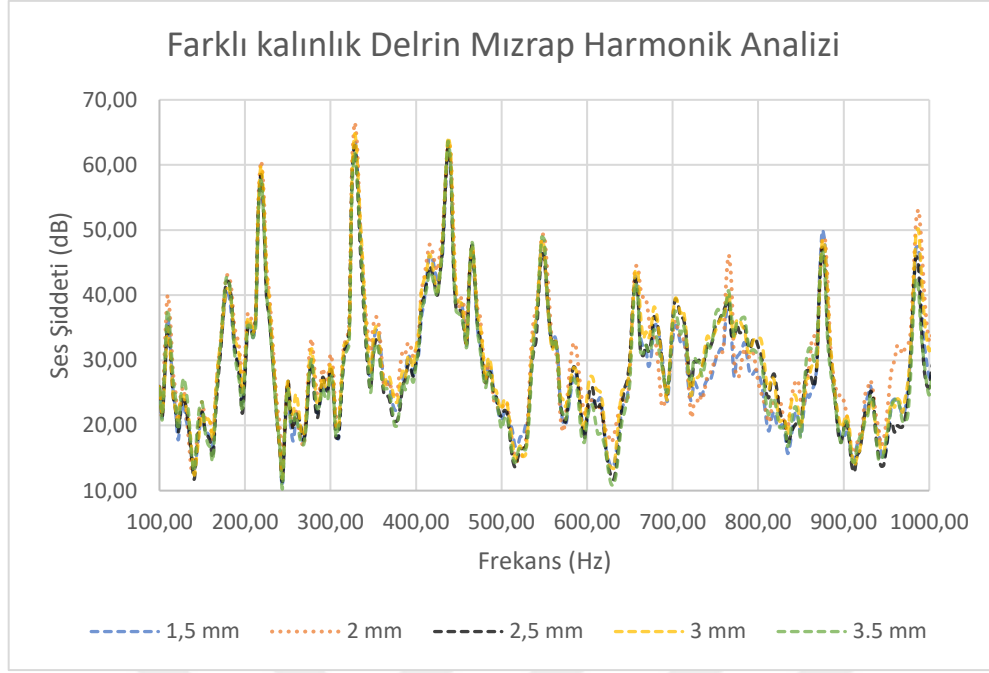
Şekil 5.9'da görüldüğü gibi üst 1 kHz ve sonrası harmonikler de delrin mızrap kalınlık farkları 2 mm mızrap 1 kHz bölgesinden itibaren diğer mızraplara nazaran daha yüksek bir seyir gösterirken, 3 mm mızrap ona en yakında seyreden mızrap olmuş 5 kHz bölgesinde grafikleri birleştiği gözlemlenmiştir. 3.5 mm kalınlıktaki mızrap, 1 kHz bölgesinden 10 kHz e kadar en düşük seyri gösterirken, 10 kHz bölgesinden itibaren 2,5 mm mızrapla birleşen bir seyir göstermiştir. 2,5 mm mızrap ise 1kHz bölgesinde düşük başlayan bir seyir göstermiş olsa da 1400 Hz bölgesinden 1,5 mm

mızrapla benzer bir seyir hareketiyle en düşük olan 3,5 mm mızrapa yakın bir seyir göstermiştir. 10 kHz den itibaren yükselen grafik eğrisiyle en yüksek grafik eğrisine sahip olan 2 ve 3 mm mızraplara yaklaşımıştır. 1,5 mm mızrap ise 10 kHz bölgesine kadar 2,5 mm mızrapla benzer bir seyir gösterirken 10 kHz den sonra en düşük grafik eğrili mızrap olmuştur.



Şekil 5.10. Farklı kalınlıktaki bağa mızrapların 1/3 oktav bandı tını analizi

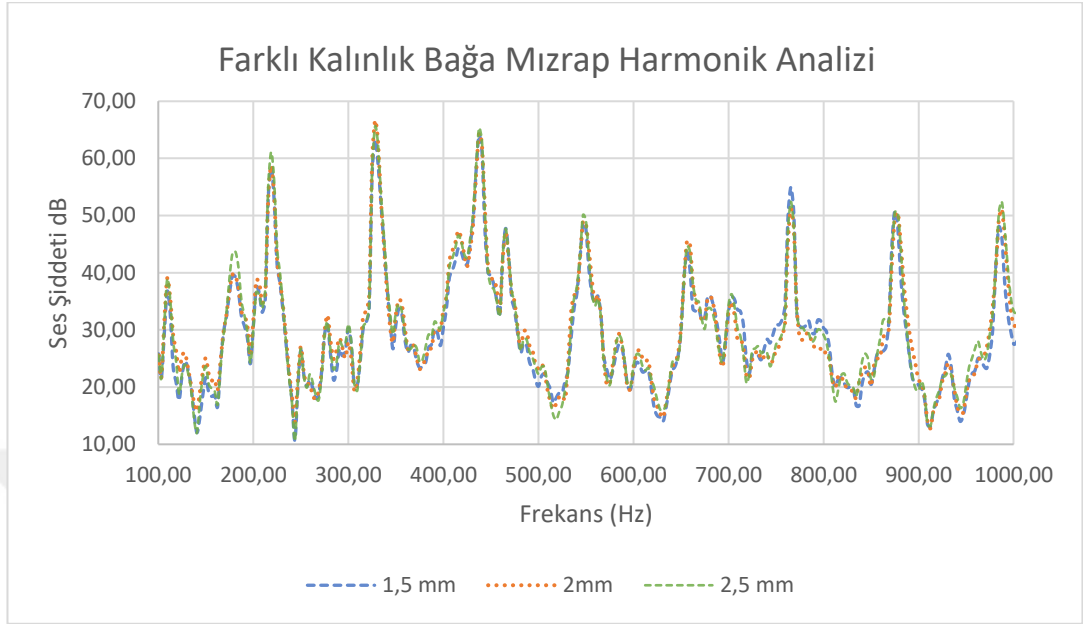
Farklı kalınlık bağa mızraplarda 1.5, 2 ve 2.5 mm olmak üzere üç farklı kalınlıkta mızrap incelenerek tınısal etkileri araştırılmıştır. Şekil 5.10'de 50 ile 1000 Hz arası Temel frekans(110 Hz)ve üçüncü harmonik bölgelerinde 2 ve 2.5 mm mızrap 1.5 mm mızrapa nazaran 3 dB(A) kadar yüksek bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir. üçüncü, dördüncü, sekizinci ve dokuzuncu harmonik bölgesinde ise en yüksek seyri 2.5 mm mızrap gösterirken 1.5 mm mızrapa nazaran yaklaşık 3 dB(A) kadar daha yüksek seyrettiği gözlemlenmiştir. İkinci harmonik bölgesinde ise 2.5 mm mızrap 2 dB(A) farkla en yüksek grafik eğrisine sahip mızrap olduğu görülmüştür. Beşinci harmonik bölgesinde 2 ve 2.5 mm mızrapların örtüştüğü, ve 1.5 mm mızrapa nazaran daha 1 dB(A) kadar daha yüksek seyrettiği gözlemlenmiştir. Altıncı harmonik bölgesinde tüm mızrapların birleşerek örtüştüğü, yedinci harmonik bölgesine gelindiğinde ise 1.5 mm mızrapın 3 dB(A) kadar daha yüksek, 2.5 mm mızrapın ise 1 dB(A) kadar yüksek bir grafik eğrisine sahip olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.11. Farklı kalınlık delrin mızrap harmonik analizi

Şekil 5.11’de görüldüğü gibi temel frekans bölgesinde 2 dB farkla 2 mm mızrap 3.5 mm mızrapa göre daha yüksek bir seyir gösterirken, 1.5, 2.5 ve 3 mm mızraplar hemen hemen örtüşerek 2 dB kadar daha düşük bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir. İkinci harmonik bölgesinde ise 2 ve 3 mm mızrapların örtüşerek aynı seyri gösteren diğer mızraplara nazaran yaklaşık 2 dB kadar daha yüksek seyrettiği gözlemlenmiştir. Üçüncü harmonik bölgesinde ise 2 mm mızrapın 2 dB kadar daha yüksek, onu peşinden gelen 3 mm mızrapın ise 1 dB kadar yüksek olduğu, diğer mızrapların ise hemen hemen örtüştüğü gözlemlenmiştir. Dördüncü harmonikte tüm mızrapların hemen hemen aynı seyri gösterdiği ancak 2 ve 3 mm mızrapların birbirleriyle daha örtüştüğü gözlemlenmiştir. Beşinci harmonikte ise 2.5 mm mızrap 2 dB kadar daha düşük seyir gösterirken diğer mızrapların birbirleriyle örtüştüğü gözlemlenmiştir. Altıncı harmonik bölgesinde 2 ve 3 mm mızrapların aynı seyri gösteren diğer mızraplara nazaran örtüşerek 2 dB kadar daha yüksek bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir. Yedinci harmonikte 2 mm mızrap 6 dB kadar daha yüksek bir seyir gösterirken diğer mızrapların birbirleriyle örtüştüğü gözlemlenmiştir. Sekizinci harmonikte ise 1.5 mm mızrapın 2 dB farkla en yüksek seyreden mızrap olmasına karşın ona en yakın 2 ve 3 mm mızrapların örtüştüğü ve aynı seyri gösteren 3.5 ve 2.5 mm mızrapa 2 dB kadar daha yüksek bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir. Dokuzuncu harmonikte mızrapların her biri farklı seyir göstererek yaklaşık 2 dB farkla

en yüksekten en düşüğe doğru 2 mm ,3 mm 1.5 mm, 2.5 mm ve 3.5 mm şeklinde sıralanan bir seyir gösterdikleri gözlemlenmiştir.

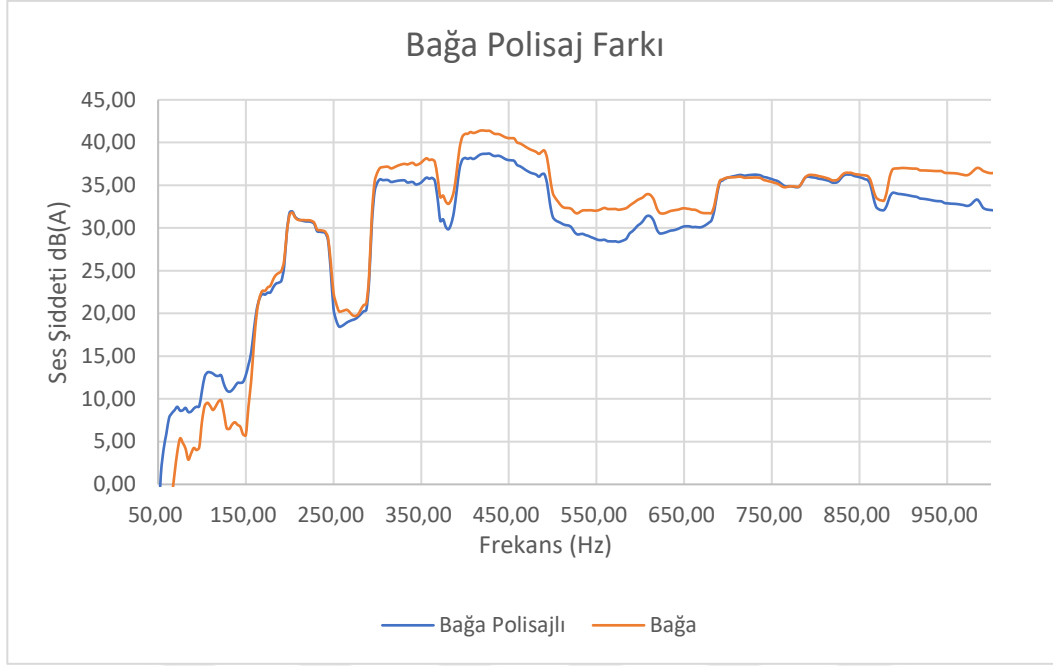


Şekil 5.12. Farklı kalınlık bağı mızrap harmonik analizi

Temel harmonikte 2 ve 2,5 mm mızraplar örtüşürken 1,5 mızrapa göre yaklaşık 2 dB kadar daha yüksek bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir. İkinci harmonik bölgesinde ise 2.5 mm mızrapın, birbirleriyle örtüşen diğer mızraplara nazaran 4 dB kadar daha yüksek seyrettiği gözlemlenmiştir. Üçüncü ve altıncı harmonikte 2 mm mızrap, 2.5 mm mızrapa nazaran 1 dB 1.5 mm mızrapa nazaran ise 3 dB kadar daha yüksek bir seyir göstermiştir. Dördüncü ve beşinci harmonikte 2.5 mm mızrapın diğer mızraplara göre yaklaşık 1 dB kadar daha yüksek bir seyir gösterdiği ve diğer mızrapların da birbirleriyle örtüştüğü gözlemlenmiştir. Yedinci harmonikte aralarında 2dB farkla en yüksekten en düşüğe doğru sıralanışının 1.5 mm, 2.5 mm, 2 mm şeklinde olduğu gözlemlenmiştir. Sekizinci harmonikte tüm mızrapların birbirleriyle örtüştüğü gözlemlenmiştir. Dokuzuncu harmonikte 2.5 mm mızrapın 2 mm mızrapa göre 2 dB kadar daha yüksek bir seyir gösterdiği, 2 mm mızrapın ise 1.5 mm mızrapa göre 3 dB kadar daha yüksek seyrettiği gözlemlenmiştir.

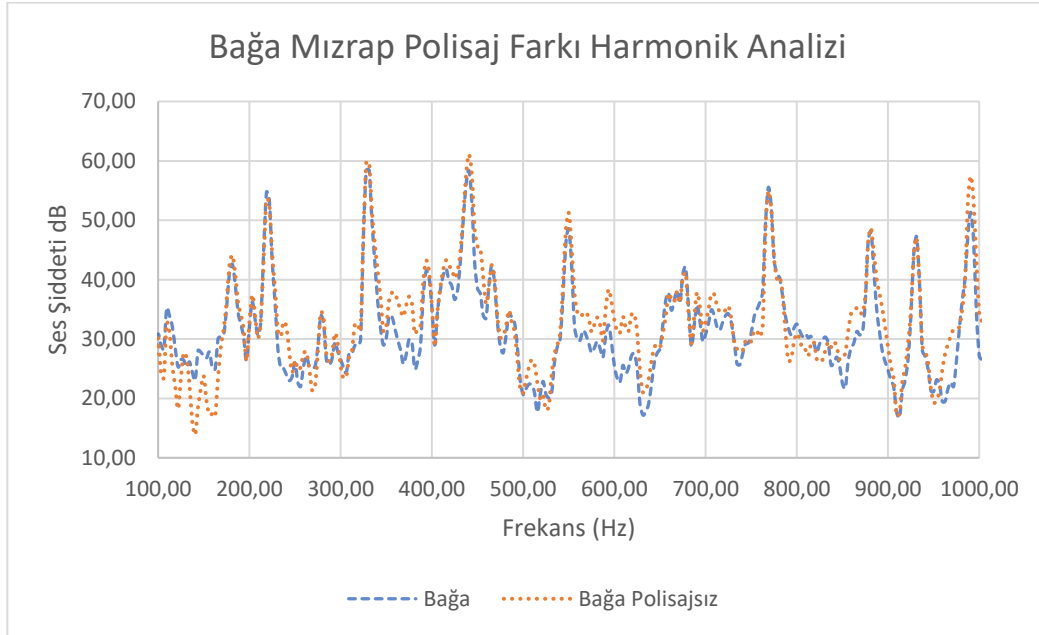
5.1.3 Malzemelere Uygulanan Polisajın Sese Etkisi Üzerine Bulgular

Bu bölümde 60 sn boyunca polisajlanan mızrapların tınısal değişimleri karşılaştırılmış, aralarındaki farklar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Her bir mızrap için 1/3 oktav bandı ve frekans spektrum analizi gerçekleştirilmiştir.



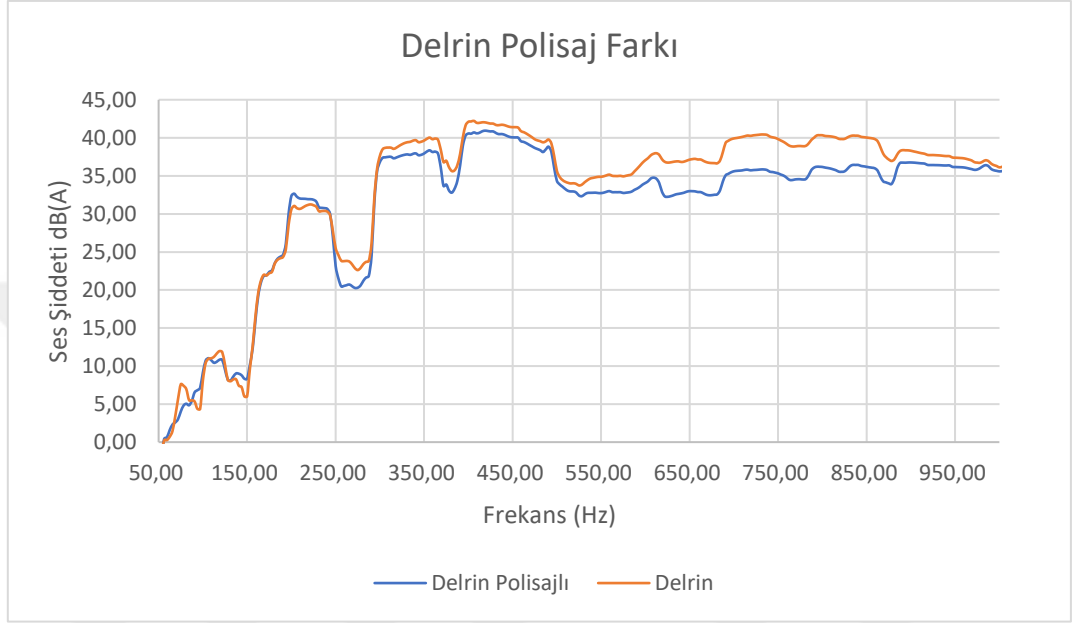
Şekil 5.13. Bağa mızrap polisaj farkının 1/3 oktav bandı analizi

Yukarıdaki Şekil 5.13’de görüldüğü gibi temel frekansta polisajlı mızrap 4dB kadar daha yüksekken ikinci harmonik bölgesinde hemen hemen aynı seyri gerçekleştirmiş, üçüncü harmonik bölgesinden altıncı harmonik bölgesine değin polisajlı mızrap yaklaşık olarak 2 dB daha düşük seyrettiği gözlemlenmiştir. Altıncı ve yedinci harmonik bölgelerinde de aynı seyri gösterirken 8 harmonikten sonrasında düşük bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir.



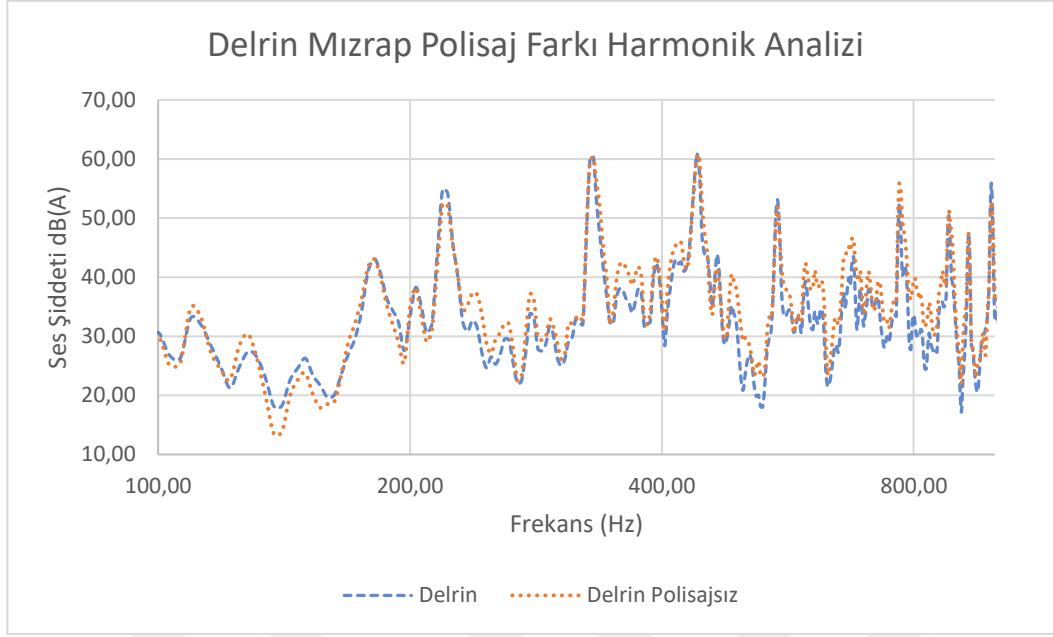
Şekil 5.14. Bağa mızrap polisaj farkının harmonik Analizi

Şekil 5.14’ de görüldüğü gibi Polisajlı mızrabın Temel frekansta yaklaşık 4 dB, ikinci harmonikte yaklaşık 2 dB kadar daha yüksek olduğu, altıncı, yedinci ve sekizinci harmoniklerde hemen hemen aynı seyrettiği üçüncü dördüncü beşinci harmoniklerde yaklaşık 2 dB, dokuzuncu harmonikte ise yaklaşık 4 dB kadar daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.



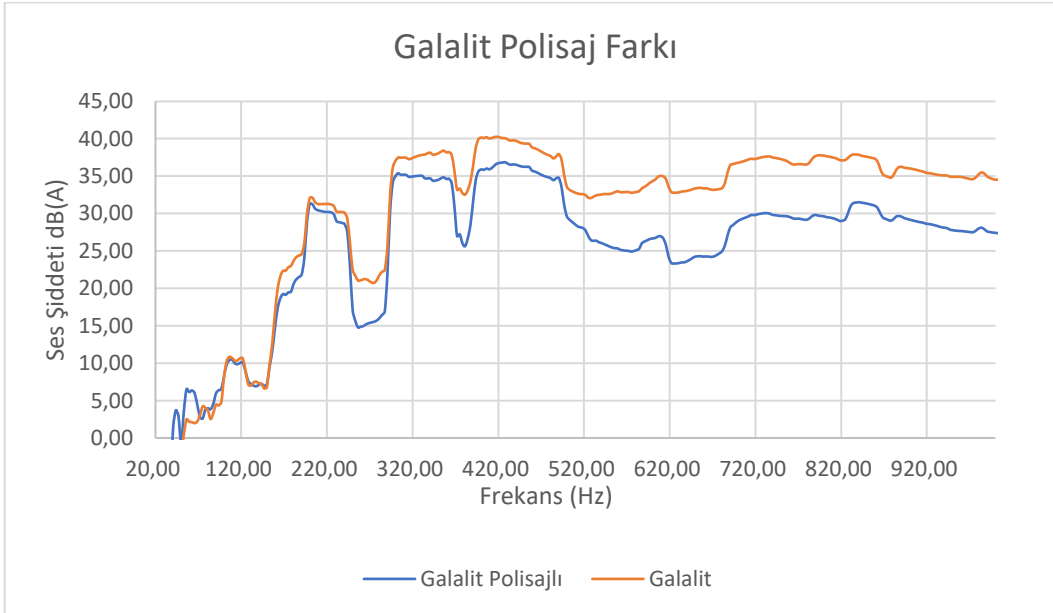
Şekil 5.15. Delrin mızrap polisaj farkının 1/3 Oktav Bandı Analizi

Şekil 5.15’da görüldüğü gibi polisaj uygulanan delrin temel frekansta hemen hemen örtüşmüş, ancak ikinci harmonikten itibaren yaklaşık 1 dB(A) kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Üçüncü harmonikten sonra 2 dB(A) olan fark 4 dB(A)’e kadar yükselmiştir. Dokuzuncu harmonik bölgesinde ise tekrar fark kapanarak 2 dB(A) ya kadar düşmüştür.



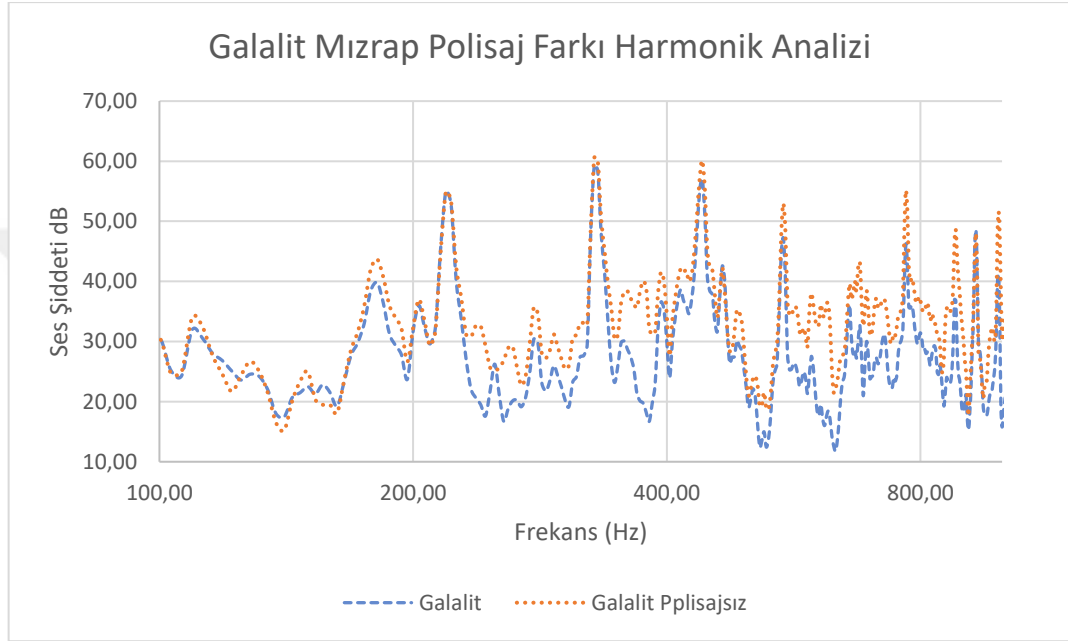
Şekil 5.16. Delrin mızrap polisaj farkının harmonik analizi

Şekil 5.16’de görüldüğü üzere temel frekansta, altıncı ve yedinci harmonikte polisajlı mızrap 2 dB kadar daha düşük bir seyir gösterirken, ikinci, beşinci ve dokuzuncu harmonikte yaklaşık olarak 2 dB kadar daha yüksek seyrettiği gözlemlenmiştir. Üçüncü, dördüncü ve sekizinci harmoniklerde de hemen hemen aynı seyrettiği gözlemlenmiştir.



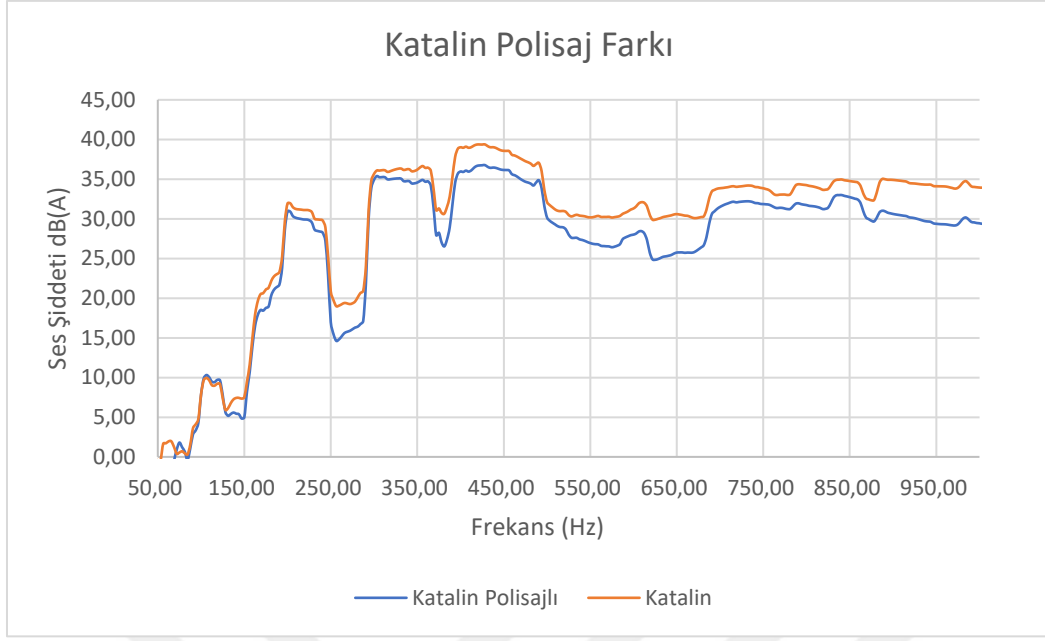
Şekil 5.17. Galalit mızrap polisaj farkının 1/3 oktav bandı analizi

Galalit mızrabın polisaj farkına gelindiğinde ise Şekil 5.17’de görüldüğü üzere temel frekansta ve ikinci harmonikte birbirlerine çok yakın seyrettiği gözlemlenmiştir. Üçüncü harmonik bölgesinden yaklaşık 3 dB(A) kadar bir farkla başlayarak giderek artan bir grafik eğrisine sahipken dokuzuncu harmonik bölgesi dahil olmak üzere 8 dB(A) kadar bir farklılıkla polisajlı galalit mızrabın daha düşük bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir.



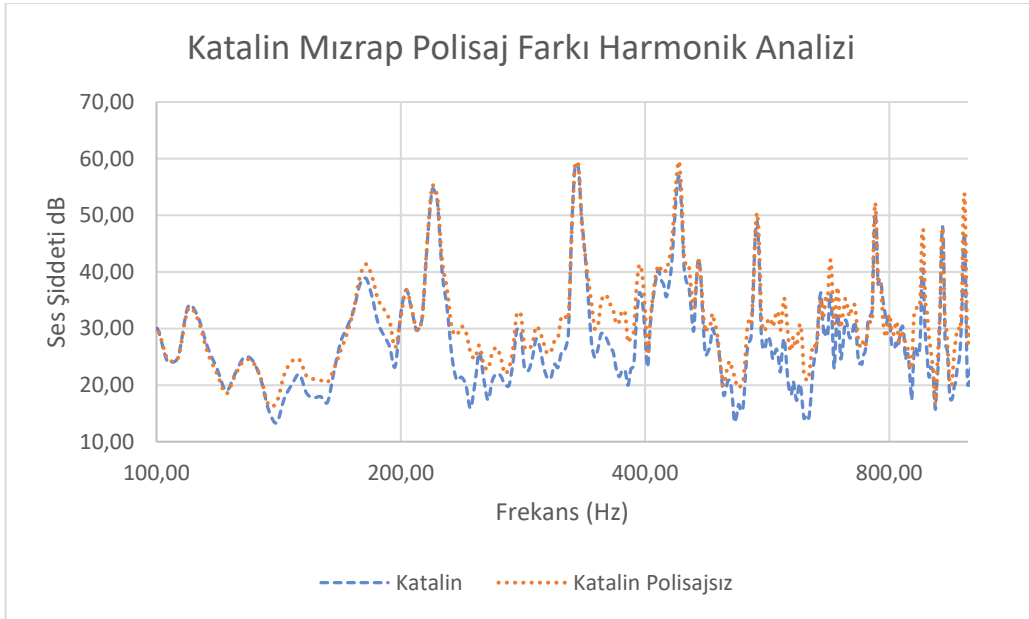
Şekil 5.18. Galalit mızrap polisaj farkının harmonik analizi

Şekil 5.18’ görüldüğü üzere polisajlanan galalit mızrap, temel frekansta 2 dB kadar daha düşük, ikinci ve üçüncü harmonikte hemen hemen aynı seyrettiği, dördüncü ve altıncı harmonikte yaklaşık 4 dB , beşinci harmonikte 5 dB, yedinci harmonikte 7 dB, sekizinci harmonikte 13 dB, dokuzuncu harmonikte de yaklaşık 10 dB kadar daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.



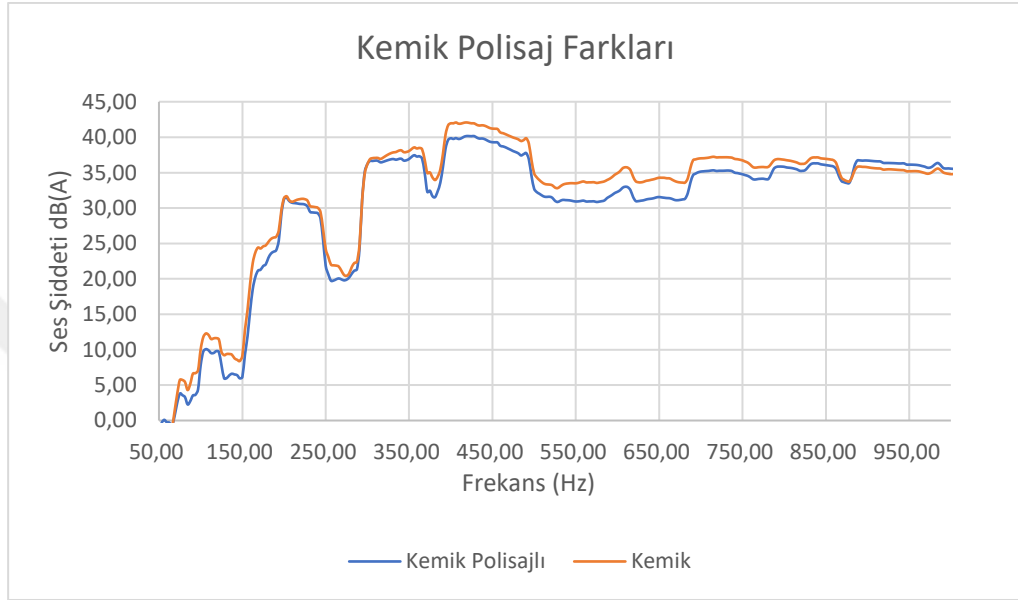
Şekil 5.19. Katalin mızrap polisaj farkının 1/3 oktav bandı analizi

Katalin mızrapa uygulanan polisaj Şekil 5.19'de görüldüğü gibi temel frekansta hemen hemen aynı seyir gösterirken 2 harmonik bölgesinde 2 dB(A)'lık bir fark oluşmuş, üçüncü harmonik bölgesine gelindiğinde birbirine yaklaşan bir seyir göstermiştir. Dördüncü harmonik ve sonrasında ise yaklaşık 4 dB(A)'lık bir düşüşle bu farkın 8 dB(A)'e kadar çıktığı gözlemlenmiştir



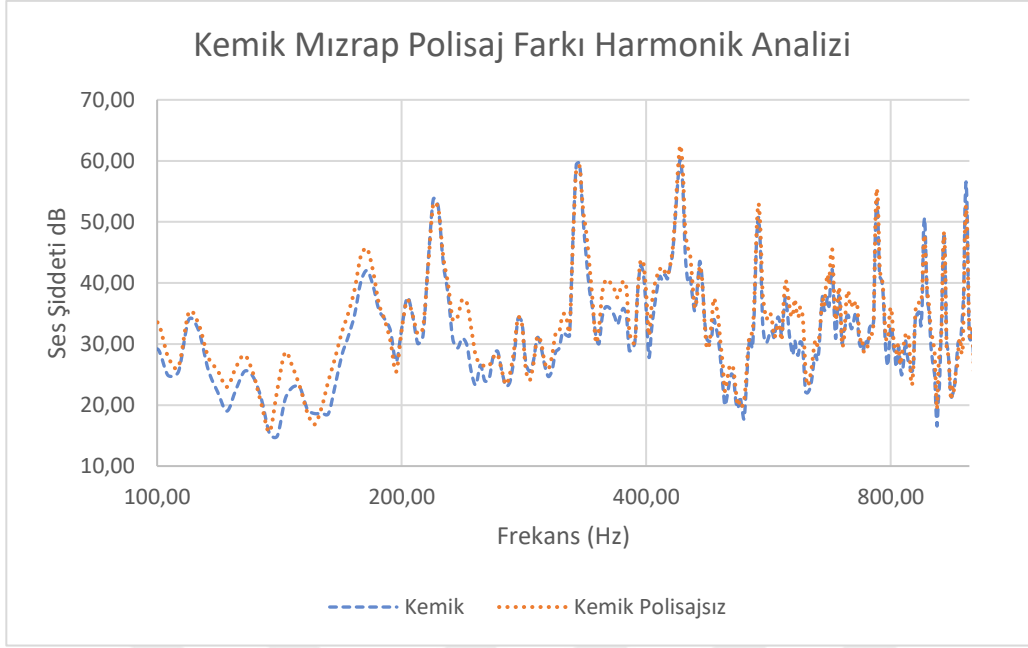
Şekil 5.20. Katalin mızrap polisaj farkının harmonik analizi

Katalin mızrap polisaj uygulamasında Şekil 5.20’de görüldüğü gibi temel frekans, ikinci, üçüncü beşinci ve yedinci harmoniklerde hemen hemen örtüştüğü gözlemlenirken dördüncü harmonikte 4 dB, sekizinci harmonikte 8 dB, dokuzuncu harmonikte ise 9 dB kadar düşük bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir. Altıncı harmonikte ise 2 dB kadar daha yüksek bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir.



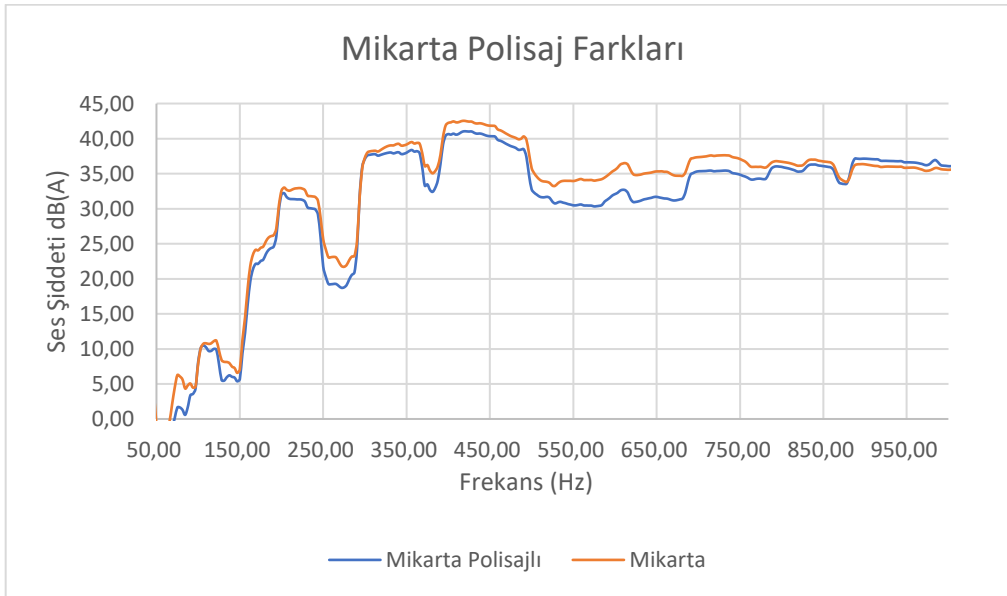
Şekil 5.21. Kemik mızrap polisaj farkının 1/3 oktav bandı analizi

Şekil 5.21’de görüldüğü gibi Kemik Mızrapa polisaj uygulandığında 1/3 oktav bandı analizinde temel frekans bölgesinde 3 dB(A) kadar bir düşüş gözlemlenirken, ikinci harmonik bölgesinde grafikler birbirlerine yaklaşmış, üçüncü harmonik bölgesinden başlayan 1 dB(A)’lık fark sekizinci harmonik bölgesine kadar 3 dB(A) lık düşüşte olan bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir. Dokuzuncu harmonik bölgesine gelindiğinde ise bu fark birbirine yaklaşarak 1 dB(A)’ın altında kadar kapandığı gözlemlenmiştir.



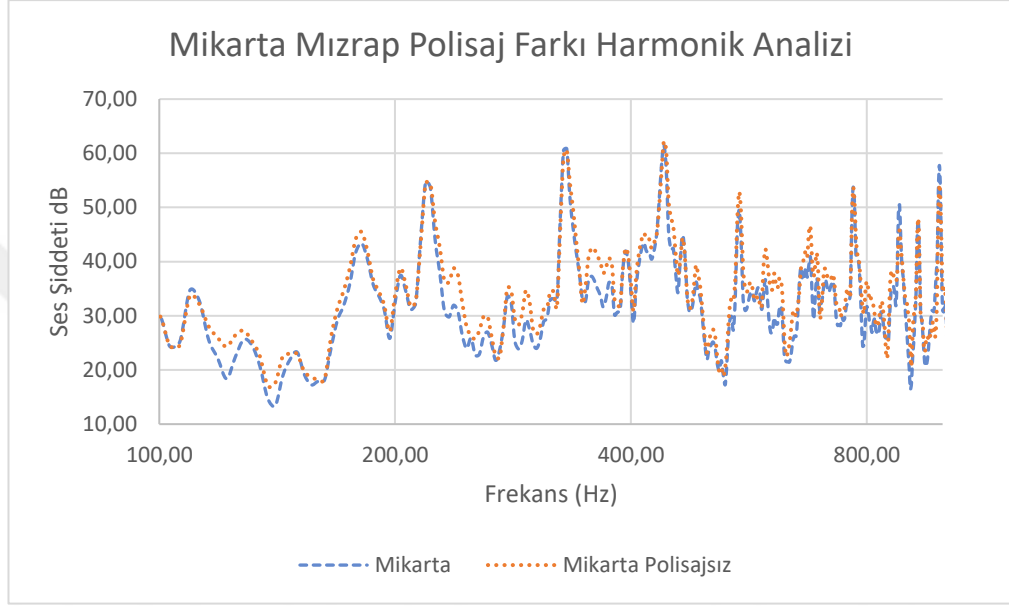
Şekil 5.22. Kemik mızrap polisaj farkının harmonik analizi

Şekil 5.22’ de görüldüğü gibi temel frekansta, beşinci ve yedinci harmonikte yaklaşık olarak 2 dB, dördüncü harmonikte 4 dB kadar daha düşük bir seyir gösterdiği, ikinci, üçüncü ve altıncı harmoniklerde üst üste örtüştüğü, sekizinci harmonikte 3 dB, dokuzuncu harmoniklerde ise 4 dB kadar daha yüksek bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 5.23. Mikarta mızrap polisaj farkının 1/3 oktav bandı analizi

Mikarta mızraba uygulanan polisaj sonrasında Şekil 5.23’de görülen 1/3 oktav bandı analizine bakıldığında temel frekans, ikinci ve üçüncü harmonik bölgelerinde 1 dB(A) kadar azalan bir fark gözlemlenirken dördüncü harmonik bölgelerinden yedinci harmonik bölgelerine kadar 2 ile 4 dB(A) bir artış gözlemlenmiştir. Yedinci harmonik bölgesinde itibaren bu fark kapanarak dokuzuncu harmonik bölgesine gelindiğinde 1 dB(A)’nın altında olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.24. Mikarta mızrap polisaj farkının harmonik analizi

Şekil 5.24’ de görüldüğü gibi polisaj uygulanan mikarta mızrabın harmonik analizlerinde bakıldığında temel frekansta 1 dB kadar düşüş gözlemlenirken ikinci, üçüncü, dördüncü ve yedinci harmonikte hemen hemen aynı seyri göstermiştir. Beşinci ve altıncı harmonikte yaklaşık 3 dB lik bir düşüş gözlemlenirken, sekiz ve dokuzuncu harmoniklerde 4 dB kadar bir artış gözlemlenmiştir.

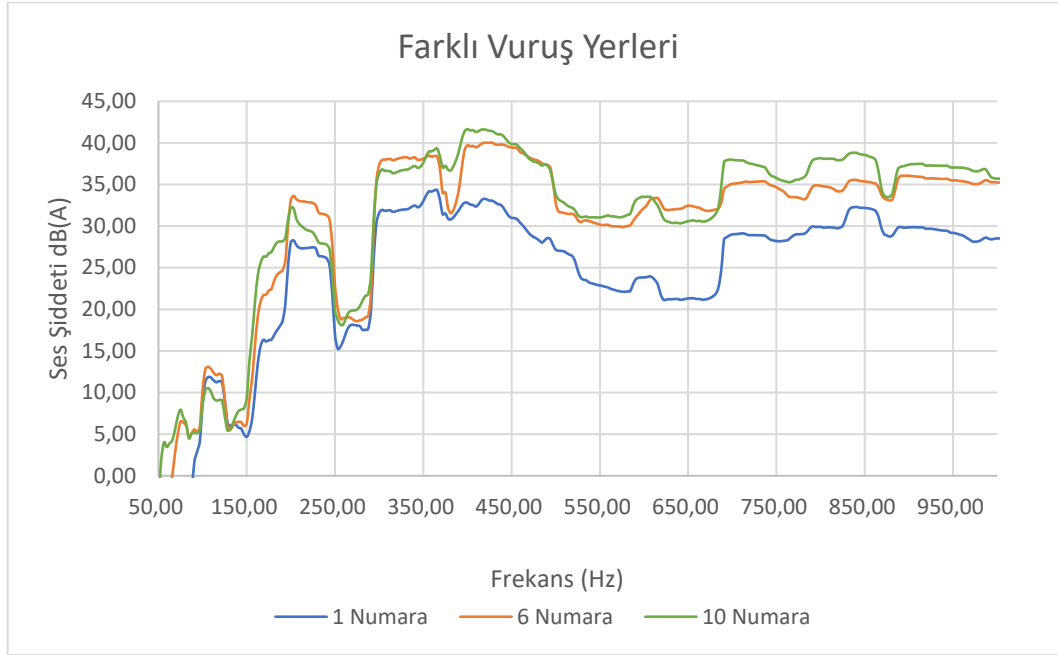
5.2 İkinci Alt Probleme Ait Bulgular

Bu kısımda “Tanbur çalgısında vuruş açısı ve yerinin ses üzerindeki etkileri nelerdir ?” alt problemine ilişkin icracının çalımı esnasında değişebilecek tınısal faktörler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

5.2.1 Mızrap Vuruş Yerinin Akustiğe Etkisi Üzerine Bulgular

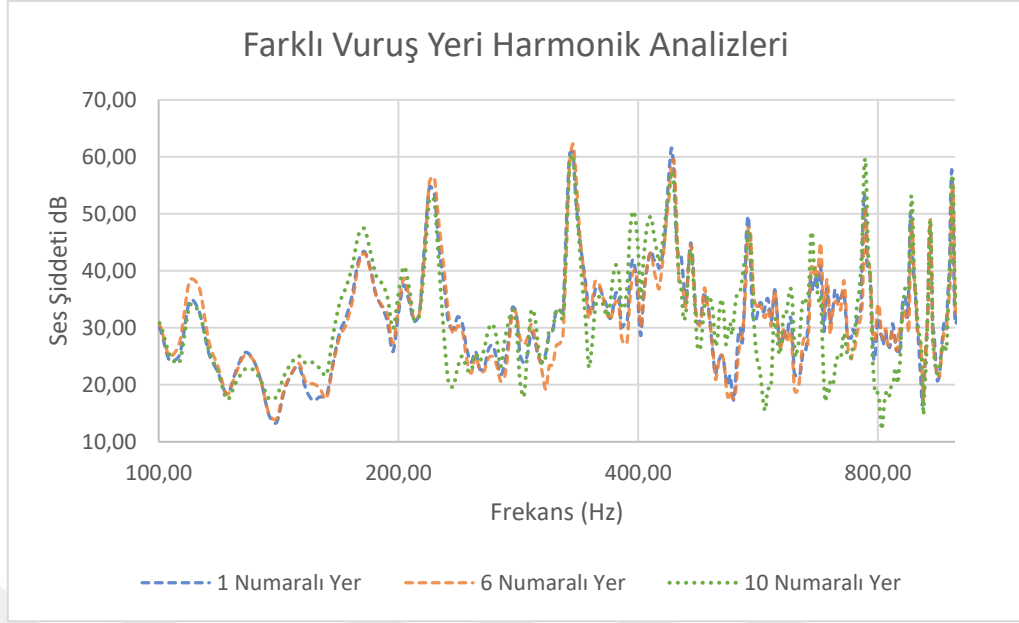
Farklı vuruş yerleri için 10 farklı bölgeden analiz alınmış ve Ek 1 ‘de verilmiştir. Bu çalışmada tanburilerin sıklıkla kullandığı gövdenin orta noktası (6

Numara) referans alınarak eşiğe en yakın ve en uzak bölgelerin verileriyle kıyaslama yapılmıştır.



Şekil 5.25. Farklı vuruş yerlerinin 1/3 oktav bandı analizi

Farklı vuruş yerleri Şekil 5.25’de görüldüğü gibi temel frekansta 6 numaralı yer 1 numaralı yere nazaran 2 dB(A) 10 numaralı yere göre de 5 dB(A) yüksek seyir gösterirken ikinci ve üçüncü harmonik bölgesinde bu fark 1 numaralı yerle 7 dB(A)’e 10 numaralı yerle de 4 dB(A) kadar daha yüksek bir seyir göstermiştir. Dördüncü harmonik bölgeye gelindiğinde ise 10 numaralı yer 6 numaraya göre 3 dB(A) kadar artan bir seyirle altıncı harmonik bölgeye kadar aşağı yukarı aynı seyri göstermiş yedinci harmonik bölgeden itibaren dokuzuncu harmoniğe değin 3 dB(A) kadar daha yüksek bir seyir göstermiştir. 1 numaralı yer ise dördüncü harmonikten dokuzuncu harmoniğe değin yaklaşık 10 dB(A) kadar daha düşük bir seyir göstermiştir.

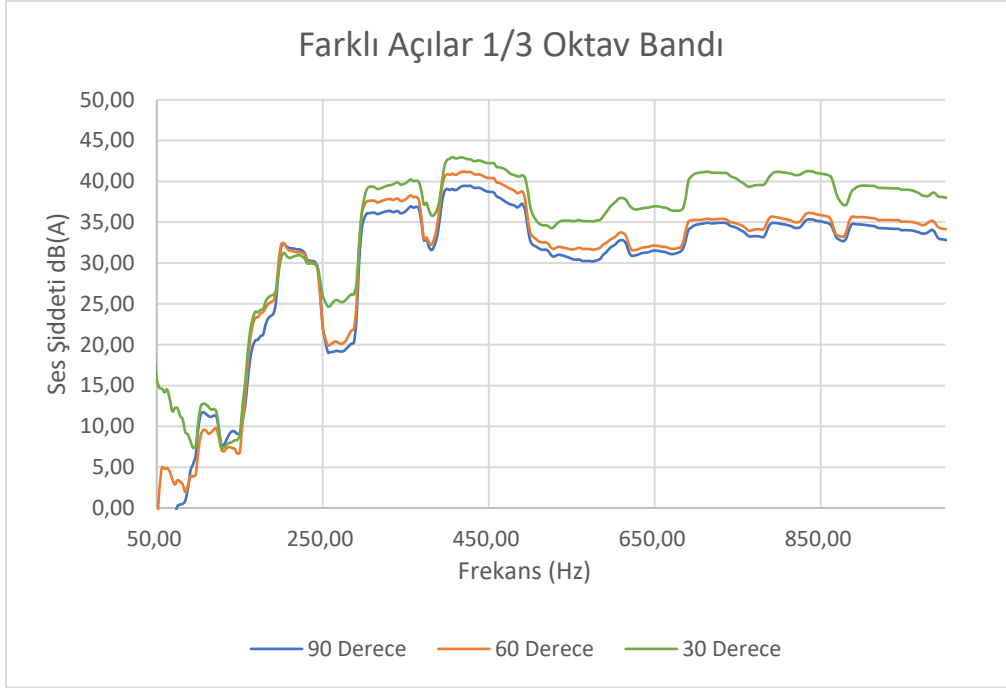


Şekil 5.26. Farklı vuruş yerleri harmonik analizleri

Şekil 5.26’ da görüldüğü gibi temel frekansta 6 numaralı yer diğerlerine nazaran 6 dB kadar daha yüksek bir seyir gösterirken 1 ve 10 numaralı yerlerin birbirleriyle örtüştüğü gözlemlenmiştir. İkinci harmoniğe bakıldığında ise 6 numaralı vuruş yerinin 10 numaralı vuruş yerine göre yaklaşık 1 dB, 10 numaralı vuruş yerine göre ise 3 dB kadar daha yüksek bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir. Üçüncü harmonik bölgesinde 6 numaralı vuruş yerinin 2 dB kadar daha yüksek seyrettiği ve 1 ve 10 numaralı vuruş yerlerinin ise üst üste örtüştüğü gözlemlenmiştir. Dördüncü, beşinci ve dokuzuncu harmonik bölgelerde 1 numaralı vuruş yerinin 2 dB kadar daha yüksek olduğu ve diğer vuruş bölgelerinin ise üst üste örtüştüğü gözlemlenmiştir. Altıncı harmonik bölgesinde 10 numaralı vuruş yerinin yaklaşık olarak 6 dB kadar daha yüksek seyrettiği gözlemlenmiştir. Yedinci harmonik bölgesinde ise 6 numaralı vuruş yeri 10 numaralı yere göre 6 dB kadar daha düşük kalırken, 1 numaralı yere göre 3 dB kadar daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Sekizinci harmonik bölgesinde de 6 numaralı vuruş yeri 10 numaralı yere göre 3 dB kadar daha düşük kalırken, 1 numaralı yere göre 2 dB kadar daha düşük kaldığı gözlemlenmiştir.

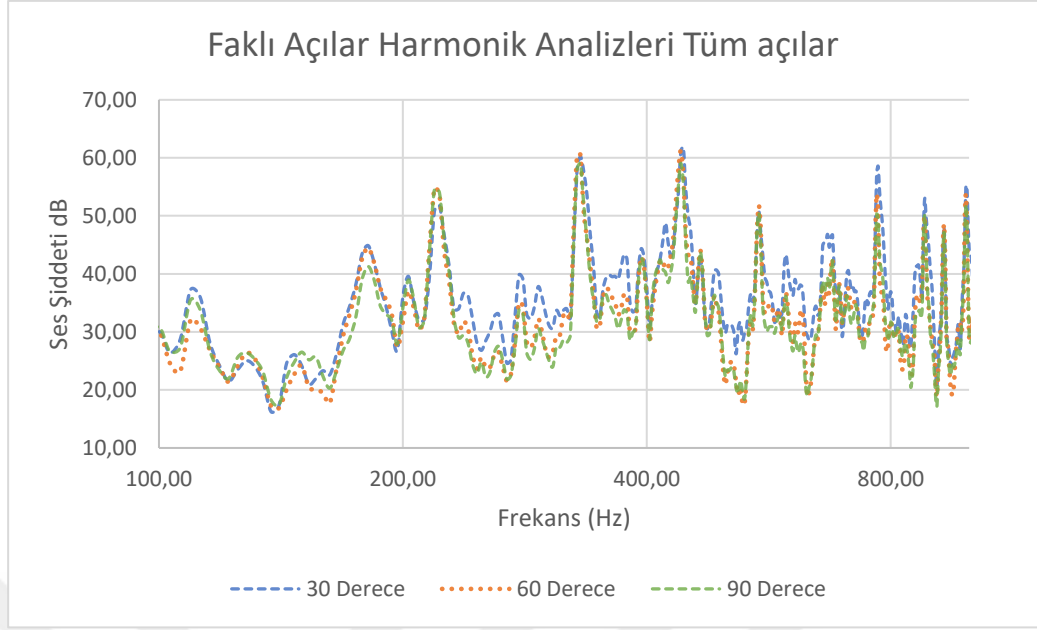
5.2.2 Mızrap Vuruş Mızrap Vuruş Açısının Sese Etkileri Üzerine Bulgular

Bulguların bu kısmında 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30 derecelik açılar sırasıyla alınmış ancak grafiklerin kolaylıkla okunabilmesi adına 90-60-30 derecelik açılar yorumlanmıştır. Analizlerin tamamına ait grafikler Ek 2’ de verilmiştir.



Şekil 5.27. Farklı açılarda vuruşun 1/3 oktav bandı analizi

Temel frekans bölgesinde 30 derecelik açının 90 derecelik açıya 1 dB(A) kadar daha yüksek seyrettiği gözlemlenirken, 90 derecelik açının ise 60 derecelik açıya yaklaşık 3 dB(A) kadar yüksek bir grafik eğrisine sahip olduğu gözlemlenmiştir. İkinci harmonik bölge civarında her bir harmoniğin üst üste örtüştüğü gözlemlenmiştir. Üçüncü ve dördüncü harmonik bölge civarında 30 derecelik açının 60 dereceye nazaran yaklaşık 2 dB(A) kadar daha yüksek seyrettiği, 90 dereceye nazaran 4 dB(A) kadar yüksek seyrettiği gözlemlenmiştir. Beşinci harmonik bölgeden dokuzuncu harmonik bölgeye kadar 30 derecelik açı yaklaşık 5 dB(A) kadar yüksek bir seyir gösterirken 60 derecelik açının 90 derecelik açıya göre 1 dB(A) kadar yüksek bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 5.28. Farklı açılar harmonik analizi

Temel frekansta 30 derecelik açı 90 derecelik açıya nazaran yaklaşık 1 dB kadar daha yüksek bir seyir gösterirken, 60 derecelik açıya nazaran yaklaşık 4 dB kadar yüksek bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir. İkinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci harmonik bölgesinde ise tüm açıların birebir örtüştüğü gözlemlenmiştir. Altıncı harmonik bölgesinde ise 60 ile 30 derecelik açıların üst üste bindiği, 30 derecelik açının ise 4 dB kadar daha yüksek bir seyir gösterdiği gözlemlenmiştir. Yedinci, sekizinci ve dokuzuncu harmonik bölgelerde ise 30 derecelik açının 3 dB kadar daha yüksek seyrettiği, 60 ve 90 derecelik açılarının ise birbirleriyle hemen hemen örtüştüğü gözlemlenmiştir.



6 TARTIŞMA

Bu bölümde, çalışmada toplanan verilerden elde edilen sonuçlar ve ilgili literatür birlikte ele alınmış ve karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Bir enstrümanın ses karakterinin ve tınısının belirlenmesinde yapısal özellikler oldukça önemlidir; bunun yanında, ses üretim sürecinde ön plana çıkan en kritik tamamlayıcı faktör, enstrümanın nasıl uyarıldığıdır. (Yaygıngöl, 2019: 70). Tanbur da, tüm telli mızraplı çalgılar gibi, mızrapla ses üretim sürecini başlatır. Mızrap, teller üzerinde sürtünme kuvveti oluşturarak doğrudan sesin oluşumunu sağlar. Dolayısıyla, mızrapın yapısal özellikleri ve kullanılan malzemeler, sesin niteliğini ve kalitesini belirleyen önemli unsurların başında gelmektedir.

Bu araştırmanın temel amacı, etik hassasiyetler ve erişim zorlukları sebebiyle bağa mızrap için bir alternatif bulmaktır. Bu bağlamda, yaygın kabul gören ve geleneksel bir tercih olan bağa, bu çalışmada referans mızrap olarak seçilmiştir. Farklı materyallerin (delrin, galalit, katalin, kemik, mikarta), mızrapların polisajının, çeşitli kalınlıklar, farklı açılar ve vuruş noktasındaki değişimlerin etkileri, 1/3 oktav bandı ve harmonik analizler aracılığıyla incelenmiştir. Bu faktörlerin birleşimini değerlendirerek, bağa mızrapa benzer bir tınıyı nasıl elde edebileceğimize dair malzeme, tasarım ve icra kriterlerinin nasıl olabileceği araştırılmıştır.

Çalışmadan elde edilen bulguların değerlendirilmesinde Hellmholtz tarafından da ele alınmış ses kriterleri temel alınmıştır. Helmholtz'un görüşüne göre, tını kalitesi, harmonikler arasındaki ilişki temelli olarak oluşmaktadır ve bu bağlantı neticesinde tınılar çeşitli sıfatlarla, örneğin hoş, nazal, derin, zengin veya fakir, tanımlanabilmektedir. İlk altı harmoniğin, bir tonun özgün niteliğini belirlemede kritik bir rol üstlendiğini ve ana tonun baskın olmasının, tonun zengin veya fakir olarak algılanmasında belirleyici olduğunu dile getirmiştir (Traube, 2004: 93).

Bu çalışmada tonal bir değerlendirme yapılmakla beraber asıl ele alınan konu bağa benzeri bir ses elde edilip edilemeyeceğidir. Bunun için Helmholtz tarafından da belirtildiği üzere ses yayılım ve harmonik analizlerin özellikle ilk altı harmoniği kapsayacak şekilde veriler incelenmiştir. Buna göre tanburun temel frekansı 110 Hz olduğu için çalışmada özellikle 20Hz -1kHz arasındaki veriler incelenmiş ayrıca tınısal

faktörlerin daha net ortaya konulabilmesi için 1 kHz üzeri frekans bölgesi de incelenmiştir.

Bu araştırma, elde edilen bulguların ışığında, bağa mızrabın ve diğer malzemelerin 1/3 oktav ve harmonik analizlerde birbirleri arasında farklı sonuçlar verdiğini göstermiştir. Ancak, 1/3 oktav bandı analiz grafiğinde bağa mızrap eğrisinin orta seviyede olduğu görülmüştür. Bu, malzemenin hem yüksek hem de düşük yanıtlar vermesi, modern teknoloji ile bağa benzer bir mızrap materyali bulunabileceği sonucuna yol açmıştır.

Kullanılan malzemelerle yapılan analizde, bağadan daha yüksek olanlar delrin, kemik, ve mikarta; daha düşük olanlar ise galalit ve katalin olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, delrin, mikarta ve kemikten üretilen mızrapların daha yüksek ses şiddeti ve daha parlak tonal özelliklere sahip olabileceğini, katalin ve galalitten üretilen mızrapların ise daha düşük ses şiddeti ile daha koyu bir ses karakteri olabileceğini göstermektedir. Ancak bu tınsal farklılıkların ortaya konması için daha detaylı psikoakustik çalışmaların yapılmasının gerekliliği açıktır. Bu çalışma amacı gereği bu farklılıkları betimlemek değil bağa tonunu temel alarak grafik ve buna bağlı tınsal benzerlik ve farklılık durumu ortaya koymaktır.

İncelenen grafiklerde, örneklem olarak seçilen malzemelerden yapılan mızrapların tamamen bağa benzer bir ses yaratmanın zor olduğu görülmüştür. Ancak sadece malzeme değil farklı fiziksel özellikler de incelenerek var olan bu farklılıkların giderilip giderilemeyeceği incelenmiştir. Bu kapsamda, polisaj uygulanması, kalınlık, değiştirilerek mevcut malzemelere yapılan müdahalelerin çeşitli değişimler yarattığı görülmüştür. Polisaj uygulamasının tüm mızrapların grafik eğrilerinin düşürmesine yol açtığı; ancak bu etkinin bağa, delrin, mikarta ve kemik mızraplarda katalin ve galalit'e kıyasla daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Kalınlık da ayrı bir değişken olarak incelenmiştir. Her kalınlık için doğrusal bir değişim gözlenmemiştir ancak her mızrap için optimal bir kalınlık olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda, eğer bağa benzeri bir ses almak isteniyorsa, farklı malzemelerden yapılan mızrapların bağa birebir aynı standartta üretilmesi değil, farklı kalınlık ve polisaj düzeylerinin ayarlanması ile bağa benzer bir tını elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Ayrıca, icracının manipölasyonlarının da değerdendirildiğı bu çalışmada, açının ve vuruş yerinin değıştirilmesi ile tını üzerindeki etkiler de incelenmiştir. 90 dereceden başlayarak yatay bir vuruşa doğru ilerleyen mızrap açısının diğerlerine nazaran yüksek bir grafik eğrisi oluşturduğu, aynı şekilde eşige daha yakın vuruşun beklendiğı üzere yüksek frekans eğrisi oluşturduğu, sapa yakın vuruşun ise düşük grafik eğrisi oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Araştırmamızın sonuçlarına göre, farklı materyallerin çeşitli sonuçlar doğurduğu gözlemlenmiştir. Ancak Güneşer (2021) yürüttüğü çalışmasında gerçekleştirilen kör işitme testinde, bağa mızrapın mikarta ve manda boynuzu mızraplardan önemli ölçüde ayrışmadığı istatistiksel olarak ortaya konulmuştur. Ancak bizim yaptığımız çalışmada mikartanın bağa ile en yakın grafik eğrisine sahip olmasına karşın birbiriyle örtüşmediğı görölmüştür. Bizimde çalışmada ele aldığımız bu durum, icracıların bağa benzeri bir tınıyı elde etmek amacıyla mızrap kullanımını, özellikle de bizim çalışmamızda da vurguladığımız gibi, duymak istedikleri tınıya göre manipüle etmeleriyle açıklanabilir.



7 SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tanbur icrasında kullanılan mızrabın farklı materyal ve tasarım özellikleri ile icra açısı ve vuruş yerinin çalgının tınısı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Deneysel ölçüm ve analizlerin tutarlı bir şekilde gerçekleştirilmesi için sabit vuruş yapan bir vuruş mekanizması tasarlanmıştır. Böylece icracı kaynaklanabilecek değişimin önüne geçilmiştir. Deneysel ölçümlerde Ses Yayınım analizinden faydalanılmıştır.

7.1 Birinci Alt Probleme Ait Sonuçlar ve Öneriler

7.1.1 Farklı Materyal Mızrap Kullanımının Sese Etkisi Üzerine Sonuçlar ve Öneriler

Bu araştırmanın öncelikli hedefi, nesli tükenmekte olan Karetta Karetta kaplumbağalarının kabuklarından elde edilen ve bağa mızrap yapımında kullanılan geleneksel materyale alternatif bulmaktır. Bu kapsamda, altı farklı malzemeden üretilen mızraplar incelenerek ses yayını grafikleri elde edilmiştir. Buna göre Bağ mızrabın diğer malzemelere göre aynı grafik eğrisine sahip olmadığı ancak diğerlerinin orta değerinde bir grafik eğrisine sahip olduğu belirlenmiştir; bu da bağa benzer bir ses tonu üretmesinde malzemelerin ne şekilde fiziksel özellikler taşıması gerektiği konusunda önemli bilgiler vermektedir. Bu bulgular, kaplumbağaların korunmasına yardımcı olabilecek, daha düşük maliyetli ve kolayca erişilebilir alternatif materyallerin geleneksel bağ mızrapların yerini alabileceği ve aynı zamanda geleneksel tınıyı sürdürebileceği sonucunu ortaya koymaktadır. Bunun yanında bu çalışma, hangi malzemelerin ve hangi yapısal değişikliklerin potansiyel olarak kullanılabileceği konusunda değerli bilgiler sunarak, yapımcılara yol göstermektedir.

7.1.2 Farklı Kalınlıktaki Mızrapların Tanbur Sesine Etkisi Üzerine Sonuçlar ve Öneriler

Araştırmamızda, bağ mızrap benzeri bir ses rengi elde etmekte diğer bir etken olduğu düşünülen, farklı kalınlıklara sahip mızrapların analizi de gerçekleştirilmiştir. Ancak bu mızraplar arasında belirgin bir benzerlik bulunamamış ve bu durum, belirli bir kalınlığın lineer bir ilişkiyi temsil etmediği sonucunu doğurmuştur. Bu analizler, ideal bir mızrap kalınlığının net bir şekilde verilemeyeceği, mızrap kalınlığının,

malzemeye bağı olarak farklı sonuçlar doğurabileceğini göstermiştir. Bu bulgular ışığında, bağa mızraba alternatif bir malzeme kullanılırken farklı kalınlıkların denenmesi gerektiği ve her bir malzeme için doğru kalınlığın üretim sürecinde deneme yanılma yöntemi ile tespit edilmesi önerilmektedir.

7.1.3 Malzemelere Uygulanan Polisajın Sese Etkisi Üzerine Sonuçlar ve Öneriler

Çalışmada malzemenin fiziksel özellikleri yanında üretim sürecinde, tınıyı etkileyen bir hususun polisaj olduğu görülmüştür. Polisaj kullanımının mızrabın pürüzlü yapısından kaynaklı olduğu düşünülen özellikle üst harmoniklerin grafik eğrisinin genliğinde azalmaya sebep olduğu gözlemlenmiştir. Buna ek olarak farklı mızrap materyallerinin polisaj cevabının da farklılık gösterdiği görülmüştür. Polisaj süresinin ayarlanmasıyla bağa mızraba alternatifi olarak kullanılabilecek malzemelerden düşük grafiğe sahip olanların polisaj süresi değiştirilerek bağa mızrabın tınısına yakın bir tını yakalanabileceği düşünülmektedir. Bağa benzeri ses tınısının farklı malzemelerden elde edilmesinde polisaj etkisinin de üretim sürecinde göz önüne alınması önerilmektedir.

7.2 İkinci Alt Probleme Ait Sonuçlar ve Öneriler

7.2.1 Mızrap Vuruş Yerinin Akustiğe Etkisi Üzerine Sonuçlar ve Öneriler

Mızrap vuruş yerinin de tınısal olarak önemli bir rol oynadığı eşige yaklaştıkça tınının daha yüksek grafik eğrilerine sahip olduğu analizlerle ortaya konulmuştur. Bu bağlamda da farklı materyal kullanımında vuruş yeri ayarlanarak (eşige yakın ya da sapa yakın) bağa yakın mızrap tınısı elde edilebileceği düşünülmektedir.

7.2.2 Mızrap Vuruş Mızrap Vuruş Açısının Sese Etkileri Üzerine Sonuçlar ve Öneriler

İcracının mızrap açısı ve vuruş yerinin değiştirilmesiyle tını üzerinde önemli bir etkisi olduğu analizlerle de somutlaştırılmıştır. Bu sonuçlar, kapsamında tutuş açısının 90 dereceden 60 dereceye kadar tınısal olarak yakınlık gözlenirken, 30 derecelik açıda ise daha yüksek grafik eğrilerinin oluşturduğu ortaya konulmuştur. Bu bağlamda da farklı materyal kullanımında vuruş açısını ayarlayarak bağa yakın mızrap tınısı elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışma, tanbur icrasında mızrap malzemesi ve icracının ses üretim sürecine etkisinin daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Bu bulgular, etik hassasiyetler açısından, temin zorluğu ve maliyetli bir malzeme olan bağa mızrapa alternatif malzemelerin bulunabileceği bağa tonunun elde edilmesindeki tasarım ve icra özelliklerinin nasıl olabileceği hakkında bilgiler vermiş ve bunun olabileceğini gözler önüne sermiştir. Bu tınların, sadece benzerlik perspektifinde değil, aynı zamanda daha parlak veya daha bas tınları oluşturabilme potansiyeli üzerinden de değerlendirilmesi önemlidir. Bunun için de psikoakustik analizlerle gelecekteki çalışmalarda ortaya konulması önem arz etmektedir.

Bu çalışmada izlenen yöntem ve bulgular açısından literatüre önemli bir katkı sağladığı düşünülmektedir. Özellikle telli çalgıların ses analizleri için önemli bir problem olan sabit ve icracıdan bağımsız bir şekilde tellerin mızrap ile uyarılmasını sağlayan bir aparat tasarlanarak bu sistemin standart hale getirilerek ölçümlerin daha tutarlı olması sağlanmıştır. Bu sadece tanbur değil tüm telli mızraplı çalgılarda yapılacak akustik analizlerin daha tutarlı olmasını sağlayacak alana önemli bir katkı sunması çalışmanın diğer çıktısı olarak araştırmacıların kullanımına sunulmuştur.

Bu çalışma, tanbur mızraplarının ideal özelliklerini belirleyen verilere dayanarak çalgı yapımcılarına, tınısal faktörler üzerinden değerlendirildiğinde tanbur icracılarına ve mikrofonlama teknikleri üzerinden değerlendirildiğinde müzik teknolojisi alanına faydalı bilgiler sağlayarak bu bilgilerin ileride bu alanda yapılacak akademik çalışmalar için de temel oluşturacağı düşünülmektedir.



KAYNAKÇA

- Akan, E. (1989). Tanbur Metodu: Türk Musikisi Nazari Bilgileriyle. İzmir: Ege Üniversitesi Ofset Basımevi.
- Aksüt, S. (1994). Tanbur Metodu. İstanbul: İnkılap Kitabevi.
- Allemang, R. J. (1999). Vibrations: Analytical and Experimental Modal Analysis. Ohio: University of Cincinnati.
- Aslanapa, O. (1965). Türk Sanatının Bütünlüğü Ve Devamlılığı. Konferanslar I, 58-87.
- Aydemir, M. (2015). Tanbur-I. *Anadolu Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü*.
- Aytekin, E. (2006). *Müzik Öğretmenliği Programlarında Bireysel Ses Eğitimi Sürecinin Akustik Ses Parametreleriyle İzlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Bakarezos, M., Gymnopoulos, S., Brezas, S., Orfanos, Y., Maravelakis, E., Papadopoulos, C. I., . . . Papadogiannis, N. A. (2006). *Vibration Analysis of the Top Plates of Traditional Greek String Musical Instruments*. Paper presented at the ICSV13, Vienna.
- Bedel, A. (2017). *Dilsiz Kavalın Akustik Açısından İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi,
- Berg, R. E., & Stork, D. G. (2005). *The Physics of Sound*. San Francisco: Pearson Education, Inc.
- Bozkır, B. (2002). *Bağlamada Malzeme - Tını İlişkisi Ve Dinamik Analizler*. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi,
- Brooke, M. (1992). *Modelling Guitar Radiation Fields Using the Boundary Element Method*. (PhD Thesis). University of Wales College of Cardiff
- Buen, A. (2005). Comparing the Sound of Golde Age and Modern Violins: Long Time Average Spectra. *Journal of the Violin Society of America*, 1(1), 51-74.
- Buyruklar, A. T. (2014). *Kanun, Ud Ve Tanburun 3/4 – 1/2 Boyutta Projelendirilmesi Ve Yapımı*. (Sanatta Yeterlik Tezi). Haliç Üniversitesi, İstanbul.
- Büyüköztürk, Ş., Çakmak, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2009). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri* (Vol. 3). Ankara: Pegem Akademi.
- Cevanşir, B., & Gürel, G. z. (1982). *Foniatiri*. İstanbul: Sanal Yayıncılık.
- Coşkun, C. (2005). *Tanbur Yapımı*. (Yüksek Lisans Tezi Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, İzmir.
- Curtin, J. (2009). Measuring Violin Sound Radiation Using an Impact Hammer. *Journal of the Acoustical Society of America*, 22(1), 186-209.
- Değirmenli, E. (2014). *Akustik Ölçüm Teknikleri Kullanılarak Üretilen Ud Ses Tablasının Titreşim Özelliklerinin Kontrolü Üzerine Yeni Bir Yöntem Önerisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, (401 42)
- Değirmenli, E. (2015). *Telli Çalgılarda Ses Tablası Titreşimlerinin Tını Üzerindeki Etkileri - Ud Örneği*. Paper presented at the VI. Uluslararası Hisarlı Ahmet Sempozyumu, Kütahya.
- Değirmenli, E. (2017). Telli Çalgı Yapımında Kullanılan Titreşim Ölçüm Tekniklerinin Deneyisel Analizi. *Rast Müzikoloji Dergisi*, 5(3), 1687-1707. doi:10.12975/rastmd.2017.05.03.000113
- Değirmenli, E. (2018). *Türk Müziği Çalgılarından 'Ud'da Ses Oluşumunun İncelenmesi Ve Telli Çalgıların Ses Karakteri Açısından Tasarımlarının Belirlenmesine Dair Yöntem Önerisi*. (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi, (40104)

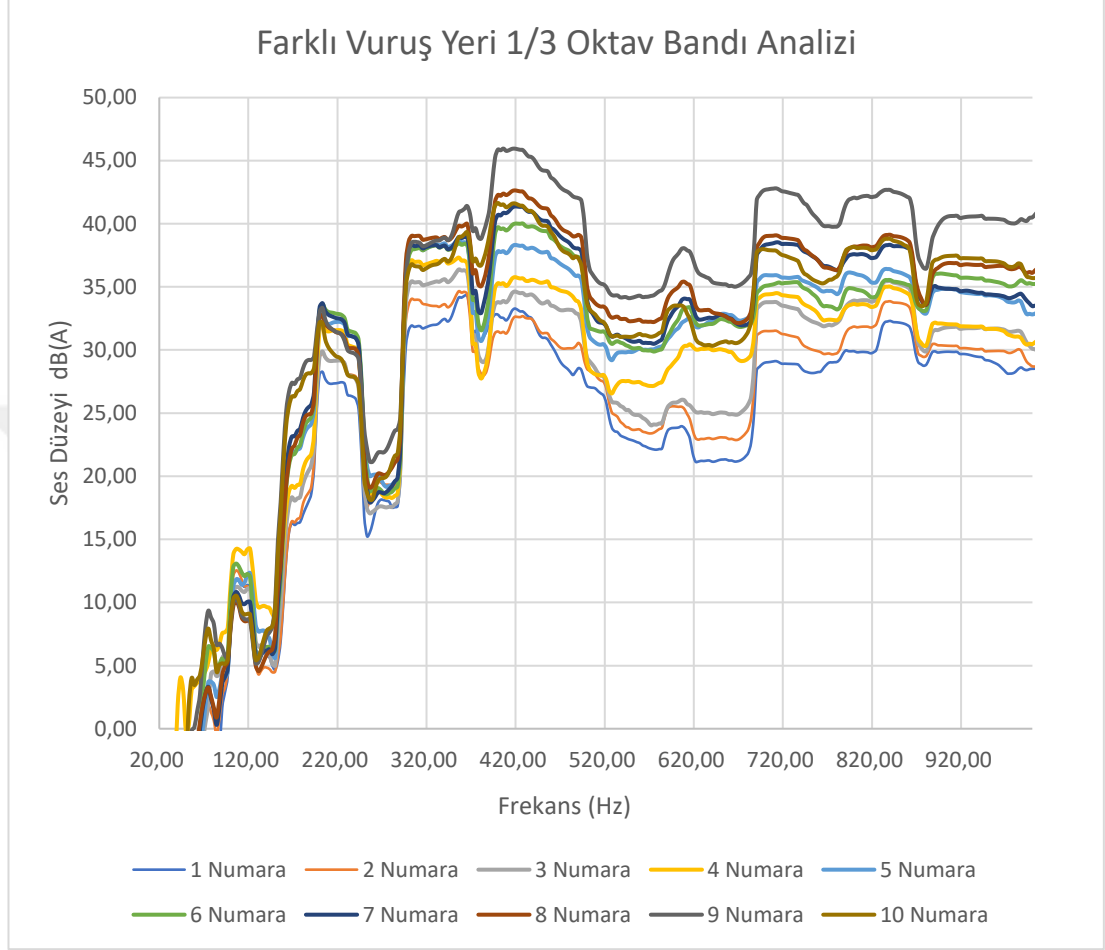
- Demirdil, M. (2020). Ud Mizrabi ve Türleri Üzerine Bir İnceleme. *Yegâh Mûsîkî Dergisi Cilt III Sayı 2*, 175-186.
- Eden, A. (2011). *Geleneksel Türk Müziği Çalgılarından Tanbur'un Sanal Çalgı Kitaplığının Oluşturulması*. (Doktora Tezi). İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Eden, A., & Arapgirlioğlu, H. (2015). Konvolüsyon Tekniği İl Çalgı Rezonansı Modellemesi: Tanbur Örneği. *Müzik Teknoloji, Bahar /11*, 28-35.
- Elie, B., & Gautier, F. (2014). Acoustic Signature of Violins Based on Bridge Transfer Mobility Measurements. *J Acoust Soc Am*, 136(3), 1385. doi:10.1121/1.4892762
- Erdiş, E. (2006). *Bağlamanın Akustik Açısından İncelenmesi Ve Geliştirilmesine İlişkin Yeni Yaklaşımlar*. (Yüksek Lisans Tezi). Cumhuriyet Üniversitesi,
- Erkut, C., Tolonen, T., Karjalainen, M., & Valimäki, V. (1999). *Acoustical Analysis of Tanbur, a Turkish Long -Necked Lute*. Paper presented at the International Congress on Sound and Vibration, Denmark.
- Fletcher, N. H., & Rossing, T. D. (1991). *The Physics of Musical Instruments*. New York: Springer Verlag.
- Gökbudak, R. (2011). *Klasik Türk Müziği Çalgılarından Kanun Ve Tanburun Tonal Karakteristiklerinin Belirlenmesi*. (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Gunther, L. (2012). *The Physics of Music and Color*. London: Springer New York Dordrecht Heidelberg.
- Gülses, N. (1991). *Mızraplı Tanbur Öğrenme Klavuzu*. İstanbul: İtû Türk Müziği Devlet Konservatuarı.
- Güneşer, O. (2019). *Kemençe Tınısının Spektrum Analizi Yöntemiyle İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Güneşer, O. (2021). *Tanbur Mızrabında Bağa Kullanımının Tını Açısından Gerekliği Üzerine Bir Sorgulama* Paper presented at the Uluslararası "Üstâd-ı Cihân Tanburi Cemil Bey Sepozyumu.
- Güzey, A. Ş. (2009). *Bir Keman Arşesinin Akustik Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Güzel Sanatlar Enstitüsü,
- Hacıev, P. (2005). *Temel Müzik Teorisi* (A. Destan, Trans.). İstanbul: Pan Yayıncılık.
- Helmholtz, H. L. F. (1895). *Sensation of Tones*. London.
- Huber, D. M., & Runstein, R. E. (2010). *Modern Recording Techniques* (7 ed.). USA: Elsevier Inc.
- Jansson, E. V. (1983). *Function, Construction and Quality of the Guitar*. Paper presented at the Royal Swedish Academy of Music, Stockholm.
- Johnston, I. D. (2002). *Measured Tones : The Interplay of Physics and Music* (Second ed.). USA: Institute of Physics Publishing Bristol and Philadelphia IOP Publishing Ltd.
- Kakı, S. (2012). *Türk Makam Müziği Çalgılarından Tanbur'un Müzik Prodüksiyonu İçin Kayıt Yöntem Ve Teknikleri*. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi,
- Kammler, D. W. (2000). *A First Course in Fourier Analysis*. USA: Cambridge Prentice-Hall.
- Karakaya, F. (1988). Tanbur. *İslam Ansiklopedisi* (pp. 533). Ankara: Türkiye Diyanet Vakfı
- Karasar, N. (2023). *Bilimsel Araştırma Yöntemi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kartal, E. (2012). *Türk Müziği Enstrümanlarının Frekans Aralıkları*. İstanbul: Özgür Yayınları.

- Kurra, S. (2009). *Çevre Gürültüsü Ve Yönetimi 1*. İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi Yayınları.
- Lapp, D. R. (2012). *The Physics of Music and Musical Instruments*. Medford Massachusetts: Fellow Wright Center for Innovative Science Education Tufts University.
- Leccese, F. (2018). The Bowed String Instruments: Acoustic Characterization of Unique Pieces from the Italian Lutherie. *Florence Heri-Tech – The Future of Heritage Science and Technologies*. doi:10.1088/1757-899X/364/1/012022
- Maxim, M. (2002). Dimitrie Cantemir. In *Türk İslam Ansiklopedisi*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- Onat, E. (1999). *Dr. Suphi Ezgi'nin Tanbur Metodu*. (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, İzmir.
- Ögel, B. (1991). *Türk Kültür Tarihine Giriş* (Vol. 9). Ankara: Kültür Bakanlığı Yayınları.
- Öksüz, M. A. (1998). *Türk Musikisinde Tanbur Sazının Gelişimi* (Doktora). Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Önen, U. (2008). *Ses Kayıt Ve Müzik Teknolojileri* (Vol. 2). İstanbul: Çitlembik Yayınları.
- Öner, A. K. (2018). Ud Eğitiminde Mızrap Hazırlamalı Sağ El Çalım Tekniği'nin Etkisi Üzerine Bir Pilot Çalışma. *Turan-Sam Uluslararası Bilimsel Hakemli Dergisi*, 10/Sonbahar.
- Özel, A., & Güneşer, O. (2016). Tanburi Cemil Bey'den Günümüze İstanbul Kemeçesi Kayıtlarındaki Tımsal Karakteristiğin Spektrum Analizi Yöntemi İle Ölçümü Ve Mukayesesi. *Tanburi Cemil Bey Sempozyumu* 189, 219-236.
- Özel, Ö. (1997). *Tanbur Tekniği Üzerine Bir Deneme*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi,
- Parker, B. (2016). *Güçlü Titreşimler Müziğin Fiziği* (C. Güray & M. Sözer, Trans.): Tübitak Yayınları.
- Pasinlioğlu, T. (2016). *Ses Uygulamalarında Efekt Ve Sinyal İşlemcile* İstanbul: Cinius Yayınları.
- Richardson, B. (2010). *Mode Studies of Plucked Stringed Instruments: Application of Holographic Interferometry*. Paper presented at the Proceedings of the Second Vienna Talk, Vienna, Austria.
- Roberts, W. H. (2015). *Physics and Psychophysics of Plucked-Stringed Instruments*. (Unpublished Doctoral thesis). Cardiff University, Cardiff, United Kingdom.
- Roederer, J. G. (2008). *The Physics and Psychophysics of Music an Introduction* (Fourth ed.). New York: Springer Science Business Media LLC.
- Roger, P. (2003). *Fiziğin Gizemi Kralın Yeni Usu* (T. Dereli, Trans.). Ankara: Tübitak Yayınları.
- Rossing, T. D. (1988). Sound Radiation from Guitar *Amerikan Lutherie*, 16.
- Rossing, T. D. (2007). *Springer Handbook of Acoustics* (T. D. Rossing Ed.). New York: Springer Science+Business Media.
- Saitis, C., Fritz, C., Giordano, B. L., & Scavone, G. P. (2012). *Bridge Admittance Measurements of 10 Preference-Rated Violins*. Paper presented at the the Acoustics 2012 Nantes Conference, Nantes, France.
- Sarı, A. (2012). *Türk Müziği Çalgıları - Ud, Tanbur, Kanun, Kemeçe, Ney, Kudüm*. İstanbul: Nota Yayıncılık.

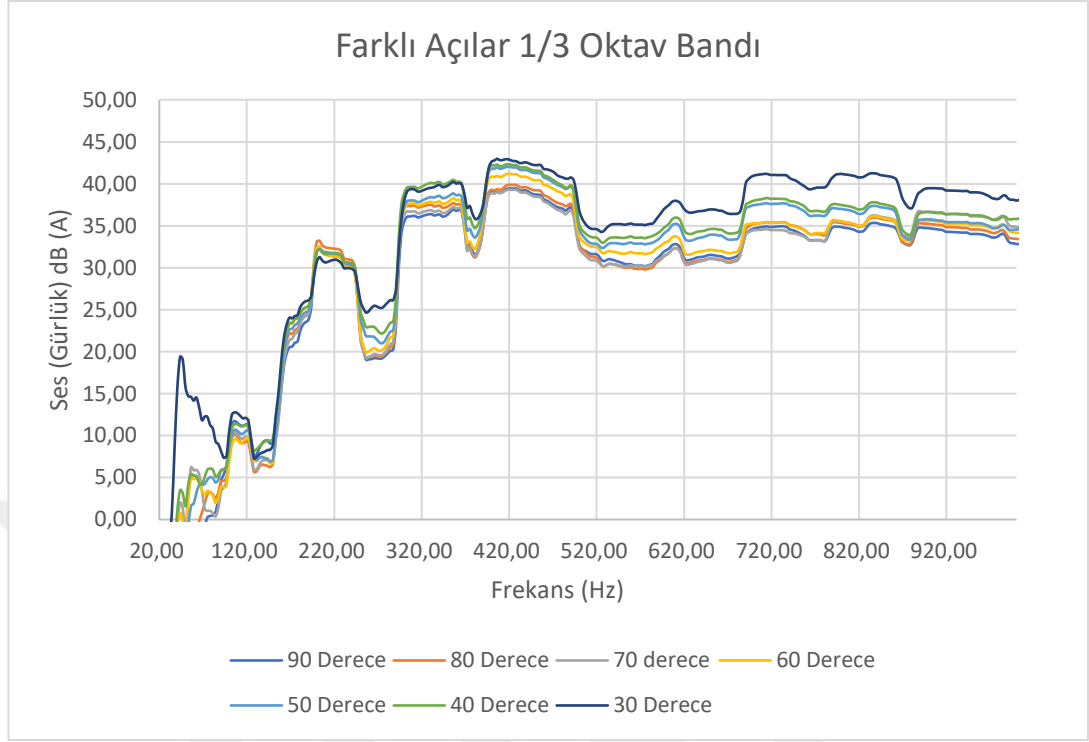
- Schleske, M. (2002a). Empirical Tools in Contemporary Violin Making: Part I. Analysis of Design, Materials, Varnish, and Normal Modes. *CASJ*, 4(5 (series II)), 50-64.
- Schleske, M. (2002b). Empirical Tools in Contemporary Violin Making: Part II. Psychoacoustic Analysis and Use of Acoustical Tools. *CASJ*, 4(6(2)), 43-61.
- Sethares, W. A. (2005). *Tuning, Timbre, Spectrum, Scale* (Vol. 2). USA: Springer.
- Taçoğlu, A. (1998). *Tanburda Kullanılan Ses Tablalarında Rezinans Özelliklerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara. (66065)
- Tarikçi, A. (2015). *Müzik Teknolojisine Giriş*. Ankara: Müzik Eğitimi
- Traube, C. (2004). *An Interdisciplinary Study of the Timbre of the Classical Guitar*. (Unpublished Doctoral thesis). McGill University, Montreal, Canada.
- Wright, H. (1996). *The Acoustics and Psychoacoustics of the Guitar*. (Doctor of Philosophy). University of Wales College of Cardi
- Yaygınöl, E. (2019). *Kemanda Yay İl Ses Üretimi Ve Ses Üretiminin Teknik Analizi*. (Sanatta Yeterlilik Tezi). Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Yılmaz, S. (2002). *Kanunda Kullanılan Ses Tablasının Akustik Özelliklerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi,
- Yücel, F. G. (2013). *Ses Bilgisi Ve Akustik Konusunda Geliştirilen Etkinliklerin Müzik Ve Fizik Öğretmen Adaylarının Tutum Ve Başarı Düzeylerine Olan Etkisinin Araştırılması*. (Doktora Tezi). Hacettepe Üniversitesi,
- Zeren, A. (2007). *Müzik Fiziği*. İstanbul: Pan Yayıncılık.

EKLER

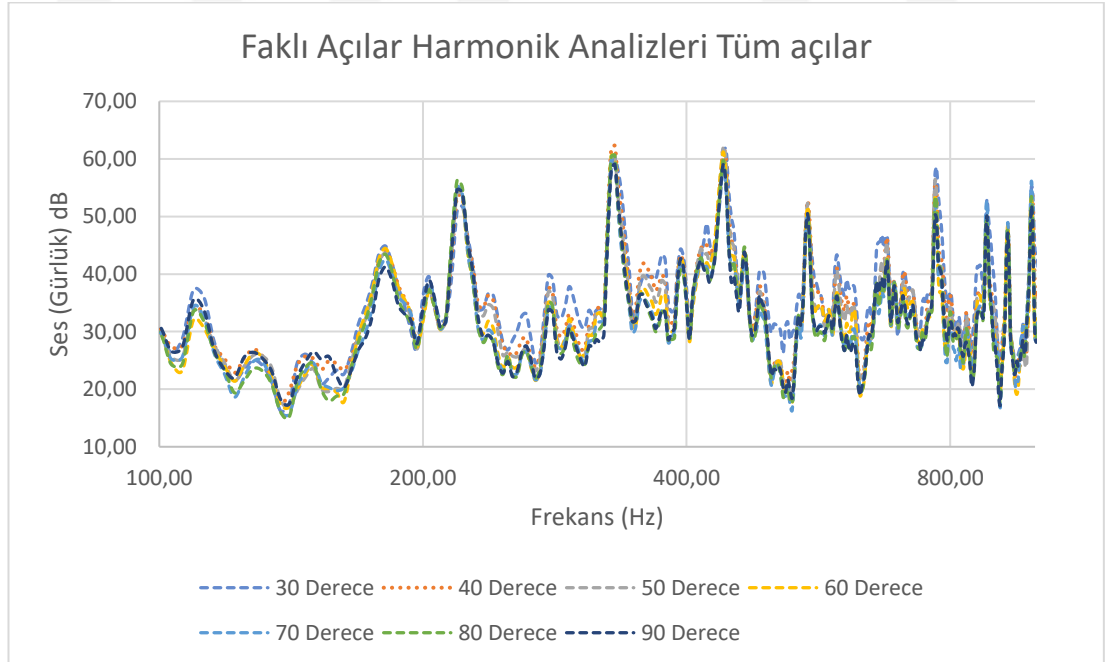
EK-1 Tüm Farklı Vuruş Yerleri 1/3 oktav Bandı Analizi



EK-2 Tüm Açıların 1/3 Oktav Bandı Analizi



EK-3 Tüm Farklı Açıların Harmonik Analizi



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARATAŞ, Furkan
Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi Türk Müziği Devlet Konservatuvarı.	2020
Lise	Bando Okular K'lığı Astsubay Hazırlama Okulu	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012- 2016	7. Kolordu Bölge Bando Komutanlığı	Mi b Klarnet İcracısı
2016- (devam ediyor)	MSB Armoni Müzikası Komutanlığı	Mi b Klarnet İcracısı

Yabancı Dil

İngilizce



