

**KEMANDA YAY İLE SES ÜRETİMİ VE  
SES ÜRETİMİNİN TEKNİK ANALİZİ**  
**Sanatta Yeterlik Tezi**

**Elif YAYGINGÖL**

**Eskişehir 2019**

**KEMANDA YAY İLE SES ÜRETİMİ VE SES ÜRETİMİNİN TEKNİK  
ANALİZİ**

**Elif YAYGINGÖL**

**SANATTA YETERLİK TEZİ**

**Müzik Anasanat Dalı  
Danışman: Prof. Gülen EGE SERTER**

**Eskişehir  
Anadolu Üniversitesi  
Güzel Sanatlar Enstitüsü  
Haziran 2019**

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

**Elif YAYGINGÖL**'ün “**Kemanda Yay İle Ses Üretimi ve Ses Üretiminin Teknik Analizi**” başlıklı tezi **24 Haziran 2019** tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, **Müzik Anasanat Dalı Yaylı Çalgılar Sanat Dalı Sanatta Yeterlik** tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

|                     |                                      | İmza  |
|---------------------|--------------------------------------|-------|
| Üye (Tez Danışmanı) | : Prof. Gülen EGE SERTER             | ..... |
| Üye                 | : Prof. Dr. Uğur TÜRKMEN             | ..... |
| Üye                 | : Doç. H. Bülent AKDENİZ             | ..... |
| Üye                 | : Doç. Şenol AYDIN                   | ..... |
| Üye                 | : Dr. Öğr. Üyesi Musa Eren İŞKODRALI | ..... |

**Prof. Hayri ESMER**  
**Anadolu Üniversitesi**  
**Güzel Sanatlar Enstitüsü Müdürü**

## ÖZET

### KEMANDA YAY İLE SES ÜRETİMİ VE SES ÜRETİMİNİN TEKNİK ANALİZİ

Elif YAYGINGÖL

Müzik Anasanat Dalı  
Yaylı Çalgılar Sanat Dalı  
Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Haziran 2019

Danışman: Prof. Gülen EGE SERTER

Ses üretimi, keman icra sanatının öncelikli konularından biridir. Kemanda ses üretimini sağlayan birincil araç ise yaydır. Bu tezde, kemanda yay ile ses üretimi konusu, bilimsel olarak farklı yönleriyle ele alınmıştır. Bu çalışmanın öncelikli amacı kemanda yay ile ses üretimi konusunda bilimsel verilere dayanan bir farkındalık yaratmaktır. Bu bağlamda ilk olarak, sesin oluşumunda meydana gelen fiziksel süreçlerden ve bu süreçlerde adı geçen temel akustik kavramlardan bahsedilerek konu ile ilgili bir alt yapı oluşturulmak istenmiştir. İkinci olarak, kemanda ses üretimi sürecinde meydana gelen fiziksel olgulara değinilmiştir. Ayrıca, ses üretimi süreci yay ekseninde ele alınarak yay materyallerinin sese olan etkisinden bahsedilmiştir. Bunu takiben, ses üretimi sürecinde etkin rolü olan önemli sağ el teknik unsurları incelenerek, kemanda yay ile ses üretimi süreci icra yönünden ele alınmıştır. Bu bölümün sonunda ise önemli sağ el teknik unsurlarından ses noktası ve yay eğiminin ses şiddetini nasıl etkilediği analiz edilmiş, elde edilen veriler Tek Yönlü Anova Varyans Analizi ile istatistiki olarak değerlendirilmiştir. Tezin son bölümünde ise adı geçen sağ el teknik unsurlarını geliştirmek üzere, bir dizi egzersiz derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Keman, Ses Üretimi, Yay.

## **ABSTRACT**

### **VIOLIN SOUND PRODUCTION WITH BOW AND ITS TECHNICAL ANALYSIS**

Elif YAYGINGÖL

Department of Music  
Anadolu University, Graduate School of Fine Arts, June 2019

Supervisor: Prof. Gülen EGE SERTER

The sound production is one of the most priority issues of the violin playing, and the bow is the main element of the sound production during a violin performance. In this thesis, violin sound production with bow is elaborated using different scientific aspects. The main aim of this study is to create an awareness in the matter of violin sound production with bow, based on the scientific data. In this regard, first, the physical processes which occur in the sound formation and the acoustical terms of these physical processes were mentioned in order to give an overview on the sound production. Second, the formation of physical phenomena in sound production was mentioned and the impacts of the bow materials on the sound were evaluated by discussing the sound production process in the axis of the bow. Next, the essential right-hand technical elements playing a significant role in the sound production process were examined. In addition, the issues of the violin sound production process with the bow were tackled in terms of performance. Furthermore, the impact of two essentials of right-hand technical elements; the sounding point and the bow tilting, on the loudness of sound was analyzed statistically using ANOVA analysis (Analysis of Variance). In the final part of the thesis, a series of exercises was compiled to develop right-hand technical elements which were previously mentioned.

**Keywords:** Violin, Sound Production, Bow.

## ÖNSÖZ

*“Kemanda Yay ile Ses Üretimi ve Ses Üretiminin Teknik Analizi”* başlıklı bu çalışmanın hazırlık sürecinde düşünce ve deneyimleri ile her aşamada bana destek olan, mesleki çalışmalarında yolumu aydınlatan çok kıymetli hocam Prof. Gülen EGE SERTER’e teşekkürlerimi sunuyorum. Aynı zamanda eğitim hayatımın her aşamasında benden desteğini esirgemeyen annem Beyhan YAYGINGÖL ve babam Hasan Sami YAYGINGÖL’e, manevi desteklerine ilaveten akademik tecrübeleri ile bana yardımcı olan sevgili ablam Merve ÖZPARPUCU ve abim Can ÖZPARPUCU’ya, bana olan inancı ve desteği için Eftâl ŞEHİRLİ’ye ve bütün manevi desteği ile yanımda olan anneannem Gülsevil SAVAŞ’a teşekkürlerimi borç bilirim.

Elif YAYGINGÖL

24/06/2019

## **ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ**

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tarama programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Elif YAYGINGÖL

## İÇİNDEKİLER

|                                                     | <u>Sayfa</u> |
|-----------------------------------------------------|--------------|
| BAŞLIK SAYFASI .....                                | i            |
| JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....                          | ii           |
| ÖZET .....                                          | iii          |
| ABSTRACT.....                                       | iv           |
| ÖNSÖZ .....                                         | v            |
| ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ .....   | vi           |
| İÇİNDEKİLER .....                                   | vii          |
| TABLolar/ÇİZELGELER DİZİNİ .....                    | x            |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                | xi           |
| GÖRSELLER DİZİNİ .....                              | xiii         |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                 | xiv          |
| 1. GİRİŞ.....                                       | 1            |
| 1.1. Sorun.....                                     | 1            |
| 1.2. Amaç ve Kapsam .....                           | 2            |
| 1.3. Önem.....                                      | 3            |
| 1.4. Varsayımlar .....                              | 4            |
| 1.5. Sınırlılıklar .....                            | 4            |
| 1.6. Tanımlar .....                                 | 4            |
| 2. SES .....                                        | 5            |
| 2.1. Ses Fiziği.....                                | 5            |
| 2.2. Sesin Oluşumu ve Temel Akustik Kavramlar ..... | 7            |
| 2.2.1. Ses dalgası.....                             | 8            |
| 2.2.1.1. Dalga hızı.....                            | 9            |
| 2.2.1.2. Frekans .....                              | 11           |
| 2.2.1.3. Dalga Boyu .....                           | 12           |
| 2.2.1.4. Periyot.....                               | 12           |

|                                                                | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------|--------------|
| 2.2.1.5. Genlik.....                                           | 13           |
| 2.2.2 Dalga davranışları.....                                  | 13           |
| 2.2.2.1. Yansıma .....                                         | 13           |
| 2.2.2.2. Kırılma.....                                          | 14           |
| 2.2.2.3. Kırınım .....                                         | 15           |
| 2.2.2.4. Binişim .....                                         | 16           |
| 2.3. Ses Niceliği.....                                         | 18           |
| 2.3.1. Ses gücü.....                                           | 18           |
| 2.3.2. Ses yeğirliğı.....                                      | 19           |
| 2.3.3. Ses basıncı.....                                        | 21           |
| 2.3.4. Ses gücü ve ses basıncı ayrımı.....                     | 22           |
| 3. KEMANDA YAY İLE SES ÜRETİMİ.....                            | 24           |
| 3.1. Müziğın Oluşumu .....                                     | 24           |
| 3.1.1. Tını .....                                              | 26           |
| 3.2. Kemanda Sesin Oluşumu.....                                | 27           |
| 3.2.1. Tellerin titreşimi.....                                 | 27           |
| 3.2.2. Yaylama olayı .....                                     | 29           |
| 3.3. Yayın Yapısal Özelliklerinin Ses Üretimine Etkileri ..... | 31           |
| 3.3.1. Yay gövdesi.....                                        | 31           |
| 3.3.2. Yay kılı .....                                          | 33           |
| 3.4. Kemanda Yay ile Ses Üretiminde Sağ El Unsurları.....      | 36           |
| 3.4.1. Yay tutuşu.....                                         | 37           |
| 3.4.2. Yay hızı .....                                          | 39           |
| 3.4.3. Yay basıncı.....                                        | 43           |
| 3.4.4. Ses Noktası.....                                        | 46           |
| 3.4.5. Yay eğimi .....                                         | 50           |

|                                                                | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>3.5. Kemanda Yay ile Ses Üretiminin Teknik Analizi.....</b> | <b>52</b>    |
| <b>3.5.1. Yöntem .....</b>                                     | <b>52</b>    |
| <b>3.5.2. Sonuç .....</b>                                      | <b>52</b>    |
| <b>4. SES ÜRETİMİ EGZERSİZLERİ .....</b>                       | <b>58</b>    |
| <b>4.1. Yay Hızı Egzersizleri .....</b>                        | <b>58</b>    |
| <b>4.2. Basınç Egzersizleri .....</b>                          | <b>63</b>    |
| <b>4.3. Ses Noktası Egzersizleri .....</b>                     | <b>66</b>    |
| <b>4.4. Yay Eğimi Egzersizleri.....</b>                        | <b>68</b>    |
| <b>5. SONUÇ .....</b>                                          | <b>70</b>    |
| <b>KAYNAKÇA.....</b>                                           | <b>74</b>    |
| <b>ÖZGEÇMİŞ</b>                                                |              |

## TABLÖLAR/ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                            | <b><u>Sayfa</u></b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Tablo 2.1.</b> Farklı maddesel ortamlarda ses hızı.....                                 | 10                  |
| <b>Tablo 2.2.</b> Farklı ses kaynaklarından çıkan en büyük ve en büyük olmayan güçler..... | 19                  |
| <b>Tablo 2.3.</b> Bazı seslerin yegınlikleri ve desibel ölçekleri .....                    | 21                  |
| <b>Tablo 2.4.</b> Bazı seslerin basınçları ve desibel ölçekleri .....                      | 22                  |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                         | <u>Sayfa</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 2.1. Sesi oluşturan öğeler .....                                                  | 6            |
| Şekil 2.2. Basit harmonik hareket.....                                                  | 8            |
| Şekil 2.3. Dalgaların sınıflandırılması .....                                           | 8            |
| Şekil 2.4. Boyuna dalga gösterimi .....                                                 | 9            |
| Şekil 2.5. Sesin yayılma hızına göre büyükten küçüğe maddesel ortamlar .....            | 10           |
| Şekil 2.6. Yüksek frekanslı dalga gösterimi .....                                       | 11           |
| Şekil 2.7. Düşük frekanslı dalga gösterimi .....                                        | 12           |
| Şekil 2.8. Periyot ve genlik gösterimi.....                                             | 12           |
| Şekil 2.9. Genlik ve ses şiddeti ilişkisi .....                                         | 13           |
| Şekil 2.10. Gelen ses dalgasının aynı açıyla yansıması.....                             | 14           |
| Şekil 2.11. Kavisli yüzeye çarpan ses dalgalarının paralel yansıması.....               | 14           |
| Şekil 2.12. Farklı bir ortama geçen dalga kırılması.....                                | 15           |
| Şekil 2.13. Engele sürtünerek kırınımına uğrayan dalga .....                            | 15           |
| Şekil 2.14. Yapıcı binişim .....                                                        | 16           |
| Şekil 2.15. Yıkıcı binişim .....                                                        | 17           |
| Şekil 2.16. Gelen ve yansıyan dalga binişimi.....                                       | 17           |
| Şekil 2.17. Telde oluşan duran dalgalar .....                                           | 18           |
| Şekil 2.18. Ses kaynağından çıkan ses dalgalarının dışa doğru yayılması .....           | 20           |
| Şekil 2.19. Isıtıcı ve sıcaklık örneği .....                                            | 23           |
| Şekil 2.20. Ses gücü ve ses basıncı örneği .....                                        | 23           |
| Şekil 3.1. Basit sesin görüntüsü .....                                                  | 24           |
| Şekil 3.2. Gürültünün görüntüsü .....                                                   | 25           |
| Şekil 3.3. Saksafon ile icra edilmiş müzik görüntüsü.....                               | 25           |
| Şekil 3.4. Farklı müzikal kaynaklardan çıkan seslerin grafiği .....                     | 26           |
| Şekil 3.5. Temel frekans üzerine oluşan harmonikler .....                               | 27           |
| Şekil 3.6. Statik sürtünme (yapışma).....                                               | 30           |
| Şekil 3.7. Dinamik sürtünme (kayma).....                                                | 30           |
| Şekil 3.8. Yay ve tel sürtünmesiyle oluşan Helmholtz hareketi ve Helmholtz köşesi ..... | 30           |
| Şekil 3.9. Kol ağırlığı ve yay hızı .....                                               | 40           |
| Şekil 3.10. Yayın üç temel kısmı.....                                                   | 41           |

|                                                                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 3.11.</b> Başlangıç düzeyindeki bir eserde saptanmış yay hızı ve yay bölünmesi ....                                                     | 42 |
| <b>Şekil 3.12.</b> Asimetrik yapı .....                                                                                                          | 42 |
| <b>Şekil 3.13.</b> Kemandaki ses noktaları .....                                                                                                 | 47 |
| <b>Şekil 3.14.</b> Üç ana ses noktasında, düz yay ile icra edilen notaların ortalama genlik değerleri .....                                      | 53 |
| <b>Şekil 3.15.</b> Üç ana ses noktasında, düz yay ile icra edilen notaların ortalama genlik değerleri grafiği ve gruplar arası farklılıklar..... | 53 |
| <b>Şekil 3.16.</b> Üç ana ses noktasında öne eğik yay ile icra edilen notaların ortalama genlik değerleri .....                                  | 54 |
| <b>Şekil 3.17.</b> Farklı ses noktalarında, öne eğik yay ile icra edilen notaların ortalama genlik değerleri ve gruplar arası farklılıklar. .... | 54 |
| <b>Şekil 3.18.</b> Köprüde, düz yay ve öne eğik yay verilerinin karşılaştırmalı genlik değerleri .....                                           | 55 |
| <b>Şekil 3.19.</b> Ortada, düz yay ve öne eğik yay verilerinin karşılaştırmalı genlik değerleri .....                                            | 55 |
| <b>Şekil 3.20.</b> Tuşede, düz yay ve öne eğik yay verilerinin karşılaştırmalı genlik değerleri .....                                            | 55 |
| <b>Şekil 3.21.</b> Farklı ses noktalarında ölçülen düz yay ve öne eğik yay verilerinin karşılaştırmalı grafiği .....                             | 55 |

## GÖRSELLER DİZİNİ

|                                                                                          | <b><u>Sayfa</u></b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Görsel 2.1.</b> Hava boşaltma tulumbası .....                                         | 6                   |
| <b>Görsel 3.1.</b> Pernambuco ağaç kesiti .....                                          | 32                  |
| <b>Görsel 3.2.</b> Tremolo tekniğinin frekans görüntüsü .....                            | 35                  |
| <b>Görsel 3.3.</b> Yay kılı gözenekleri .....                                            | 34                  |
| <b>Görsel 3.4.</b> Kıl dokusunda meydana gelen doku kaybı ve yırtılma .....              | 35                  |
| <b>Görsel 3.5.</b> Sağ el baş parmak ve orta parmak pozisyonu .....                      | 38                  |
| <b>Görsel 3.6.</b> Sağ el yay tutuşunda, baş parmak ve orta parmak pozisyonu .....       | 38                  |
| <b>Görsel 3.7.</b> Yay tutuşunda parmakların yerleşimi.....                              | 39                  |
| <b>Görsel 3.8.</b> F.Mendelssohn, Mi Minör Keman Konçertosu, 1. Bölüm, 1-16. ölçüler.... | 43                  |
| <b>Görsel 3.9.</b> N.Paganini, Caprice No.20, 1-6. ölçüler.....                          | 49                  |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                        |                                            |
|------------------------|--------------------------------------------|
| $\lambda$              | : Lamda. Dalga boyu simgesi.               |
| $^{\circ}\text{C}$     | : Santigrat                                |
| $f$                    | : Frekans simgesi                          |
| <b>Hz</b>              | : Hertz                                    |
| <b>T</b>               | : Periyot simgesi                          |
| <b>W</b>               | : Watt. Ses gücü birimi                    |
| <b>fff</b>             | : Fortississimo. Oldukça yüksek sesle.     |
| <b>mf</b>              | : Mezzo-forte. Ortalama yükseklikte sesle. |
| <b>ppp</b>             | : Pianississimo. Oldukça alçak sesle.      |
| <b>W/m<sup>2</sup></b> | : Watt / metre kare                        |
| <b>dB</b>              | : Desibel                                  |
| <b>Pa</b>              | : Pascal                                   |
| <b>N</b>               | : Kuvvet                                   |
| <b>mm</b>              | : Milimetre                                |
| <b>Kg</b>              | : Kilogram                                 |
| <b>Gpa</b>             | : Gigapascal                               |
| <b>%</b>               | : Yüzde işareti                            |
| <b>BY</b>              | : Bütün yay                                |
| <b>ÜY</b>              | : Üst yarı                                 |
| <b>AY</b>              | : Alt yarı                                 |
| <b>☐</b>               | : Çekerek yay                              |
| <b>∨</b>               | : İterek yay                               |
| <b><i>f</i></b>        | : Forte nüans                              |
| <b><i>p</i></b>        | : Piano nüans                              |
| <b>T</b>               | : Tuşede                                   |
| <b>M.</b>              | : Merkezi noktada                          |
| <b>K</b>               | : Köprüde                                  |
| <b>↗</b>               | : Tuşeye doğru                             |
| <b>↖</b>               | : Köprüye doğru                            |
| <b>D</b>               | : Düz yay                                  |
| <b>E</b>               | : Eğik yaY                                 |

## 1. GİRİŞ

Her enstrüman icracısı, sanat hayatı boyunca çeşitli çalma becerilerini geliştirerek icra tekniği bakımından ileri bir düzeye gelmek üzere çalışır. Fakat bir icracının alanında yetkinleşmesi yalnızca zorlu teknik beceriler edinmesiyle sınırlı değildir. Bir icracıyı diğer icracılardan farklı kılacak en önemli özellik elde ettiği seslerin kalitesi ve zenginliğidir. Dolayısıyla söz konusu hangi enstrüman olursa olsun ses üretimi önemle üzerinde durulması gereken bir konudur. Çünkü ses, müziğin ve icra sanatının temelidir.

### 1.1. Sorun

Yaylı çalgılar ailesinin en küçük üyesi olan kemanda, kaliteli ses üretmek zorlu ve sabır isteyen bir süreçtir. Bu sebeple keman eğitiminin ilk aşamalarından itibaren ses üretimi konusuna önemle eğilmek ve süreci ertelememek oldukça önemlidir. Ünlü pedagog ve keman virtüözü Leopold Auer, dinleyiciyi etkisi altına alacak hoş bir tonun, kendini kemanda uzmanlaşmaya adanmış birinin öncelikli konusu olması gerektiğini vurgular (Auer, 2003, s.23).

Kemanda yay ile ses üretimi söz konusu olduğunda, icracının ses üretimi süreciyle ilgili bilimsel bilgilere dayanan bir alt yapıya sahip olması süreci farklı yönleriyle ele alabilmesi açısından önemlidir. Konservatuvarlarda ve diğer müzik eğitim kurumlarında enstrüman eğitimi çoğunlukla icra teknikleri ekseninde ele alındığından akustik fizik konusu ikinci planda kalabilmektedir. İracının ses üretimi sürecinde meydana gelen fizik olaylarını ve bu olaylarla ilgili akustik kavramları bilmesi ses üretimi sürecinde icracıya fayda sağlayacaktır.

Kemanda ses üretimini gerçekleştiren ilk ve en önemli araç yaydır. Dolayısıyla yay, yapısal olarak ses üretimi sürecini doğrudan etkileyen, önemli bir unsur olarak karşımıza çıkar. Bu sebeple icracının yayın yapısı ve yapısal özelliklerinin sese etkisi konusunda yeterli bilgi düzeyine ulaşması önem arz eder.

Keman icrasında yay ile ses üretimi söz konusu olduğunda karşımıza temelde iki hatalı ses üretimi örneği çıkar. Bunlardan birincisi, gergin, agresif ses üretimi, diğeri ise gevşek ve cılız ses üretimidir. Bu iki temel probleme sebep olan, bazı teknik hatalar ve uygulamalardır. Büyük keman ustaları kaliteli ses üretiminde fiziksel ve doğal yatkınlığın tek başına yeterli olmadığını, en iyi sese, ses üretimi konusunda oluşmuş bir bilinç ve farkındalıkla ulaşılabileceğini belirtir.

Frank Thisleton, iyi icracı olmak isteyen bir kişinin doğal yatkınlığının yanında şu üç temel ilkeyi sağlaması gerektiğini söyler; “*Anlamak, hissetmek, ifade etmek*” (Thisleton, 1924, s.20). Enstrümanından kaliteli bir ses elde etmek isteyen bir icracının da bu sözden yola çıkarak, hangi uygulamanın seste nasıl etkiler yarattığını anlaması, seste meydana gelen değişiklikleri dinleyerek hissetmesi ve böylece sesi etkileyen teknik unsurları bilinçli bir şekilde kullanarak doğru bir ifadeye ulaşabilmesi büyük önem taşır.

## **1.2. Amaç ve Kapsam**

Bu çalışmanın öncelikli amacı kemanda yay ile ses üretimi konusunda bütünsel bir farkındalık yaratmaktır. Kemanda yay ile ses üretimi temelde fiziksel bir süreçtir. Ses üretimi süreci konusunda bütünsel bir farkındalık yaratmak için başlangıçta sesin ne olduğundan, oluşumu sürecinde meydana gelen fizik olaylarından ve bu süreçteki temel akustik kavramlardan bahsetmek gerekir. Bu sebeple, bu çalışmada ses ile ilgili temel fizik bilgileri ele alındıktan sonra, kemanda sesin oluşumu ve yay ile ses üretimi sürecinde meydana gelen fizik olguları irdelenecektir. Böylece icracının ses üretimi konusunda bilimsel bir alt yapıya sahip olması hedeflenmektedir.

Keman yayı, doğrudan telleri titreştirerek ses üretimini gerçekleştirmesi bakımından yapısal olarak önemle üzerinde durulması gereken bir unsurdur. Yayın yapısal özellikleri daha çok çalgı yapım alanının konusu olarak düşünülse de gerçekte kaliteli sesler üretmek isteyen bir keman icracısının yayın yapısal özelliklerini bilmesi ve değişen yapısal özelliklerin sesi nasıl etkilediği hakkında fikir sahibi olması önem arz eder. Bu sebeple yay gövdesi ve yay kılı, ses üretimine etkileri bakımından yapısal olarak ele alınacaktır. Böylece icracının, yayın yapısal özelliklerinin ses üzerindeki olumlu veya olumsuz etkileri hakkında bilgi sahibi olması amaçlanmaktadır.

Sağ el yay teknikleri ise, ses üretimini şekillendiren esas unsur olarak karşımıza çıkar. Bir yay ne kadar kaliteli olursa olsun, icracının ses üretimi konusunda bazı temel teknik becerileri yeterince gelişmediğinde ya da sesi etkileyen teknik unsurlar konusunda yeterince bilgi sahibi olmadığında hedeflenen sese ve tınıya ulaşmak oldukça güç olacaktır. Bu yüzden kemanda yay ile ses üretimi konusunda özellikle üzerinde durulması gereken temel teknik unsurlar kapsamlı bir şekilde incelenecektir. Böylece icracının, gereksinimler doğrultusunda sesi etkileyen teknik unsurları şekillendirebilmesini ve çeşitlendirebilmesini sağlamak bu çalışmanın amaçlarından biridir.

Bu çalışmanın analiz kısmında, yayın tele temas ettiği yeri ifade eden ses noktası ve tele temas eden kıl genişliğini ifade eden yay eğiminin ses şiddetini nasıl etkilediği “MATLAB”<sup>1</sup> programı kullanılarak ve ses kayıtlarının “*Ayrık Fourier Dönüşümü*”<sup>2</sup> alınarak ölçümlenecek, elde edilen veriler “*Anova (Tek Yönlü Varyans) Analizi*”<sup>3</sup> ile istatistiki olarak değerlendirilecektir. Bu veriler ışığında, bir icracının bu iki önemli sağ el teknik unsuru hakkında bilimsel bir dayanağa sahip olması ve böylece icra edilen eserlerin müzikal gerekliliklerine göre bu unsurları bilinçli olarak kullanma becerisi kazanması konusunda icracıya katkı sağlamak hedeflenmektedir.

Son olarak verilen bir dizi egzersizle, ses üretimine etki eden becerilerin geliştirilmesine katkıda bulunmak amaçlanmaktadır.

### 1.3. Önem

Kemanda yay ile ses üretiminin prensiplerini açıklayan ve ses üretiminde etkisi olan yapısal ve teknik unsurları analiz etmeyi amaçlayan bu çalışma:

1. Bir icracının kemanda ses üretimi hakkında bilimsel verilere sahip olması,
2. Profesyonel bir keman icracısının kaliteli bir ses elde etmede yayın yapısal özelliklerinin ve yay tekniğinin önemini kavraması,
3. Bir icracının, eserlerin nüans ve yorum gereksinimlerine göre bilinçli olarak sağ el yay tekniğinde değişimler yapabilmesi,
4. Keman eğitmenlerinin eğitim sürecinde öğrencilerini ses üretimi konusunda teknik olarak doğru yönlendirebilmesi,
5. İcracılara, keman eğitimi sürecinde yer alan eğitmen ve öğrencilere, ses üretimi hakkında bilimsel veriler ışığında bütünsel bir kavrayış ve farkındalık kazandırması açılarından önemlidir.

---

<sup>1</sup> MATLAB, numerik hesaplama, grafiksel veri gösterimi ve programlamayı içeren teknik ve bilimsel hesaplamalar için yazılmış yüksek performansa sahip bir yazılımdır. İsmi, “MATrix LABoratory” (Matrix Laboratuvarı) kelimesinden gelir (<http-1>).

<sup>2</sup> Fourier Analizi, salınım ve titreşim hareketleri gibi periyodik olayları incelemek için kullanılan periyodik bir fonksiyondur (Cömert, 2015, s.1), (<http-2>).

<sup>3</sup> Tek Yönlü Varyans Analizi, normal dağılımlı bir seride üç veya daha fazla bağımsız ortalama arasındaki farkın manidarlığının hesaplanmasında kullanılan bir yöntemdir (<http-3>).

#### 1.4. Varsayımlar

Bu çalışmada doğruluğu kabul görmüş aşağıdaki varsayımlardan hareket edilecektir.

1. Ses, icra sanatının temelini oluşturur.
2. Keman icrasında, keman gövdesi ve keman yayı bir bütündür.
3. Bir kemanda ses yayın telleri titreştirmesiyle elde edilir ve ses, yay ile etkileşim içerisindedir.
4. Yay, ahşap gövdesi ve yay kılı ile bir bütündür.
5. Yayın yapısal özellikleri kemandan elde edilen ses üzerinde etkiye sahiptir.
6. Sağ el yay tekniği, doğrudan ses üretimi sürecine etki eder.
7. Kaliteli ses üretimi, keman icra sanatının bir gerekliliğidir.

#### 1.5. Sınırlılıklar

Araştırma kapsamında aşağıdaki unsurlar sınırlılık olarak kabul edilmiştir.

1. Araştırma, ses üretimine etki eden sağ el unsurları ile sınırlıdır.
2. Araştırma kapsamında yapılan ses ölçümleri bir keman ve bir yay ile sınırlıdır.
3. Ses ölçümleri yapılırken örnekler, hata payı az sabit yaylama kolunun (bowing machine) yerine bir icracı tarafından seslendirilmiştir. Hata payını en aza indirmek için her örnek beşer kez seslendirilerek ANOVA analizi ile ortalama istatistiki değerler hesaplanmıştır.
4. Analiz edilen örnekler uzun re sesi ile sınırlıdır.

#### 1.6. Tanımlar

- **Enstrüman:** Müzikte çalgı.
- **İcra:** Bir müzik eserini oluşturan notaları sese çevirme.
- **Nüans:** Bir müzik yapıtında kullanılan seslerin hafif, güçlü, yumuşak, şiddetli oluşu gibi tını farklılıklarını belirleyen müzikal anlatım. İnce ayırım.
- **Akustik:** Sesi inceleyen fizik dalı.

## 2. SES

Müzik, vokal veya enstrümantal seslerin belli bir düzen içerisinde uyum, ifade ve estetik kaygısıyla bir araya gelmesidir. Dolayısıyla müzik, duygu ve düşünceleri farklı tınlar ve ses renkleri ile ifade eden bir ses sanatıdır. Bu tanımlara göre müzik daha çok estetik bir kavrammış gibi gözükse de temelinde “ses” olan bu sanat türü fizik ve matematikten ayrı düşünülemez. Çünkü ses aynı zamanda akustik fiziğin önemli bir dalıdır.

Her enstrüman icracısının öncelikli ortak gayesi, enstrümandan güzel ses çıkararak zengin tınlar elde etmek ve böylece ifadesel olarak ileri bir düzeye ulaşmaktır. Bu noktada icracının öncelikle ses fiziğinin temelini oluşturan genel geçer bilgilere sahip olması ve sesin oluşum sürecini bilimsel olarak kavraması gerekir. Böylece ses üretimi sürecindeki icracı, icra tekniğini bilimsel verilere dayanarak şekillendirebilir. Bu sebeple Başlık 2.1’de ses fiziğinden, Başlık 2.2’de sesin oluşum sürecinden ve temel akustik kavramlardan söz edilmiştir. Başlık 2.3’te ise sesin akustik niceliğini belirten temel kavramlar açıklanmıştır.

### 2.1. Ses Fiziği

Ses, titreşim dizisiyle meydana gelen bir enerjidir ve periyodik basınç değişimlerini içerir. Başka bir deyişle ses, titreşen bir nesne tarafından yaratılan bir basınç dalgasıdır (http-4). Ses, titreşim dizilerinin hava moleküllerine çarpması sonucu her doğrultuya doğru hızlıca hareket edebilir.

Örneğin, bir timpaniye vurulduğunda gergin deri çok hızlı bir şekilde titreşir ve oluşan titreşimler havadaki molekülleri de aynı anda titreştirmiş olur. Timpaniden açığa çıkan enerji hava yoluyla tüm doğrultulara doğru hareket eder. Bu enerjiyle titreşen hava kulağımızı da titreştirmeye başlar ve biz bu titreşimleri ses olarak algılar ve duyumsarız.

Sesin varlığından söz edebilmek için bulunması gereken öğeler ve koşullar Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



**Şekil 2.1.** Sesi oluşturan öğeler (Zeren, 2014, s. 11)

*“Genellikle, kulağımızı uyaran ve bu yolla beynimizde duyumlara yol açan etkilerin bir ses oluşturduğundan söz ederiz. Buna göre, bir sesin var olabilmesi için, çalışır durumda bir kulak ve beynin (alıcı sistem) bulunması, onları uyarabilecek nitelikteki etkenlerin bir yerlerde oluşması (ses kaynağı) ve bu etkenlerin, oluştukları yerden kulağa kadar, kulağı uyarmaya yetecek bir şiddette iletilmesi (iletici ortam) gerekir. Bu öğelerden herhangi birisi yoksa ses de yoktur” (Zeren, 2014, s.11).*

Sesin oluşması için öncelikle titreşen bir cisim tarafından üretilen dalgalara ihtiyaç vardır. Titreşerek dalga üreten cisimlere “ses kaynağı” denir. Bahsi geçen ses kaynağı insan sesi, enstrüman sesi, korna sesi, radyo sesi gibi pek çok farklı şekilde karşımıza çıkabilir.

Ses, boşlukta yayılamaz. Örneğin bir hava boşaltma tulumbasına bir telefon koyup tulumbanın mekanizmasıyla fanustaki havayı boşalttığımızda telefon çalsa da zil sesini duymamız imkânsızdır. Çünkü fanustaki hava boşaldığında iletici hava molekülleri de kaybolmuş olur (Bkz. Görsel 2.1). Ses kaynağından çıkan titreşimlerin belli bir şiddette kulağa iletilebilmesi için mutlaka iletici bir ortama ihtiyaç vardır.



**Görsel 2.1.** Hava boşaltma tulumbası

Söz konusu iletici ortam, gaz ortam, sıvı ortam ya da katı ortam gibi maddesel ortamlardır. Farklı iletici ortamlarda sesin yayılma hızı da değişkenlik gösterir. Sesin yayılma hızını dalga hızı bölümünde ayrıca ele alacağız.

Titreşen bir cismin oluşturduğu ses dalgaları iletici ortam aracılığı ile (bu ortam genellikle havadır) bir alıcı tarafından algılanmak üzere yayılır.

En yaygın alıcı kulaklarımızdır. İletici ortamdan geçerek kulağımıza ulaşan ses dalgaları kulak kepçesi tarafından toplanır ve kulak yolundan geçerek kulak zarını titreştirir. Kulaktaki hareketini tamamlayan bu titreşimlerdeki bilgiyi işitme sinirleri toplar. İşitme sinirleri aldığı bilgileri elektrik sinyallerine dönüştürerek beyne ulaştırır ve böylece sesi algılamış oluruz (http-5).

## 2.2. Sesin Oluşumu ve Temel Akustik Kavramlar

Enstrümandaki ses üretimi sürecini fiziksel olarak anlayabilmek için sesin oluşumundaki aşamaları bilmek ve bu aşamalarda adı geçen temel akustik kavramları tanımak gerekir. Böylelikle icracı, enstrümandan ses üretme sürecindeki yöntemleri bilimsel bir temelle ilişkilendirebilir.

Sesin oluşması için kulağı uyaran bir titreşimin oluşması gerektiğini sesin tanımında görmüştük. Bu titreşimin oluşabilmesi için öncelikle bir cismin tekrar eden hareketine ihtiyaç vardır. Buna “*yenelenen (periyodik) hareket*” prensibi denir. Burada düzenli aralıklarla tekrar eden bir hareket söz konusudur. Belirli aralıklarla gidip gelen bir saat sarkacı ya da bir yayın keman teli üzerindeki iterek-çekerek sürekli hareketi buna örnek gösterilebilir.

“*Durmakta olan bir sistemde yinelenen bir hareketin başlamasının sebebi, bir dış etkenin sistemin denge konumunu bozmasıdır*” (Zeren, 2014, s.15).

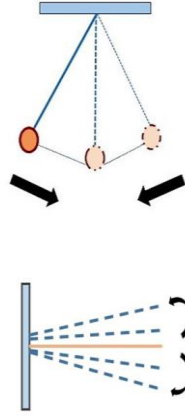
Denge konumu cismin üzerindeki net kuvvetin sıfır olduğu konumdur. Denge konumunun bozulması dışarıdan uygulanan bir kuvvet ile gerçekleşir. Örneğin gerilmiş bir teli çektiğimizde telin denge konumu bozulmuş olur. *Hooke kanunu*<sup>4</sup> göre uygulanan kuvvet oranında tel denge konumundan uzaklaşır (Bkz. Şekil 2.2).

Teli çekme hareketini düzenli aralıklarla yaparsak tel denge konumunun iki yanına doğru sürekli gidip gelir böylece yinelenen hareket bir diğer adıyla basit harmonik (uyumlu) hareket elde etmiş oluruz.

---

<sup>4</sup> Bir malzemeye dışarıdan kuvvet uygulandığında, malzemede meydana gelen deformasyonlar ve uzamalar malzemenin elastik sınırları içerisinde deformasyonu yaratan kuvvet ile doğru orantılıdır. Malzemede deformasyonu yaratan bu kuvvet germe, baskı uygulama, sıkıştırma, eğme ya da bükme şeklinde karşımıza çıkabilir. Bu elastikiyet kanunu 1660 yılında İngiliz fizikçi Robert Hooke tarafından keşfedilmiştir. Bu sebeple “*Hooke Kanunu*” olarak adlandırılır.

Basit harmonik hareket, düzenli titreşimler oluşturarak eşit zaman aralıklı dalgaların oluşmasını sağlar. Dalga, sesi incelerken ayrıca ele alınması gereken bir konudur.



Şekil 2.2. Basit harmonik hareket

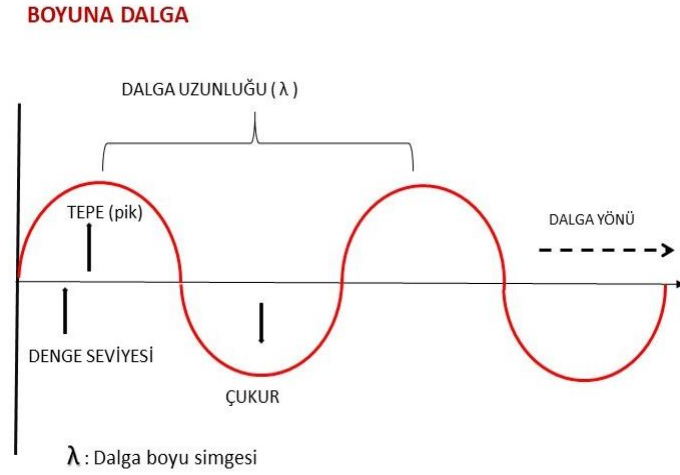
### 2.2.1. Ses dalgası

Dalga, bir cisim tarafından üretilen titreşimin ilerleyerek başka bir ortama iletimidir. Bir başka deyişle, bir yerden başka bir yere aktarılan bir enerjidir. Dalganın oluşması için periyodik olarak devam eden titreşimlere ihtiyaç vardır. Şekil 2.3'te gösterildiği gibi dalgalar hareket ettikleri doğrultuya ve taşıdıkları enerjiye göre sınıflandırılırlar.



Şekil 2.3. Dalgaların sınıflandırılması

Ses dalgası, gaz ortamda yani en yaygın iletici ortam olan havada yalnızca boylamsal hareket eder<sup>5</sup> (Bkz. Şekil 2.4) ve yayılabilmesi için maddesel ortama ihtiyaç duyduğundan mekanik olarak sınıflandırılır. Öyleyse her enstrüman, mekanik ve boyuna dalgalar üretir.



Şekil 2.4. Boyuna dalga gösterimi (Parker, 2015, s.24)

#### 2.2.1.1. Dalga hızı

İletici ortam içerisinde hareket eden ses dalgalarının birim zaman içerisinde ilerlediği hız, dalganın yayılma hızı denir. Ses dalgaları mekanik dalgalar olduğundan, dalgaların yayılma hızı maddesel ortamın yoğunluğuna göre değişir. Ortamdan geçen ses dalgasının hızını belirleyen iki faktör vardır. Bunlar ortamın eylemsizlik özellikleri ve elastik özellikleridir. Kütlesi daha büyük parçacıkların eylemsizlikleri de fazladır. Dolayısıyla ses dalgasına karşı daha az duyarlı olacakları için daha önce de söylendiği gibi ortamın yoğunluğu arttıkça dalga hızının yavaşlayacağı sonucu ortaya çıkar. Elastik özellikler ise maddenin karşılaştığı kuvvet karşısında şeklini ne kadar koruyabildiği ile ilgili bir konudur. Katı ve esnek olmayan maddelerin atom ve moleküllerine bağlı olarak içsel kuvvetleri oldukça fazladır (Parker, 2015, s.30). Bu sebeple ses dalgaları en hızlı katı ortamlarda yayılır. Bunu sırasıyla sıvı ortamlar ve gaz ortamlar takip eder (Bkz. Şekil 2.5).

<sup>5</sup> Ses, katı ve sıvı ortamlarda hem enine hem boyuna hareket edebilir. Gaz ortamda ise gazın moleküler yapısından dolayı enine dalga oluşumu mümkün değildir.

## Katı Ortamlar > Sıvı Ortamlar > Gaz Ortamlar

Şekil 2.5. Sesi yayılma hızına göre büyükten küçüğe maddesel ortamlar

En yaygın iletici ortam olarak karşımıza çıkan hava, gaz ortamlar sınıfında yer alır. Konser salonlarında yaşanan akustik problemler genellikle sesin havadaki yavaş yayılma hızından kaynaklanır. Büyük sahnelerde, özellikle büyük kadrolu orkestra performansları esnasında yaşanan birliktelik problemleri de bu sebeptendir. Çünkü orkestranın arkasında yer alan çalgı gruplarının sesi ön tarafa geç ulaşabilir. Orkestralar bu akustik problemleri indirgeyebilmek için dairesel bir oturma düzeni alırlar.

Sıcaklık ve basınç da sesin yayılma hızını etkileyen faktörler olarak karşımıza çıkar. Çünkü sıcaklık ve basınç doğrudan maddenin yoğunluğunu etkiler. Yüksek sıcaklıkta ve yüksek basınçta ses hızı artarken düşük sıcaklıkta ve düşük basınçta ses hızı azalır. Öyleyse, iyi ısıtılmamış soğuk bir konser salonunda birliktelik problemleri daha fazla olacaktır.

Ses dalgaları da dahil olmak üzere tüm dalgaların hızları dalga boyları ve frekanslarıyla yakından ilişkilidir. ( $\text{Hız} = \text{Dalga Boyu} \times \text{Frekans}$ )

Fakat sesin hızını etkileyen esas faktör daha önce de bahsedildiği gibi sesin hareket ettiği ortamın özellikleridir.

Tablo 2.1’de, 25 c° derecelik sabit ısıdaki farklı ortamlarda ölçülen ses hızı tablosu verilmiştir.

Tablo 2.1. Farklı maddesel ortamlarda ses hızı (http-6).

| Madde Sınıfı | Madde               | Hız m/s |
|--------------|---------------------|---------|
| Katılar      | Alüminyum           | 6420    |
|              | Nikel               | 6040    |
|              | Çelik               | 5960    |
|              | Demir               | 5950    |
|              | Pirinç              | 4700    |
|              | Cam (kristal)       | 3980    |
| Sıvılar      | Su (deniz suyu)     | 1531    |
|              | Distile Su          | 1498    |
|              | (damıtılmış)        | 1207    |
|              | Etanol (etil alkol) | 1103    |
| Gazlar       | Hidrojen            | 1284    |
|              | Helyum              | 965     |
|              | Hava                | 346     |
|              | Oksijen             | 316     |

Ses dalgalarının özelliklerini incelerken yayılma hızı dışında frekans, genlik, dalga boyu ve periyot değeri gibi parametreleri de dikkate almak gerekir. Bu parametreler sesin oluşumu sürecinde büyük önem taşır.

#### 2.2.1.2. Frekans

Frekans, bir saniyede belli bir noktadan geçen dalga sayısıdır. Diğer bir deyişle bir saniyede tekrar eden titreşimlerdir. Frekans “hertz” ya da “kilohertz” adı verilen birimlerle ölçülür ve “ $f$ ” sembolü ile gösterilir. İnsan kulağı 20 – 20.000 Hz frekansa sahip sesleri işitebilir. 1 hertz, saniyede 1 titreşim anlamına gelir.

Örneğin; la sesi veren bir diyapazon saniyede 440 kez titreşir dolayısıyla diyapazondan çıkan ses 440 Hertz (Hz) ‘lık bir frekans değerine sahiptir. Günümüz modern orkestraları akort yaparken daha parlak bir tını elde etmek için 442-443 Hertz aralığındaki la sesini referans alırlar. Bu da demek oluyor ki orkestralarda akort için referans alınan la sesi saniyede 442-443 kez titreşmektedir. Sesler frekans değeri arttıkça tizleşir, frekans değeri azaldıkça pesleşir. Örneğin, birinci oktav la sesi ile ikinci oktav la sesi frekans değeri bakımından farklılık gösterecektir. İkinci oktav la, daha tiz olduğu için birinci oktav la sesinden daha yüksek frekans değerine sahiptir. Bu sebeple de 1. oktav la sesine göre daha belirgin bir şekilde iştilir.

Şekil 2.6’da yüksek frekanslı dalga örneği, Şekil 2.7’de ise düşük frekanslı dalga örneği verilmiştir.



Şekil 2.6. Yüksek frekanslı dalga gösterimi



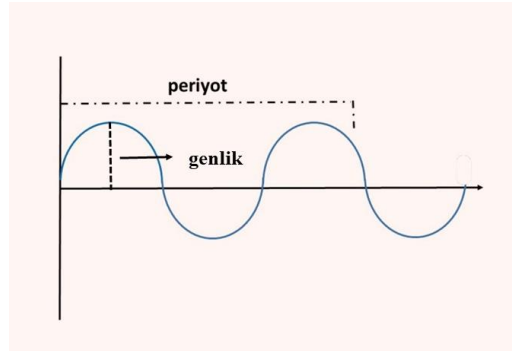
Şekil 2.7. Düşük frekanslı dalga gösterimi

#### 2.2.1.3. Dalga Boyu

Dalga boyu tekrarlanan dalga birimleri arasındaki mesafedir. Dalga boyu Yunan alfabesinde “lamda” ( $\lambda$ ) harfi ile gösterilmektedir ve birimi metre, santimetre gibi uzunluk birimleridir (Bkz. Şekil 2.4). Dalga boyu ve frekans arasında ters orantı söz konusudur. Dalga boyu uzadıkça frekans değerinde azalma gerçekleşir. Dalga boyu osiloskop<sup>6</sup> ile ölçülür.

#### 2.2.1.4. Periyot

Bir tam dalga oluşurken geçen süreye periyot denir. Bir tam dalga ardışık iki tepe ve çukurdan oluşur (Bkz. Şekil 2.8). Periyot “T” harfi ile gösterilir. Zamanı ifade eden bir kavram olduğundan saniye, dakika gibi zaman birimleri ile ölçülür.

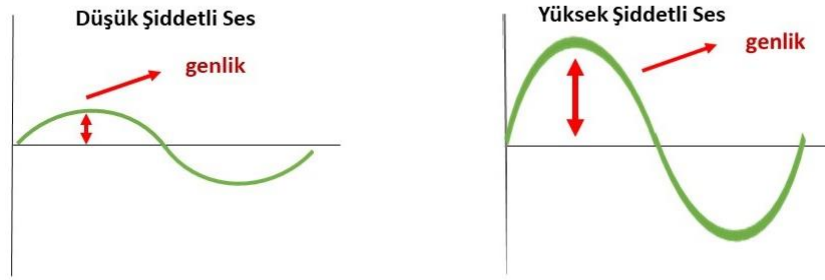


Şekil 2.8. Periyot ve genlik gösterimi

<sup>6</sup> Akım, gerilim, frekans, genlik gibi elektriksel değerleri ölçen, sinyallerin grafiğini gösteren geniş ölçüm olanaklarına sahip bir cihazdır. Diğer adı salınım ölçerdir.

### 2.2.1.5. Genlik

Bir dalga tepesi ile çukuru arasındaki uzaklığın yarısına genlik denir (Bkz. Şekil 2.8). Genlik ses şiddeti ile doğrudan ilgilidir (Bkz. Şekil 2.9). Genliği fazla olan sesin şiddeti de fazla olur. Genliği düşük olan sesin ise şiddeti de düşük olur. Bu çalışmanın analiz kısmında, farklı yöntemlerle elde edilen ses örneklerinin, ses şiddeti, dalga genlik değerleri baz alınarak hesaplanacaktır.



Şekil 2.9. Genlik ve ses şiddeti ilişkisi

### 2.2.2 Dalga davranışları

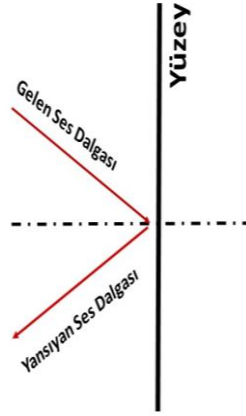
Ses dalgaları da dahil olmak üzere bütün dalgalar, madde ile farklı şekillerde etkileşirler. Ses dalgalarının madde ile etkileşimi sebebiyle yansıma, kırılma, kırınım, girişim gibi olgular meydana gelir. Enstrüman icrası sırasında icracının bulunduğu ortamı yankılı ya da derinliksiz olarak tanımlaması, bazı dalga hareketleri sonucu oluşan bu olgulardan ileri gelir. Bu sebeple icracının sesi etkileyen dalga davranışları hakkında temel bilgilere sahip olması önem arz eder.

#### 2.2.2.1. Yansıma

Ses dalgası dâhil bütün dalgalar bir engelle karşılaşınca ya da düz bir çizgide hareket eder. Bir engelle karşılaşan ses dalgasının taşıdığı enerji, kısmen yansır, kısmen soğurulur bir kısmı da karşılaştığı engeli geçebilir. “Fiziksel mekândaki yüzeye çarpan ses dalgasının mekân içinde yeni bir ses alanı yaratacak şekilde yüzeyden yansıyarak dolaşmasına yankı denir” (Erkal, Yürekli, 2007). İcra sırasında karşılaşılan yankı bu fizik olayının işitsel bir sonucudur. Bazı konser salonlarının ise kuru ya da derinliksiz olduğu söylenir. Bu ise yankılanmanın düşük düzeyde gerçekleşmesinden ya da sesin ortamda bulunan bazı materyaller tarafından soğurulmasından ileri gelir.

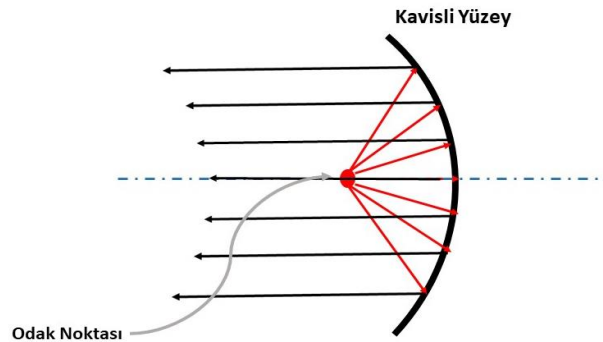
Sesin çarptığı materyaller ne kadar yumuşak ve esnek olursa ses o kadar çok soğurulur. Bu sebeple yankılı ortamlarda ses yalıtımı için perde, sünger pano gibi malzemelerden faydalanılır.

Ses dalgasının çarptığı yüzey düz ve pürüzsüz olduğu sürece dalgalar geldikleri açı ile yansır. Örneğin, düz bir duvara  $45^\circ$  derecelik açı ile gelen bir ses dalgası  $45^\circ$  derecelik bir açı ile yansıyacaktır (Bkz. Şekil 2.10).



**Şekil 2.10.** Gelen ses dalgasının aynı açıyla yansıması

Dalganın çarptığı yüzey düz olmadığında bunun başka sonuçları olacaktır. Söz konusu engel kavisli olduğunda odak noktasından çıkan dalgalar odak noktası boyunca birbirlerine paralel olarak yansır (Bkz. Şekil 2.11).

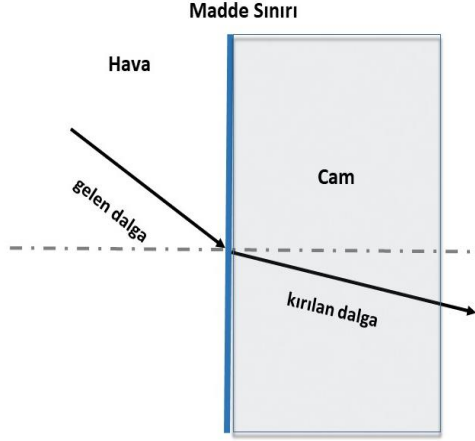


**Şekil 2.11.** Kavisli yüzeye çarpan ses dalgalarının paralel yansıması

#### 2.2.2.2. Kırılma

İki madde arasındaki sınırı geçerek farklı bir ortama giren dalga, hızının değişmesi sebebiyle doğrultusunu değiştirerek yoluna devam eder (Bkz. Şekil 2.12).

Farklı ortamlardan kaynaklanan bu hız değişiminin dalgada yarattığı eğilmeye kırılma (refraksiyon) denir.

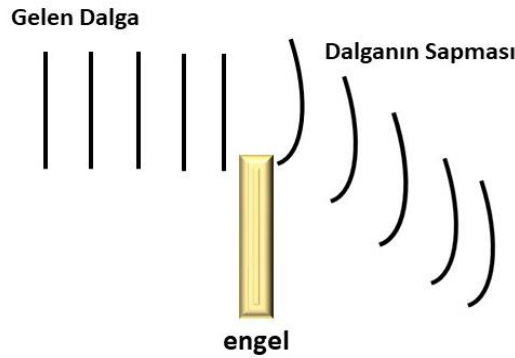


Şekil 2.12. Farklı bir ortama geçen dalganın kırılması

Ses dalgalarının kırılması, açık havada müzik yapılan bazı durumlar dışında müzik için çok önem taşımaz.

#### 2.2.2.3. Kırınım

Kırınım, kırılmaya benzer bir olaydır. Fakat kırınım olayında, dalga farklı bir madde sınırına geçerek hız değiştirmedeği halde düz bir çizgide hareket etmeyerek sapar (Bkz. Şekil 2.13). Bunun nedeni dalga yüzeyinin bir ucunun bir engelle sürtünerek yavaşlamasıdır. Kırılma yalnızca dalga boyu engelin boyutuna yakın olduğunda gerçekleşir.

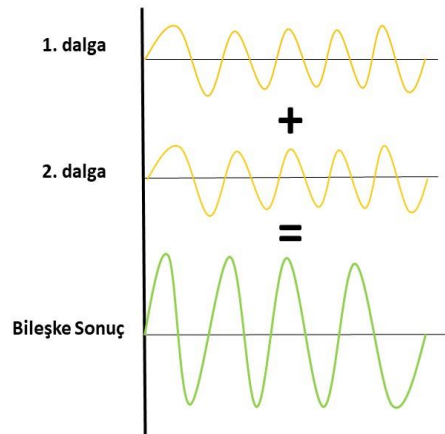


Şekil 2.13. Engelle sürtünerek kırınımına uğrayan dalga

#### 2.2.2.4. Binişim

Binişim, müzik için önemli bir fizik olayıdır. Binişim, iki dalganın bir ortamda bir araya gelerek binişmesidir. Bu binişim daha büyük ya da daha düşük genlikli yeni dalgaların oluşumuna sebep olur. Saf seslerin bir araya gelerek bileşik dalga formları üretme hadisesi akustik enstrümanlarda doğal olarak meydana gelen bir durumdur. Örneğin; Kemanda çift ses gam çaldığımızı düşünelim. Matematiksel olarak birbiriyle ilişkili frekans değerine sahip olan dalgalar diğer bir deyişle uyumlu aralıklara sahip notalar bir araya gelerek (binişerek) kulağa hoş gelen yeni bir tını oluştururlar. Çift ses gamlarında çalınan notaların arasındaki aralık kalıbı değişmediğinden uyumsuz sesler ortaya çıkmayacaktır. Fakat birbiri ile matematiksel olarak ilişkisi bulunmayan sesler ya da dalgalar bir araya geldiğinde kulağı rahatsız eden uyumsuz tınılar ortaya çıkacaktır. Birbirine çok yakın frekans değerine sahip dalgalar biniştiğinde de aynı şekilde rahatsız edici bir tını ortaya çıkar. Bu duruma örnek olarak, akordu aynı frekansta yapılmayan iki kemanın aynı anda aynı notayı çalmasını gösterebiliriz. Böyle bir durumda binişen iki dalga arasında oldukça az bir frekans değeri olduğundan uyumlu bir tını ortaya çıkmayacak aksine dinleyiciyi rahatsız edecektir. Zaten müzik, matematiksel olarak birbiriyle ilişkili ses dalgalarının bir araya gelmesi sonucu oluşur.

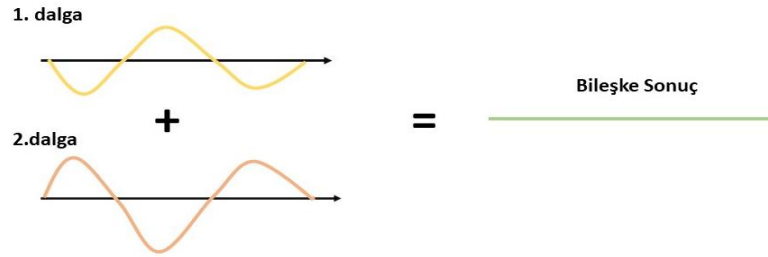
Aynı tipte dalgaların binişerek kendi genliklerinin iki katı bir genliğe sahip olmalarına yapıcı binişim denir (Bkz. Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Yapıcı binişim

Ters yönlü iki dalga ( $180^\circ$  derecelik faz farkı dışında) biniştiğinde ise binişen iki dalga birbirini yok eder (Bkz. Şekil 2.15).

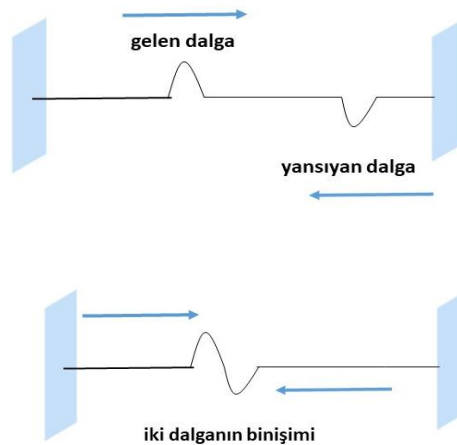
Bu olaya yıkıcı binişim ya da dağılım denir. Ses dalgalarının yıkıcı binişimi konser salonlarının ve oditoryumların tasarımında dikkat edilmesi gereken bir konudur. Bu mekanlar akustik olarak yıkıcı binişimi azaltacak şekilde tasarlanmalıdır. Otomobillerde ve stereo kulaklıklarda ise gürültüyü yok etmek için bu fenomenden faydalanılan teknolojiler kullanılır.



Şekil 2.15. Yıkıcı binişim

İki dalga bir araya geldiğinde ortaya çıkan bir diğer dikkat çekici etki ise duran dalgalar ya da duran vuruların oluşumudur. Gergin bir tel çekildiğinde, oluşan dalgalar telin bir ucundan diğer ucuna doğru hareket eder. Tel çekildiğinde elastik ortamda oluşan enerji, ortam boyunca enine titreşimler şeklinde seyahat etmeye başlar. Enine hareket eden titreşimler, dalga genliğinin yayılım yönünde doğru bir açıda olduğunu ifade eder (Romine, 2004).

Telin iki ucuna doğru hareket eden dalgalar bağlantı noktalarından yansıyarak geri dönerler. Tel art arda çekildiğinde yansıyıp geri dönen dalgalar gelen dalgalarla üst üste gelerek binişirler (Bkz. Şekil 2.16).

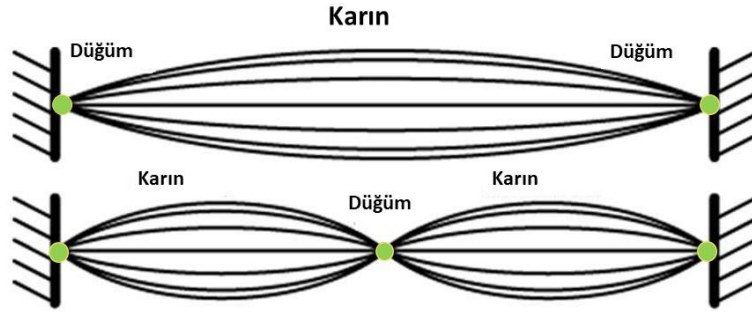


Şekil 2.16. Gelen ve yansıyan dalganın binişimi

Binişim sonunda duran dalgaların oluşup oluşmaması şu koşullara bağlıdır;

- 1) Dalgaların tel boyunca hareket ettikleri hıza
- 2) Telin boyuna
- 3) Dalgaların periyoduna

Bir dalga, bir gidiş ve yansıyarak dönüşü kendi periyoduna eşit bir sürede yaparsa, binişim sonunda tel üzerindeki bazı noktalar titreşmez ve sabit kalır. Diğer noktalar titreşerek bir dalga oluşturur. Fakat bu dalga hareket etmez yani duran dalgadır (Bkz. Şekil 2.17). Bu anda tel denge konumundadır çünkü dalgalar birbirini yok eder. Bir süre sonra dalgalar yollarına devam eder (Zeren, 2014, s.31).



Şekil 2.17. Telde oluşan duran dalgalar (http-7)

Şekil 2.17’de yeşil noktalar ile hareketsiz kalan kısımlar gösterilmiştir. Bu hareketsiz noktalara “*düğüm*” denir. Düğüm noktalarının arasında ise bir tane “*karın*” bulunur. Tellerin titreşmesiyle oluşan duran dalgalar yaylı çalgıların temel frekansını oluşturur.

## 2.3. Ses Niceliği

### 2.3.1. Ses gücü

Ses gücü, ses kaynağından 1 saniyede yayılan akustik enerji miktarıdır. Ses gücü, herhangi bir kaynaktan ses çıkarmak için harcanan enerji ile karıştırılmamalıdır. Çünkü ses çıkarmak için harcanan enerji ve ses kaynağından çıkan enerji büyüklük bakımından büyük farklılık gösterir.

“*Kaynaktan yayılan sesin gücünün, kaynağı ses verir hale getirmek için harcanan güce oranı, kaynağın ses verimini gösterir. Bütün çalgıların ses verimi %1’in altındadır*” (Zeren, 2014, s.49).

Görüldüğü gibi enstrümandan ses çıkarmak için harcanan enerji, çıkan sesin enerjisinden oldukça fazladır. Bir başka deyişle, enstrümanların ses veriminin azlığı sebebiyle, bir icracının enstrümanından ses çıkartmak için harcadığı enerjinin, yüzde doksan dokuzundan fazlasının boşa gittiği söylenebilir. Çünkü enerjinin büyük kısmı enstrümandaki direnç ve sürtünme ile başa çıkmak için harcanır.

Örneğin, bir piyanist forte<sup>7</sup> bir pasajı çalmak için piyanoya yaklaşık 200 watt güç uygular fakat bu güç sese dönüştüğünde yaklaşık 0,4 watt gücünde bir ses elde edilir (http-8).

Ses gücünün birimi watt'tır. Watt "W" harfiyle gösterilir. Bazı ses kaynaklarından çıkan en güçlü ve en güçlü olmayan sesler watt olarak Tablo 2.2'de gösterilmektedir.

**Tablo 2.2.** Farklı ses kaynaklarından çıkan en büyük ve en büyük olmayan güçler (Zeren, 2014, s.51)

| Ses Kaynağı                        | Güç (W)    |
|------------------------------------|------------|
| 75 Kişilik Orkestra ( <i>fff</i> ) | 70         |
| Grand Casa (büyük davul)           | 25         |
| Tramper                            | 12         |
| Trombon                            | 6          |
| Piyano                             | 0,4        |
| Trompet                            | 0,3        |
| Kontrbas                           | 0,16       |
| 75 Kişilik Orkestra ( <i>mf</i> )  | 0,09       |
| Flüt                               | 0,06       |
| Klarnet                            | 0,05       |
| Korno                              | 0,05       |
| Triangle                           | 0,05       |
| Ortalama Konuşma Sesi              | 0,000 0024 |
| En Hafif Keman Sesi ( <i>ppp</i> ) | 0,000 0038 |

### 2.3.2. Ses yeğlinliği

Ses yeğlinliği<sup>8</sup>, belirli bir alandan birim zamanda geçen enerji miktarıdır. Ses yeğlinliğinin birimi watt/metre<sup>2</sup> 'dir. (W/m<sup>2</sup>) Ses yeğlinliği, çoğu zaman ses gürlüğü ile karıştırılır ve ikisinin eş anlamlı olduğu düşünülür. Oysa gürlük, öznel bir terimdir.

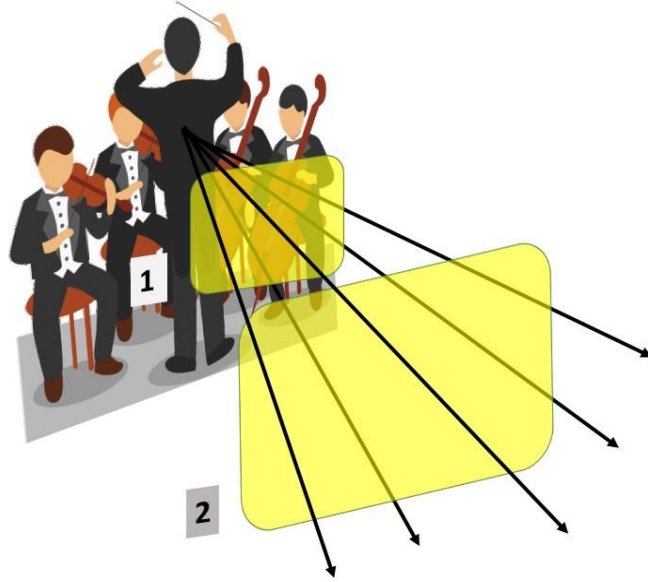
Ses yeğlinliği ise başka parametrelerle bir araya gelerek ses gürlüğüne etkileyen nesnel bir faktördür. Her insan belli bir yeğlinlikteki sesi aynı gürlükte duymayabilir.

Örneğin, daha yaşlı insanlar belirli bir yeğlinlikteki sesi gençler kadar gür işitmezler (Parker, 2015, s.29). Dolayısıyla, gürlük özneye bağlı bir kavramdır demek yanlış olmaz.

<sup>7</sup> Forte, kuvvetli çalmak gerektiğini ifade eden bir nüans terimidir.

<sup>8</sup> Yeğlinlik bir fizik terimidir. Bir gücün ya da bir etkinliğin gittikçe yükselme ya da alçalma durumlarından her biri, derecesi.

Bir ses dalgasının boyu uzadıkça dalga dışarıya doğru yayıldığından birim alana düşen enerji miktarı azalacaktır. Bu durumda ses yegınlığı de azalır (Bkz. Şekil 2.18). Konser salonlarında arka sıralarda oturan dinleyicilere sesin azalarak gitmesinin sebebi bu fizik olaydır.



**Şekil 2.18.** Ses kaynağından çıkan ses dalgalarının dışa doğru yayılması ve Bu yüzden 1. yüzeyden geçen enerji miktarından sonra 2. yüzeyden geçen enerji miktarının da daha geniş alana dağılması

İnsanların her gün işittiğı seslerin şiddetleri ciddi farklılıklar gösterir. Bu farklılıkları sağlıklı ölçebilmek için fizikçiler 10'un katlarına dayalı bir ölçme sistemi geliştirmişlerdir. Bu logaritmik ölçeğe, *desibel ölçeğı* adı verilir.

Desibel ölçeğı adını ünlü bilim adamı Alexander Graham Bell'den alır. İşitme eşiğı (duyabildiğimiz sesler) 0 desibel (0 dB) olarak ölçeklendirilir. 0 desibel olan bir ses yegınlık olarak  $1 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$  olarak karşılık bulur. Bundan 10 kat daha yoğun olan bir sesin ( $1 \cdot 10^{-11} \text{ W/m}^2$ ) ses seviyesi 10 desibeldir. 100 ( $10 \cdot 10$ ) kat daha yegın bir ses ise ( $1 \cdot 10^{-10} \text{ W/m}^2$ ) 20 desibel olarak ölçeklendirilir. 1000 ( $10 \cdot 10 \cdot 10$ ) kat yegın bir ses ise ( $1 \cdot 10^{-9} \text{ W/m}^2$ ) 30 desibel olacaktır. Aşağıda Tablo 2.3'te sık rastlanan bazı seslerin yegınlıkları ve yegınlıklarına karşılık gelen desibel ölçekleri verilmiştir.

**Tablo 2.3.** Bazı seslerin yeğinlikleri ve desibel ölçekleri (<http-9>)

| Ses Kaynağı                     | Yeğinlik                       | Yeğinlik Seviyesi (dB) | İşitme Eşiği |
|---------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------|
| İşitme Eşiği                    | $1*10^{-12}$ W/m <sup>2</sup>  | 0 dB                   | $10^0$       |
| Yaprak Hışırtısı                | $1*10^{-11}$ W/m <sup>2</sup>  | 10 dB                  | $10^1$       |
| Fısıldamak                      | $1*10^{-10}$ W/m <sup>2</sup>  | 20 dB                  | $10^2$       |
| Normal Konuşma Sesi             | $1*10^{-6}$ W/m <sup>2</sup>   | 60 dB                  | $10^6$       |
| Yoğun Şehir Trafikliği          | $1*10^{-5}$ W/m <sup>2</sup>   | 70 dB                  | $10^7$       |
| Elektrik Süpürgesi              | $1*10^{-4}$ W/m <sup>2</sup>   | 80 dB                  | $10^8$       |
| Geniş Kadrolu Orkestra          | $6.3*10^{-3}$ W/m <sup>2</sup> | 98 dB                  | $10^{9.8}$   |
| Bir Rock Konserinin Ön Sıraları | $1*10^{-1}$ W/m <sup>2</sup>   | 110 dB                 | $10^{11}$    |
| Acı Veren İşitme Eşiği          | $1*10^1$ W/m <sup>2</sup>      | 130 dB                 | $10^{13}$    |
| Askeri Jet Havalanması          | $1*10^2$ W/m <sup>2</sup>      | 140 dB                 | $10^{14}$    |
| Kulak Zarının Delinmesi         | $1*10^4$ W/m <sup>2</sup>      | 160 dB                 | $10^{16}$    |

### 2.3.3. Ses basıncı

Ses basıncı, sesin yayılma doğrultusunda yüzeye dikey etki eden, titreşimlerin oluşturduğu ses dalgası kuvvetidir. Kuvvetli bir sesin, ses dalgası kuvveti fazla olacağından ses basıncı da fazla olur. Aynı şekilde düşük kuvvette bir ses dalgasının basıncı da düşük olur. Ses basıncının birimi “pascal” (Pa)’dır. Pascal, metrekareye düşen kuvvete eşittir.

$$Pascal (Pa) = \frac{Kuvvet (N)}{Yüzey (m^2)} \quad (2.1)$$

İnsanın işitebildiği en küçük ses basıncı 20 mikropascal (0,00002 Pa)’dır. Ses dalgasının basıncı, sesin ne kadar gür duyulduğu ile yakından ilgilidir.

Çünkü ses basıncı arttıkça kulak zarına ulaşan titreşimlerin kulak zarına uyguladığı basınç da artar ve böylelikle ses daha gür duyulur hale gelir.

İnsan kulağı oldukça hassas olduğundan ses basıncı da tıpkı ses yeğlinliği gibi logaritmik desibel ölçeği ile ölçülür. Tablo 2.4’te bazı seslerin basınç değerleri ve o değerlere karşılık gelen desibel ölçekleri verilmiştir.

**Tablo 2.4.** Bazı seslerin basınçları ve desibel ölçekleri (http-10)

| Ses Kaynağı                                                       | Ses Basıncı (Pa) | Ses Basınç Düzeyi (dB) |
|-------------------------------------------------------------------|------------------|------------------------|
| İşitme Eşiği                                                      | 0,00002          | 0                      |
| Yaprak Hışırtısı                                                  | 0,0000632        | 10                     |
| Normal Konuşma Sesi                                               | 0,01             | 54                     |
| Televizyon sesi (ev)                                              | 0,02             | 60                     |
| Yol Kenarından Duyulan Binek Otomobil Sesi                        | 0,01             | 74                     |
| Jet Motoru Sesi (100 yarda mesafeden)<br>(100 yarda = 91.44metre) | 100              | 134                    |
| Oldukça Yüksek Sesli Rock Grubu                                   | 200              | 140                    |
| Jet Motoru Sesi (1 yarda mesafeden)<br>(1 yarda = 91,44cm)        | 630              | 150                    |

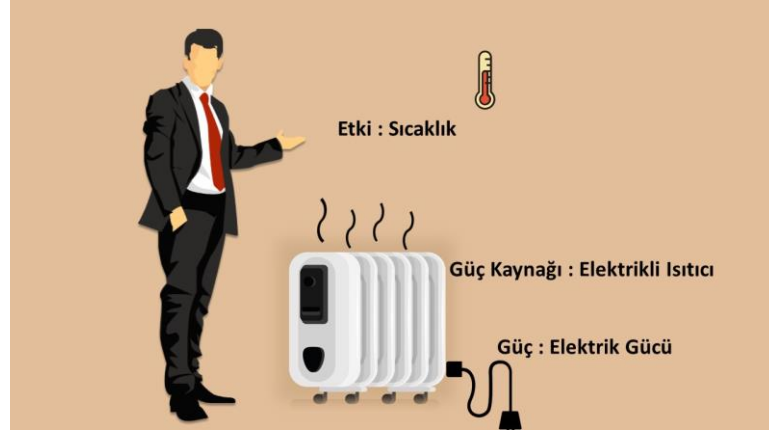
#### 2.3.4. Ses gücü ve ses basıncı ayrımı

Ses gücü genellikle çevreye bağlı değildir. Ses basıncı ise aksine ses kaynağına olan uzaklıkla ve ses dalgasının üretildiği akustik çevre ile yakından ilgilidir.

Ses gücü ve ses basınç seviyesi arasındaki bu ayrım, bir ısıtıcının gücü ve ürettiği ısı ile açıklanabilir. Geniş bir odada ısıtıcının yakınında durursanız ısıyı hissedebilirsiniz. Fakat ısıtıcıdan uzaklaşarak odanın başka bir köşesine giderseniz ısıyı aynı derecede hissetmezsiniz. Hatta ısıyı hiç hissetmeyebilirsiniz. Isıtıcının gücü sabittir fakat hissedilen sıcaklık ısıtıcıya olan uzaklığınıza ve bulunduğunuz odanın özelliklerine göre değişir (Bkz. Şekil 2.19). Isıtıcı aynı güçle iyi yalıtılmış bir odada yalıtılmamış bir odaya göre daha çok ısı üretir (http-11).

Aynı şekilde, bir ses kaynağının ses gücü sabitken, ses basıncı seviyesi ses kaynağına olan uzaklığa ve ses kaynağının bulunduğu akustik ortama göre değişir (Bkz. Şekil 2.20).

Örneğin, sabit güçte bir ses kaynağı, küçük yankılı bir odada, büyük fakat sesi absorbe<sup>9</sup> eden bir akustik ortama göre daha çok ses üretir.



Şekil 2.19 Isıtıcı ve sıcaklık örneği



Şekil 2.20 Ses gücü ve ses basıncı örneği

Sonuç olarak, ses gücü, ses yegınlığı ve ses basıncı desibel ile ifade edilen akustik niceliğı belirten miktarlardır. Bu üç parametre de sesin farklı bir boyutunu ifade eder ve desibel her biri için farklı ölçüm büyüklüklerini simgeler.

---

<sup>9</sup> Soğurma.

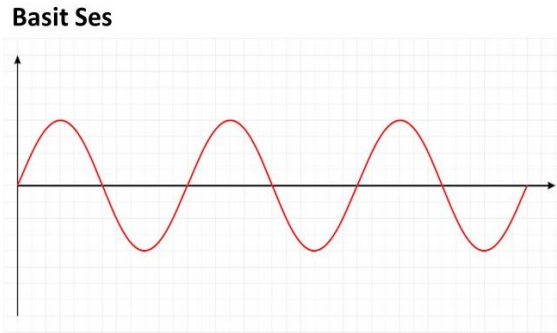
### 3. KEMANDA YAY İLE SES ÜRETİMİ

İkinci bölümde, herhangi bir sesin meydana gelişinde ortaya çıkan fiziksel süreçleri, temel akustik kavramları ve değerleri inceledik. Bu bölümde ise öncelikle, kemanda yay ile ses üretiminde meydana gelen süreçleri ve bu süreci etkileyen yay materyallerini inceleyeceğiz. Sonrasında, kemanda yay ile ses üretiminin teknik analizini yapacağız.

Kemandan ya da herhangi bir enstrümandan üretilen ses, basit ses değildir, müzik sesidir. Öyleyse öncelikle müzik sesini diğer seslerden ayıran özellikleri bilmek gerekir.

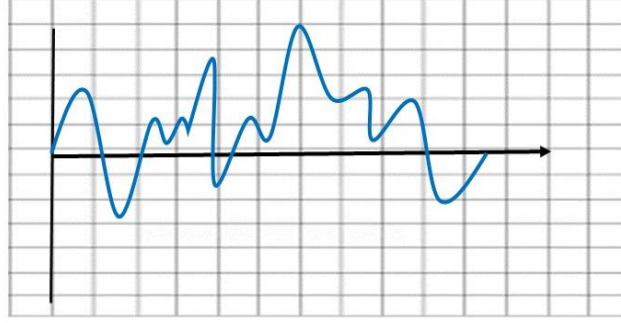
#### 3.1. Müziğin Oluşumu

“Müzik sestir ancak çok özel tipte bir sestir” (Parker, 2015 s.15). Müzik basit ses dalgalarından oluşmaz. Basit bir sesin müziğe dönüşebilmesi için bazı kriterler gereklidir. Her şeyden önce müzik planlı ses grupları içerir. Müzik seslerinin belirli bir periyodu ve frekansı vardır. Aynı zamanda müzikte ani dalga değişimlerine rastlanmaz. Dolayısıyla çalgılar basit ses dalgaları değil, belirli bir periyodu ve frekansı olan ses kümeleri oluştururlar. Müzik ses ile birlikte armoni, ritim ve duygusal ifadeler gibi öğeleri de içinde barındırır. Müzik sesi, monotonik (tek düze) ve politonik (çoklu) olmak üzere iki sınıfta değerlendirilir. Saat alarmı, kapı zili ve telefon zili gibi sesler monotonik sesler sınıfına girer. Gerçek müzik ise politoniktir (http-12). Politonik müzik, saf ses karışımlarından oluşan uyumlu seslerdir. Aşağıdaki şekillerde basit ses, gürültü ve müzik sesinin dalga görüntüsünü göreceksiniz (Bkz. Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3).



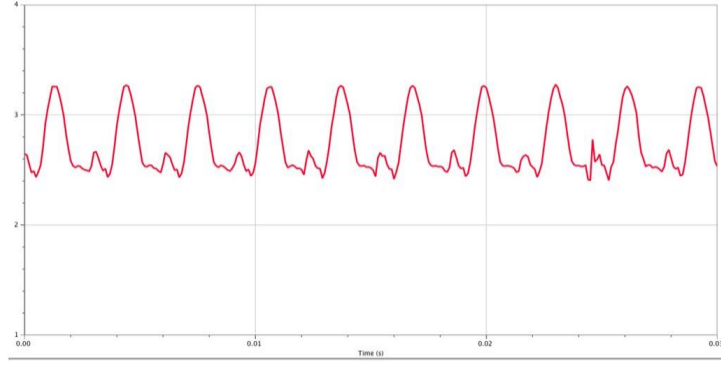
**Şekil 3.1.** Basit sesin görüntüsü (temsili)

### Gürültü



Şekil 3.2. Gürültünün görüntüsü (temsili)

### Müzik



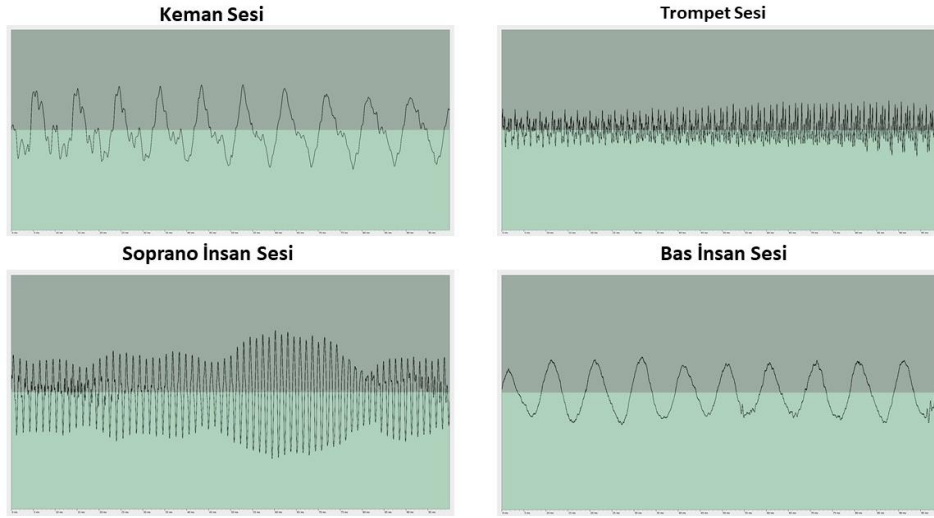
Şekil 3.3. Saksafon ile icra edilmiş müzik görüntüsü (http-13)

Görüldüğü gibi basit sesin grafiği oldukça yalınken, gürültünün grafiği oldukça karışık ve düzensizdir. Zaten uyumsuz, düzensiz ve rahatsız edici sesler gürültü olarak tanımlanır. Müzik sesinin grafiği, gürültü ile karşılaştırıldığında daha basit yapıdadır. Fakat bu müziğin basit ses olduğu anlamına gelmez.

Müzikal enstrümanlar doğal olarak karmaşık dalga formları üretirler. Bir enstrüman ile üretilen tek bir notanın bile matematiksel olarak birbiri ile ilişkili birden çok frekansı vardır (Rogers, 2013, s.69). Eğer bir nota farklı enstrümanlar ile seslendirilirse insan kulağı farkı hemen ayırt edecektir. Fakat insanlar farklı enstrümanlardan yayılan bu frekans karışımlarını ayrı ayrı değil tını olarak duyar. Örneğin, orta oktav do sesi hangi enstrümanla çalınırsa çalınırsın 256 Hz'lik bir frekans değerine sahip olacaktır fakat enstrümanların ses şiddeti aynı olsa bile farklı tınlar ortaya çıkacaktır. Tını, müziğin temel yapıtaşlarından biridir. Öyleyse enstrümanların karakteristik özelliklerini belirleyen tınıyı ayrıca ele almak gerekir.

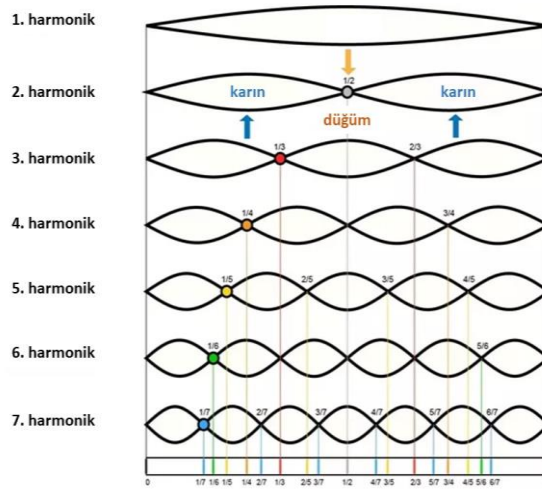
### 3.1.1. Tını

Tını, ses dalgası tarafından üretilen işitsel ve tonsal özellikler olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle, bir sesi aynı yükseklikteki ve şiddetteki diğer seslerden ayıran nitelikler bütünüdür. Tını, ses rengi ve ton kalitesi olarak da adlandırılabilir. Bir enstrümanın tınısı, dalga boyuna, harmoniklerine, frekansına ve yeğinliğine bağlıdır. Şekil 3.4’te farklı müzikal kaynaklardan çıkan seslerin osiloskoptaki grafiklerini göreceksiniz.



Şekil 3.4. Farklı müzikal kaynaklardan çıkan seslerin grafiği (http-14)

Do sesinin her enstrümanda farklı tınlamasının sebebi bu notanın değişik frekanslara sahip çeşitli dalga boylarından ortaya çıkmış olmasıdır. Basit seslerin bir araya gelmesiyle oluşan karmaşık müzik frekansları genellikle birbirinin tam katıdır. Aynı notayı çeşitli enstrümanlarda farklı kılan da frekanslar arasındaki bu matematiksel ilişkidir. Bahsi geçen frekansları ortaya çıkaran, bu diğer dalgalara “*harmonikler*” ya da “*doğuşkanlar*” denir. Harmonikler her zaman temel frekansın tam sayı katıdır (Bkz. Şekil 3.5). Temel frekans ve oluşan harmonikler ses spektrumunu oluşturur. Genellikle enstrümanların doğuşkanları harmoniktir. Sadece zil ve çan gibi enstrümanların harmonik olmayan yani rastgele matematiksel değerlere sahip olan doğuşkanları vardır (Parker, 2015, s.73).



Şekil 3.5. Temel frekans üzerine oluşan harmonikler (<http-15>)

Her enstrümanın harmoniklerinin frekansı ve bu harmoniklerin genlikleri farklıdır. Zaten duyumsadığımız tınısal farklılıklar bundan ileri gelir. Aynı çalgı grubundaki iki çalgıda (örneğin, iki kemanda) aynı nota icra edildiğinde bile tınısal sonuçlar birebir aynı olmayacaktır. İki keman icracısının yay ile boş telde la notası çaldığını düşünelim. Bahsi geçen iki kemanın da akordu 442 Hz'lik la notası referans alınarak yapılmış olsa bile, la boş telden elde edilen tını birebir aynı olmayacaktır. Çünkü öncelikle, her enstrüman yapısal olarak farklılıklar gösterir. Aynı zamanda yayın yapısal özellikleri de elde edilen tınıyı büyük ölçüde etkiler. Ayrıca her icracının ses üretme yöntemi ve ses üretmek için yaptığı ataklar farklı olduğu için, farklı icracıların aynı enstrümandan elde ettikleri tını da farklılıklar gösterecektir. Yayın yapısal özellikleri ve yay ile ses üretme yöntemleri ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

## 3.2. Kemande Sesin Oluşumu

### 3.2.1. Tellerin titreşimi

Keman da dahil olmak üzere bütün yaylı çalgılarda ses kaynağı gerilmiş tellerdir. Klasik Yaylı çalgılar ailesindeki enstrümanlarda, tel uzunlukları aynı fakat farklı frekansta titreşmeleri için kalınlıkları, kütleleri ve gerilme kuvvetleri farklı dört adet gerilmiş tel bulunmaktadır. Akustik kasa üzerine gerilen teller enstrüman üzerinde muazzam bir basınç oluştururlar. Yaylı çalgılarda boyut büyüdükçe tellerin kütlesi, boyu ve gerilme kuvvetleri de artar. Dolayısıyla gergin tellerin enstrüman üzerinde yarattığı basınç da artmış olur.

Aynı enstrümanda farklı materyallerde tel kullanıldığında da basınçta değişiklikler meydana gelir. Keman yapımcısı Filip Kujiken, 440 Hz'e akortlanmış 328 mm'lik standart keman telleriyle keman köprüsü üzerinde tellerin oluşturduğu kuvveti şöyle ölçümlemiştir;

Çelik Mi Teli – 3 Kg

Sentetik Alaşımli Alüminyum Kaplama La Teli – 2,15 Kg

Sentetik Alaşımli Alüminyum Kaplama Re Teli – 1,95 Kg

Sentetik Alaşımli Alüminyum Kaplama Sol Teli – 1,85 Kg

Perlon, Alüminyum Kaplama La Teli – 2,20 Kg.

Perlon, Alüminyum Kaplama Re Teli – 1,75 Kg

Perlon, Gümüş Kaplama Sol Teli – 1,80 (http-16).

Bu ölçümlerden de anlaşılabileceği gibi tel materyali basınçta değişikliklere sebep olsa da bir keman köprüsü üzerinde oluşan basınç yaklaşık 9 kilogramdır.

Kemanda ve diğer yaylı çalgılarda gerilmiş dört tel *pizzicato* tekniği<sup>10</sup> ile çekilerek ya da yay ile tel üzerinde sürtünme oluşturularak uyarılabilir. Uyarılan gergin telde oluşan titreşimler köprü yoluyla rezonans kutusu görevi gören enstrüman gövdesine iletilir. Böylece hem enstrüman gövdesi hem de enstrüman gövdesinin içerisindeki hava titreşir ve oluşan titreşimler f delikleri yoluyla iletici ortam olan havaya ulaşır. Birinci bölümde, en yaygın iletici ortamın hava olduğundan bahsetmiştik. Oluşan titreşimlerin havaya ulaşmasıyla ses açığa çıkmış olur. Gergin bir tel vurularak uyarıldığında oluşan dalgaların telin bir ucundan diğer ucuna yansıyarak hareket etmesini ve bu hareketin sonucunda karşılaşan dalgaların binişerek yeni dalga formları üretmesini binişim konusunda görmüştük. Dalga binişimi ve binişim sonucu meydana gelen duran dalga olgusu yaylı çalgılardaki ses üretim sürecinin temelini oluşturur. Ayrıca yaylı çalgılarda titreşen tel, aynı anda birden fazla harmonik (doğuşkan) oluşturarak enstrümanı ayırt edici tınısal özellikleri de oluşturmuş olur.

Bir yaylı çalgı icracısı, bir telden farklı notalar elde edebilmek için sol el parmakları ile tuşenin belirli noktalarına basarak gergin enstrüman telinde düğümler oluşturur. Bu sayede telin boyu kısalır ve telden daha tiz sesler elde edilir.

---

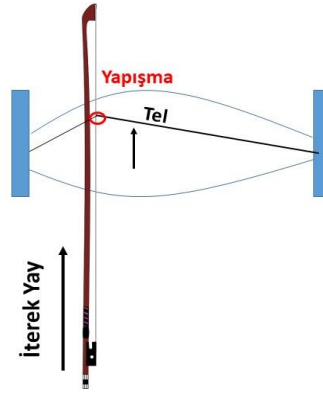
<sup>10</sup> Yaylı çalgılarda, parmak ile teli çekerek ses çıkarma tekniği.

İcracının teli uyarış biçimi ve teli uyardığı nokta enstrümandan elde edilen ses ve tını özellikleri açısından çok önemlidir. Telin uyarıldığı noktaya göre ortaya çıkan harmonikler de farklı olacaktır. İcra tekniğinde ses noktası olarak adlandırılan bu durumu ilerleyen bölümlerde ayrıca ele alacağız.

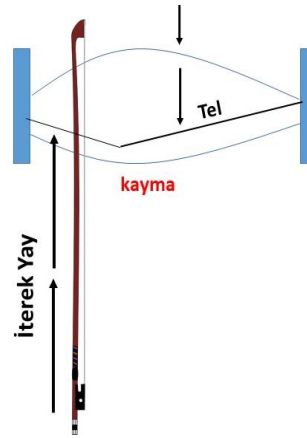
### 3.2.2. Yaylama olayı

Yaylı çalgılarda, yay ses üretim sürecinin temel unsurudur. Ayrıca yay, bir yaylı çalgılar icracısı için en önemli ifade aracıdır. Kemanda yay ile ses üretimi sürecinde, yayı oluşturan materyaller, yayın konumu (ses noktası), hızı, basıncı ve yayın eğimi gibi etmenler büyük önem taşır. Bu etmenleri ayrıca inceleyeceğiz. Bu bölümde yay ile uyarılan telde meydana gelen fiziksel süreçleri göreceğiz.

Yay, tel üzerinde sürtünme kuvveti oluşturarak gergin telleri titreştirir. Yayın tel üzerinde statik sürtünme ve dinamik sürtünme olmak üzere iki tip sürtünme kuvveti oluşturduğu bilinir. Telin bir uyarı ile denge konumu bozulduğunda iki yeni doğru sürekli gidip geldiğini basit harmonik hareket konusunda görmüştük. Telin, yayın yarattığı sürtünme kuvvetiyle denge konumu bozulduğunda, yay yapışıp yay ile aynı yönde hareket etmesine statik sürtünme denir (Şekil 3.6). Telin yay ile aynı yönde hareket ettikten sonra bir süreliğine yaydan ayrılıp ters yönde hareket etmesine ise dinamik sürtünme denir (Bkz. Şekil 3.7). Bu olgu fizikte yapışıp-kayma (stick and slip) olarak ya da “*Helmholtz motion*” (Helmholtz hareketi) şeklinde adlandırılır. Yapışma, statik sürtünmeyi kayma ise dinamik sürtünmeyi ifade eder. Tel sürtünme boyunca hareketini sürdürür. Böylece yapışıp-kayma döngüsü durmadan devam eder. Bu döngü saniyenin binde biri gibi bir sürede oluşur. Bir icracı keman üzerinde yayını tek bir kere ittiğinde ya da çektiğinde bile binlerce yapışıp-kayma döngüsü oluşur (http-17). Sesler tizleştikçe diğer bir deyişle seslerin frekans değeri arttıkça yapışıp-kayma döngüsü de artar.

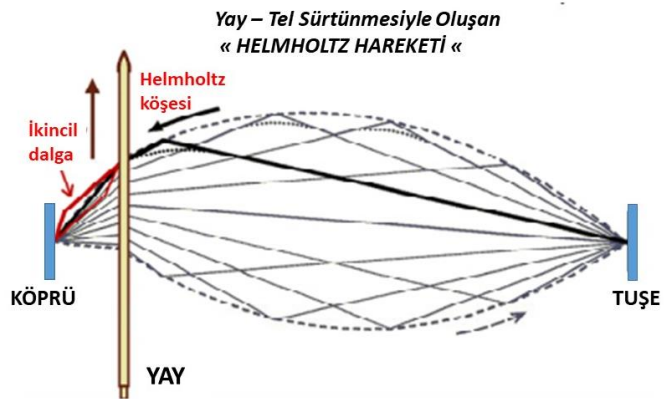


Şekil 3.6. Statik sürtünme (yapışma)



Şekil 3.7. Dinamik sürtünme (kayma)

Yapışıp-kayma döngüsü sırasında tel kavisli değil köşeli bir form oluşturur. Telde titreşim sırasında oluşan bu köşelere “*Helmholtz corner*” (Helmholtz köşesi) denir. Şekil 3.8’de “*Helmholtz hareketi*” ve “*Helmholtz köşesi*” gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Yay ve tel sürtünmesiyle oluşan Helmholtz hareketi ve Helmholtz köşesi (http-18)

Yapışıp-kayma olayı sadece çekme kuvvetine bağlı değildir. Birbirine geçen parçaların kütleli özellikleri, katılıkları, kimyasal soylukları gibi özellikleri de bu hareketin gerçekleşmesinde büyük önem taşır. Örneğin; gerilmemiş veya reçinelenmemiş kıllar ile bu hareketin gerçekleşmesi mümkün olmayacaktır ve bu yüzden ses üretimi de gerçekleşmeyecektir. Buna göre sürtünmenin oluşum sürecinde reçinenin de büyük önemi vardır. Bir yay kılı reçinelendiğinde, reçine parçacıkları kıl üzerine yapışır ve sürtünmenin etkisiyle bu parçacıklar milisaniyeler içerisinde ısınır. Isınan reçine parçacıkları statik sürtünmeyi hızla arttırırken, dinamik sürtünmeyi hafifçe azaltır. Artan statik sürtünme sayesinde yay kılı teli iyice kavrar ve böylece icracı ses üretimi sürecinde daha iyi sonuçlar elde eder. Kıllar üzerindeki reçine parçacıkları azaldığında statik sürtünmenin azalmasıyla artan kaymaları icracı performans sırasında hissetmeye başlar ve rahatsızlık duyar. Aynı rahatsızlık sürtünme sebebiyle kıllarda aşınma meydana geldiğinde de hissedilir. Çünkü eskiyen kıllar reçinelenirse bile tele yeterince tutunamaz. Yay, kemanda ses üretim sürecinin temel aracı olması sebebiyle yapısal olarak da ses üretimi sürecinde büyük etkilere sahiptir. Yay gövdesinin ve yay kılının karakteristik özellikleri hem çalma esnasındaki kontrol açısından hem de ses kalitesi üzerindeki etkileri bakımından ayrıca incelenmelidir.

### **3.3. Yayın Yapısal Özelliklerinin Ses Üretimine Etkileri**

Ses üretiminde sağ el icra tekniğinin çok büyük önemi olsa da yayı oluşturan materyaller ve bu materyallerin kalitesi doğrudan sesi etkileyen faktörlerin başında gelir. Yay kalitesi pek çok parametreyi içinde barındıran karmaşık bir konudur. İcracının kişisel tercihleri yay seçiminde önemli bir rol oynasa da bir yayın kaliteli olarak nitelendirilebilmesi için sahip olması gereken mutlak özellikler vardır. Bir yay çalma esnasında icracı tarafından kontrol edilebilmesi ve ses üzerindeki etkisi bakımından ele alınır. Yayın kontrolü daha çok arşe gövdesi ile ilgili bir konuyken, tonal etkiler daha çok yay kılı ile ilgilidir. Öyleyse yayın bu temel iki yapı taşını ayrı ayrı ele almak gerekir.

#### **3.3.1. Yay gövdesi**

Bir keman icracısı yeni bir yay denediğinde öncelikle yayın farklı sağ el tekniklerinde dengeli olup olmadığına bakar. Çünkü denge icra sırasındaki yay hakimiyeti açısından çok önemlidir. Söz konusu denge yay kütlelerinin ve ağırlığının yay gövdesi üzerindeki dağılımı ile ilgili bir konudur.

Bu ağırlık dağılımı, ağırlık merkezinin konumu, gövdenin direnci ve elastikiyeti gibi konuları da kapsar. Yayın söz konusu bu özelliklerini belirleyici faktör gövdenin yapıldığı malzemedir. Yay gövdesi genellikle, yılan ağacı, brazil ağacı, pernambuco ağacı gibi dayanıklı ve esnek tropik ağaçlardan yapılmaktadır.

İcracılar ve yay yapımcıları tarafından kaliteli olarak nitelendirilen yaylar genellikle Güney Amerika kökenli “pernambuco” ağacından (Bkz. Görsel 3.1) üretilen yaylardır.



**Görsel 3.1.** Pernambuco ağaç kesiti (<http-19>)

Kaliteli yaylarda bu ağacın tercih edilmesinin sebebi fazla yoğunluklu fakat elastikiyeti yüksek bir ağaç olmasıdır. Aynı zamanda bu ağaç düşük içsel sönümlemeye sahiptir.

Araştırmalar göstermektedir ki, bir pernambuco ağacının yoğunluğu 800-1000 kg/m<sup>3</sup>, elastikiyet kat sayısı ise (elastisite modülü<sup>11</sup>) 15-22 GPa aralığındadır. Birinci sınıf bir pernambuco ağacının elastikiyet kat sayısı 20 Gpa’nın, yoğunluğu ise 970 kg/m<sup>3</sup>’nin üzerindedir (Askenfelt, 1995, s.25). Bir yayda kaliteyi belirleyen en önemli özelliğin elastikiyeti olduğu düşünülmektedir. Çünkü gövdenin elastikiyeti ne kadar fazla olursa kalıcı deformasyona uğramadan kuvvete dayanabilme gücü de o kadar artar.

İcracılar yayları genellikle “yumuşak – sert” şeklinde değerlendirirler. Bu değerlendirmeler, gövdede oluşan gerginliğin gövde boyunca dağılımı ile ilgilidir. Ünlü keman virtüözü ve keman pedagogu Carl Flesch, fazla esnek bir yay gövdesinde hâkimiyet kurmanın imkansız olduğunu, fazla sert bir yay gövdesinin ise sesi olumsuz etkileyeceğini söyler (Flesch, 1934, s.10).

---

<sup>11</sup> Young’s Modulus olarak da bilinen elastisite modülü, malzemede oluşan gerilme ve malzemenin şekil değiştirmesi arasındaki oranı ifade eden bir mühendislik terimidir. Birimi GPa (gigapascal)’dır.

Ivan Galamian da fazla sert ve dirençli bir yay gövdesinin sesi ne kadar kötü etkileyeceğini tahmin etmenin zor olmadığını, aynı zamanda böyle bir yay ile pek çok yay tekniğini icra etmenin imkânsız olacağını belirtmiştir (Galamian, 2013, s.44). Öyleyse yay gövdesinin elastikiyeti hem ses üretimi hem de sağ el icra teknikleri bakımından oldukça önemlidir. Yay sertliği ile ilgili yapılan bir ölçümde, öğrenci yayı olarak tanımlanan Çin yapımı bir yay, gövde boyunca eşit derecede kuvvet uygulanmıştır. Ve bu kuvvetin sonucunda özellikle yayın orta kısmında 3mm'ye varan sapmalar (bel verme) tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre yayın uçta ve topukta ortaya göre daha sert ve esnemez olduğu sonucu çıkmıştır (Askenfelt, 1995, s.25). Yay kalitesi ile ilişkili olarak söz konusu bu sertliğin nasıl değiştiği ile ilgili bilimsel bir çalışma yoktur. Ya da iyi sertlik kötü sertlik gibi belirlenmiş bir değer yoktur.

Yayın en ağır kısmı topuk<sup>12</sup> kısmıdır. En hafif ve hassas kısmı ise ucudur. Yay gövdesinin yapıldığı malzeme ne olursa olsun, yayın yapısından dolayı gövde boyunca ağırlık farklılıkları ortaya çıkacaktır. Yayın anatomik yapısından kaynaklanan bu farklılıkları icracılar performans sırasında sağ el basıncını değiştirerek tolare etmeye çalışırlar. Zaten yay gövdesi üzerinde meydana gelen en büyük basınç değişimleri de bu sayede gerçekleşir. İracıların uyguladığı basınç, ses üretiminin teknik analizi başlığı altında ayrıca incelenmesi gereken bir konudur. Ses üretimi söz konusu olduğunda yay gövdesiyle ilgili bir diğer önemli konu da ağırlıktır. Bir keman yayının ortalama ağırlığı yaklaşık 58 gramdır. Çok hafif bir keman yayı icra esnasında çok fazla basınç uygulamayı gerektirir ki bu icra bakımından olumsuz etkilere sebep olacaktır. Olması gerekenden ağır bir yay ise, özellikle yayın topuk kısmında uygulanan bazı ileri yay tekniklerinde icracının zorluk çekmesine sebep olacaktır (Flesch, 1934, s.10).

### 3.3.2. Yay kılı

İcra sırasında sürtünme kuvveti oluşturarak teli titreştiren ve ses üretimi sürecine doğrudan etki eden materyal yay kılıdır. Bu sebeple yay kılı önemle üzerinde durulması gereken bir unsurdur.

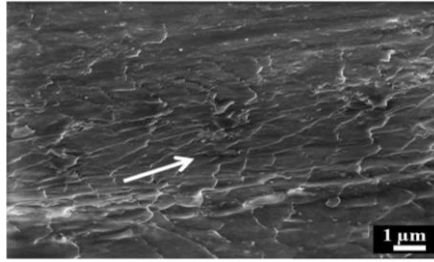
Yay kılı, atların kuyruğundan seçilmiş özel kıllardan imal edilir. Atnkuyruğundan toplanan kılların yalnızca %10'luk bir bölümü yay kılı olarak işlenebilir. İşlenerek kullanıma hazır hale gelen kılların uzunlukları, 64,76 ile 110 cm. arasında değişmektedir (H.Yaygingöl, 2018, s.65).

---

<sup>12</sup> Topuk, yayda kılları tutmak ve germek için çeşitli parçalardan oluşan bir mekanizmadır.

Kaliteli yaylarda Sibirya, Moğolistan, Kanada gibi soğuk iklime sahip olan yerlerde yetiştirilen atların kılları tercih edilir. Çünkü soğuk iklimde yaşayan atların kılları sıcak iklimde yaşayan atların kıllarına kıyasla daha kalın ve güçlü olur. Soğuk iklimlerde sıcak iklimlere göre daha az bakteri üremesi bu kalite farkına sebep olarak gösterilir. Yay kılları atların rengine göre beyaz, siyah, gri ve kahverengi tonlarında elde edilir. Viyolonsel ve kontrbaslarda tel kalınlığı fazla olduğu için daha kalın ve dirençli olan siyah yay kılı tercih edilebilir. Keman ve viyola da ise beyaz tonlardaki kıllar tercih edilir. Beyaz tonlardaki kıllar mutlaka beyaz atlardan elde edilmiş olmalıdır. Çünkü ağartma işlemi uygulanan kıllar zarar görecektir ve ses üretimi sürecinde olumsuz etkilere sahip olacaktır. Bu sebeple profesyonel icracılar yaylarında mutlaka doğal beyaz at kıllarını tercih eder.

Yay kılı yapısal olarak pek çok gözeneğe sahiptir. Görsel 3.3'te taramalı-elektron mikroskopunda<sup>13</sup> incelenmiş kullanılmamış kılta tele tutunmayı sağlayan gözenekler verilmiştir.



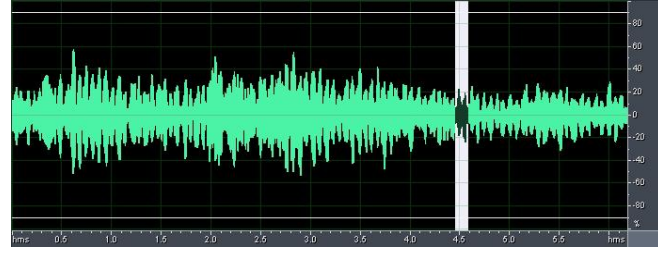
**Görsel 3.3. Yay kılı gözenekleri** (H.Yaygıngöl, 2018, s.73)

Doğada sürtünen her madde ısınır. Yay kılının da teller üzerindeki ileri geri hareketi ısının ortaya çıkmasına sebep olacaktır. Yay kılının reçine parçacıkları yardımıyla tele sürtünerek oluşturduğu ısı yaklaşık 40° - 60°C dereceleri arasındadır (Smith, 1990). Enstrüman teli yaklaşık 40° - 50°C dereceye kadar ısındığında hala kaliteli bir ton elde etmek mümkünken telin ısısı 60°C derecenin üstüne çıktığında enstrümandan iyi bir ton elde etmek imkânsız olacaktır (Askenfelt, 1995).

Tel ısısının bahsedilen derecelere ulaşabilmesi kuşkusuz performans esnasındaki hava koşullarına bağlıdır. Sıcak iklimlerde tel ısısı, yay kılının oluşturduğu sürtünme kuvveti ile üst limiti aşarak icra esnasında tonsal problemler yaratabilir.

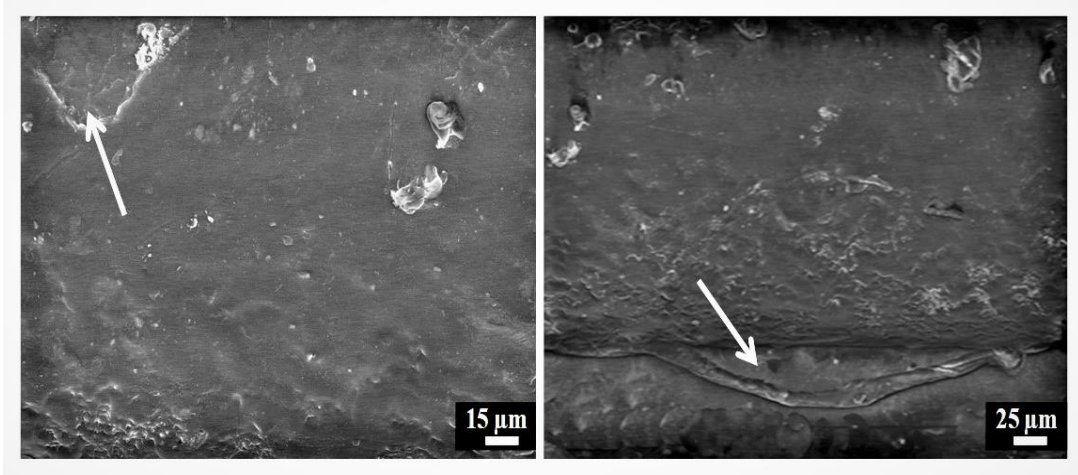
<sup>13</sup> Taramalı Elektron Mikroskopu, numune yüzeyine yüksek enerjili elektron demetleri göndererek cismi yaklaşık milyon defa büyütülmüş şekilde mikro yapısal olarak ayrıntılı şekilde incelemeye olanak sağlayan bir malzeme karakterizasyon cihazıdır.

İcra esnasında kullanılan sağ el teknikleri de ısı değişiminde büyük rol oynar. Yayın teller üzerindeki hızı arttıkça ortaya çıkan ısı da artacaktır. Yapılan araştırmalar 27°C derecelik bir oda ısısında, keman üzerinde *tremolo*<sup>14</sup> çalındığında tel sıcaklığının 33° dereceye kadar artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Görsel 3.2’de *tremolo* yay tekniğinin frekans görüntüsü verilmiştir. Oluşan titreşimlerin sıklığı belirgin bir şekilde görülmektedir. Çeşitli yay uygulamaları sonucunda oluşan sürtünme kuvvetiyle ortaya çıkan ısı telde daha çabuk düşerken yay kılı üzerindeki ısı daha kalıcıdır.



Görsel 3.2. Tremolo tekniğinin frekans görüntüsü (http-20)

Yay kılı üzerinde sürtünme kuvvetiyle ortaya çıkan ısı sebebiyle zamanla yay kılı aşınır. Bu aşınma sonucunda yay kılının gözeneklerinde azalmalar ve yırtılmalar meydana gelir. Yay kılında zamanla meydana gelen bu yapısal deformasyonlar, statik sürtünmenin azalmasına sebep olur. Statik sürtünmenin azalmasıyla kaymalar çoğalır ve ses üretim süreci olumsuz yönde etkilenir. Görsel 3.4’te incelenmiş eski beyaz yay kılına ait görüntüler verilmiştir. Ok ile işaretlenmiş bölgeler kıl dokusu üzerinde meydana gelen yırtılmaları ve doku kayıplarını göstermektedir.



Görsel 3.4. Kıl dokusunda meydana gelen doku kaybı ve yırtılma (H.Yaygıngöl, 2018, s. 72)

<sup>14</sup> Tremolo, yayı tel üzerinde çok hızlı bir şekilde ileri-geri hareket ettirerek bir notanın tekrarlanmasıdır. Terim İtalyanca titreme anlamına gelmektedir. Müzikte gerilimli tınlar elde etmek için kullanılır.

Tıpkı yay kılı gibi enstrüman teli de zamanla kullanıma bağlı olarak aşınır. Bu sebeple icracının telleri ve yay kılını periyodik olarak değiştirmesi gerekir. Enstrüman öğreticilerinin ise öğrencilerini bu konuda bilgilendirmesi oldukça önemlidir. Aksi takdirde öğrencinin ses üretim süreci olumsuz etkilenecektir. Tele tutunamayan yayda meydana gelen kaymalar ses kayıplarına sebep olacaktır. Öğrenci bu ses kayıplarını tolare edebilmek için gereğinden fazla basınç uygulayarak hatalı teknik beceriler geliştirebilir. Uygulanan orantısız basınç, kıl yapısının daha çok zarar görmesine yol açabilir.

Yay kılı söz konusu olduğunda, yay kılı reçineden bağımsız düşünülemez. Sürtünme kuvveti konusunda reçinenin sürtünmede nasıl bir işlevi olduğundan bahsetmiştik. Ses üretim sürecinde reçinenin belirli aralıklarla yay kılına uygulanması büyük önem taşır. Aksi takdirde yay kılı tellere tutunamaz ve statik sürtünme gerçekleşemez. Eğitimcilerin, öğrencilerine belirli aralıklarla reçine sürme alışkanlığını kazandırması ses üretim süreci açısından çok önemlidir.

Sonuç olarak yay, yapısal olarak gövdesi ve kıl malzemesi ile bir bütündür ve ses üretimine doğrudan etki eder. Bu sebeple profesyonel bir yaylı çalgılar icracısı için yay ve kıl kalitesi büyük önem taşır. İcraçı ancak doğru seçilmiş bir yay ve kaliteli bir kıl ile teknik becerilerini birleştirerek hedeflediği ses ve tınıya ulaşabilir.

### 3.4. Kemanda Yay ile Ses Üretiminde Sağ El Unsurları

Herkes tarafından beğenilen, kabul gören bir sese ve tınıya ulaşmak, enstrüman ile ilgili bütünsel bir kavrayışa ulaşmakla mümkün olabilir.

Bu bütünsel kavrayışta ancak mekanik ve estetik bir altyapıya sahip olarak kazanılır. Biz bu bölümde ses üretiminin sağ el bakımından mekanik gereklilikleri üzerinde duracağız.

Kneisel Quartet'nin kurucusu ünlü keman solisti Franz Kneisel, kendisiyle yapılan bir röportajda “*gerçekten güzel keman çalmanın sırrı yayda saklıdır*” demiştir (Martens, 2015, s.75). Bir keman ve keman yayı ne kadar kaliteli olursa olsun, doğru bir icra tekniği ile birleşmediği sürece ortaya çıkan sonuç tatmin edici olmayacaktır. Ses üretim sürecini şekillendirirken bazı sol el teknik unsurlarının etkisi olsa da süreci en fazla etkileyen sağ el teknik becerileridir. Diğer bir deyişle sağ elin mekanik gereklilikleri ses üretiminde en büyük rolü oynar. Bu sebeple Kneisel gibi pek çok solist ve pedagog profesyonel keman icracılığında sağ elin önemini vurgular.

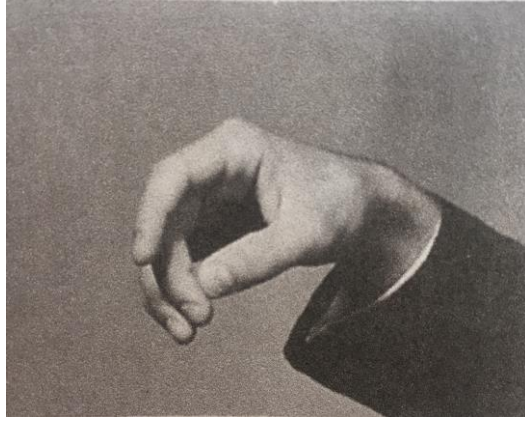
Ünlü keman pedagogu Ivan Galamian, sağ el prensiplerinin sağ kolun doğal hareketlerine adapte olarak şekillenmesinin zorunlu olduğunu vurgular ve sağ el tekniğini, yay sistemi (gövde ve kıl), tutuş, fiziksel hareketler ve düzgün yay vuruları olarak dört başlıkta ele alır. Söz konusu ses üretimi olduğunda ise sağ elin esnek hareketi ve yayın doğru açıda hareket etmesi üzerinde durur (Galamian, 2013, Dover Edition, s.55). Leopold Auer'e göre ise ses üretimi daha çok mental ve spiritüel olarak yoğunlaştırılması gereken bir konu olsa da, ünlü pedagog bu konuda yay tutuşunun önemini vurgular (Auer, 2014, Dover Edition, s.18). Sağ el yay teknikleri bütün olarak ayrı bir çalışma konusudur. Bu bölümde ses üretimi söz konusu olduğunda karşımıza çıkan sağ el yay unsurları ele alınacaktır. Doğru yapılandırılmış bir yay tutuş tekniğinden sonra ses üretimi ile ilişkili temel unsurlar hız, basınç ve tını noktası olarak üç başlıkta toplanır. Tele temas eden kıl genişliğini ifade eden yay eğimi de ses üretimi sürecinde ele alınması gereken önemli bir unsurdur.

#### **3.4.1. Yay tutuşu**

Yay tutuşu keman eğitiminin ilk aşamalarındandır. Doğru yapılandırılmayan bir yay tutuşu başlangıçta olmasa da ilerleyen aşamalarda, profesyonel yay tekniklerinde ve ses kalitesinde problemlere sebep olacaktır. Yay tutuşu söz konusu olduğunda Fransız, Alman, Belçika, Rus ve Amerikan gibi ülkelerde gelişmiş farklı ekoller karşımıza çıkar. Bir ekol diğerinden daha iyidir ya da daha kötüdür gibi bir yargıya varmak doğru olmayacaktır. Çünkü herkesin fiziksel yapısı, motor becerileri aynı değildir.

Ünlü solistler bile kendi fiziksel ihtiyaçlarına yönelik değişen yay tutuşları geliştirebilirler. Ekollere göre yay tutuşu değişiklik gösterse de tüm ekollerde geçerli olan, kabul görmüş bazı kurallar vardır. Bunlardan ilki sağ elin doğal bir pozisyonda olmasıdır. Ancak doğal bir sağ el pozisyonuyla istenilen esneklik sağlanabilir.

Çünkü doğal olmayan zorlama bir pozisyonda eldeki ve koldaki kaslar gerilecek, istenmeyen sonuçlara sebep olacaktır. Bu sebeple yay tutuşu, tel ile daha derin temasa geçecek şekilde özgür ve doğal olmalıdır. Bu noktada parmakların yayın üzerine nasıl yerleştiği oldukça önemlidir. Keman yayını tutarken öncelikle sağ el başparmağının ve orta parmağın topuğun başlangıç noktasında bir halka oluşturması gerekir (Bkz. Görsel 3.5, Görsel 3.6).



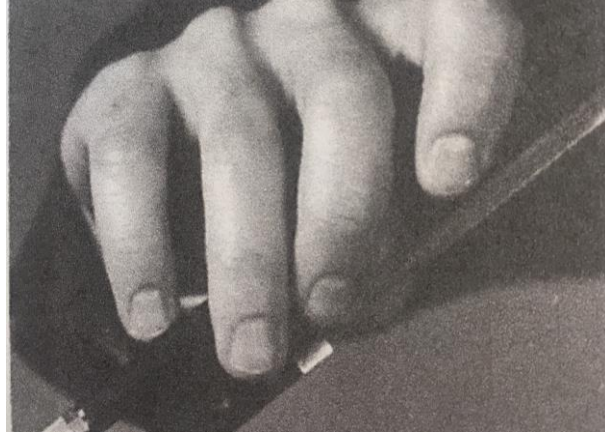
**Görsel 3.5.** *Sağ el baş parmak ve orta parmak pozisyonu (Galamian, Dover Edition, 2013, s.45)*



**Görsel 3.6.** *Sağ el yay tutuşunda, baş parmak ve orta parmak pozisyonu*

Yay tutuşunda sağ el baş parmağı ve orta parmağı halka oluşturacak şekilde yerleştirildikten sonra diğer parmaklar birbirinden çok ayrı olmayacak şekilde, doğal bir pozisyonda yay gövdesi üzerine yerleşirler. Sadece işaret parmağı orta parmaktan biraz uzakta olabilir. Sağ el serçe parmağı ise yüzük parmağının çok az ilerisinde, yuvarlak şekilde yay gövdesinin üzerinde olmalıdır (Bkz. Görsel 3.7).

Parmakları birbirinden fazla uzaklaştırmak kaslarda gerilime yol açarak sağ el hareketlerinin kısıtlanmasına sebep olur. Bu da ses üretimi sürecinde istenmeyen rahatsız edici seslerin ortaya çıkmasına yol açar. Tam tersi, parmakların çok bitişik bir pozisyonda yerleşmesi yay hareketlerinin kontrolünü zorlaştıracak ve yine fazla gerilime yol açacaktır.



**Görsel 3.7.** *Yay tutuşunda parmakların yerleşimi (Galamian, Dover Edition, 2013, s.46)*

Yay tutuşunda benimsenen ekol ne olursa olsun, önemli olan konforlu ve rahat bir sağ eldir. Her yay tekniğinde aynı fiziksel hareketler uygulanmadığından gerilimi yüksek esnemeyen bir sağ el ile başarılı bir icra gerçekleştirmek mümkün olmayacaktır. Bu sebeple ancak konforlu ve rahat bir tutuşla, icra esnasında müzikal ifadeler ve teknikler başarılı bir şekilde icra edilerek müzikal beklentiler karşılanabilir.

### **3.4.2. Yay hızı**

Yay hızı, yayın teller üzerinde hareketi esnasındaki hızını ifade eder ve ses üretiminin önemli bir konusudur. Yay hızında meydana gelen herhangi bir değişiklik sesi doğrudan etkiler. Çünkü yay hızı değiştikçe oluşan titreşimler (vurular) de değişecek farklı nitelikte sesler ortaya çıkacaktır.

Pek çok keman pedagogu, kemanda ses üretimi söz konusu olduğunda, sanılanın aksine, basınçtan ziyade yay hızının önemini vurgular. Akustik fizik kuralları da bu yaygın görüşü doğrular. Ayhan Zeren, tellerin titreşim genliğinin dolayısıyla ses şiddetinin yay hızına bağlı olduğunu, yalnızca uygulanan kuvvetle ilgili olmadığını belirtir (Zeren, 2014, s.176).

Yay hızı söz konusu olduğunda yay basıncı ile arasındaki oran oldukça önemlidir. Elizabeth Levine, Keman Ustalığı İçin Modern Bir Rehber adlı kitabında bu oranı şöyle dile getirir; “*Mükemmel ses dengesi eşittir; yay hızına karşı kol ağırlığı*” (Levine, 2016, s.31). (Bkz. Şekil 3.9)



Şekil 3.9. Kol ağırlığı ve yay hızı (Levine, 2016, s.31)

Dolayısıyla dengeli bir ses elde etmek için kol ağırlığı ve yay hızı arasında doğru orantı olmalı, yay hızı arttıkça yay basıncı da artmalı, yay hızı azaldıkça yay basıncı da azalmalıdır. Örneğin iterek- çekerek yay değişimlerinde, bu değişimlerin belli olmaması için yay hızı azaltıldığında aynı şekilde yay basıncı da azaltılmalıdır. Ya da daha fazla ses elde etmek için yay hızı arttırıldığında, yayın tellerle olan kontağını kaybetmemek adına yay basıncı da arttırılmalıdır. Fakat bu söylenenlerin hepsi dengeli bir ses elde etmek üzerinedir. Ani nüans<sup>15</sup> değişimi yapılması gereken durumlarda ya da değişen yay artikülasyonlarına<sup>16</sup> göre farklı unsurlar devreye girecektir. Yay hızı ve yay hızının basınç ile oranı keman eğitiminde önemle üzerinde durulması gereken bir konudur. Basınç konusu ilerleyen bölümde ayrıca ele alınacaktır.

Yay hızı söz konusu olduğunda sıklıkla karşılaşılan problemlerden ilki yay hızının yanlış değişimi sonucunda icrada meydana gelen anti müzikal aksanlar ve ses değişimleridir. Hızlı yay, daha çok vuru ve daha büyük enerji anlamına geldiğinden, yay hızındaki artış sesin artmasına, yay hızındaki yavaşlama ise sesin azalmasına sebep olacaktır.

Bu sebeple icra esnasında yay hızının bilinçsizce arttırılması ses üzerinde istenmeyen aksanlara sebep olacaktır. Baştan sona aynı nüansta bir nota ya da bir dizi icra edilmesi gerektiğinde seste bir değişiklik meydana gelmemesi adına yay hızında değişiklik yapmamak gerekmektedir. Eğer icra edilen eserde belirtilmiş müzikal aksanlar var ise, bu noktada yay hızı bilinçli olarak arttırılmalıdır.

Aynı şekilde eserde nüans olarak bir artış isteniyorsa, kol ağırlığının istenilen sese ulaşmakta yeterli olmadığı durumlarda daha hızlı yay ile seste artış sağlanabilir.

<sup>15</sup> Bir müzik yapıtında, icra edilen notaların gürlük düzeylerini ve tını farklarını belirleyen müzikal anlatım.

<sup>16</sup> Müzikte artikülasyon, notalar arasındaki ses geçişlerini ve sürekliliğini etkileyen bir tekniktir. Müzikal ifade ve eserin karakteri bakımından büyük önem taşır. Notaları birbirinden ayırmadan bağlı (legato) çalmak, kısa ve kesik (staccato) çalmak örnek olarak gösterilebilir.

Yay hızı ile ilgili karşılaşılan bir diğer problem ise yay ile yapılan atağın başında çok fazla yay harcayarak, yay yüzeyini idareli kullanamamaktır. Özellikle uzun seslerde ve bağlı notalarda bu problem sıklıkla karşımıza çıkar.

Böyle bir durumda uzun seslerin son vuruşları ya da bağlı notaların sonundaki sesler yeteri kadar yay yüzeyi kalmadığı için ses bakımından fakirleşir ve seste ani düşüşler, istenmeyen *dimuniendo* 'lar<sup>17</sup> meydana gelir, daha önce belirtildiği gibi vurunun başında istenmeyen aksanlar ya da *crescendo* 'lar<sup>18</sup> oluşur.

Bu tür ses değişiklikleri, ses üretim sürecini olumsuz etkiler. Bu sebeple öğrencilere “eşit yay” disiplininin kazandırılması çok önemlidir. Eşit yay, yay hızının notalara ya da vurulara eşit olarak dağıtılması anlamına gelir.

Gerald Fischbach, yay, yay hızı ve dağılımı ilişkisini fizikteki uzay ve zaman ilişkisine benzetir. Yay, dağılım ve hız sürekliliğinin de uzay-mekan gibi bir fenomen olduğunu belirtir. Yay hızı ve yayı uygun bölme konusunun, çalgı eğitiminin ilk yıllarında bile önemle ele alınması gerektiğini vurgular (http-21).

Özellikle başlangıç düzeyinde öğrenciye, icra ettiği esere göre yayı nasıl bölmesi gerektiği öğretilirse, yay hızı konusunda da bilinç oluşturulabilir. Yay temelde orta, uç ve dip olmak üzere üç kısımda incelenir. Şekil 3.10'da yayın üç temel kısmı gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Yayın üç temel kısmı

Yayın ortasından dip (kök) kısmına kadar olan bölüme alt yarı, ortasından uç kısmına kadar olan bölüme ise üst yarı denir. İcra edilen ritmik yapılara ya da bağlı notalara göre alt yarı ve üst yarı da kendi içinde bölümlere ayrılır. Şekil 3.11'de, başlangıç düzeyindeki bir eserde Gerald Fischbach tarafından saptanmış yay hızı değerleri ve yayın nasıl bölünmesi gerektiği verilmiştir.

<sup>17</sup> Müzikte sesin giderek küçülmesi gerektiğini gösteren işaret ve müzik terimi.

<sup>18</sup> Müzikte sesin giderek yükselmesi gerektiğini gösteren işaret ve müzik terimi.

### Yay Hızı; (mph<sup>19</sup>)



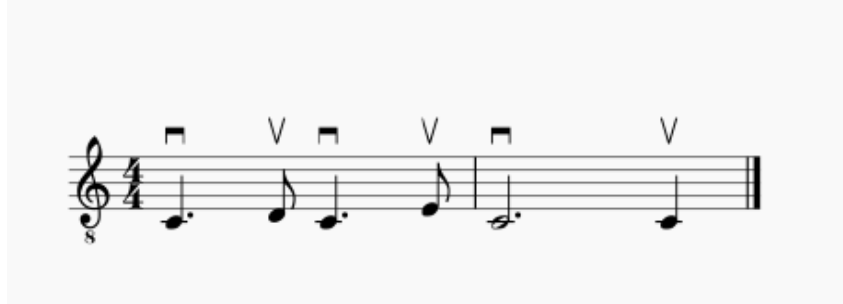
### Yayın Bölünmesi;

**BY:** Bütün Yay    **ÜY:** Üst Yarı    **AY:** Alt Yarı

Şekil 3.11. Başlangıç düzeyindeki bir eserde saptanmış yay hızı ve yay bölünmesi (http-21)

Benzer ritmik yapılarda yayı kısımlara bölmek daha kolayken, asimmetrik ritmik yapılarda yayın hızını ayarlayarak yayı kısımlara bölmek daha gelişmiş bir yay hızı bilincini gerektirir. Aksi takdirde değişen ritmik yapılarla birlikte notada yazılmayan aksanlar ve ataklar meydana gelir. Asimmetrik yapıdaki eserlerde bu atakları engellemek için bestecinin yazdığı artikülasyonlara sadık kalarak çeşitli yay değişiklikleri yapılabilir.

Fakat özellikle barok ve klasik dönem eserlerinde stili korumak için bestecinin yazdığı yaylarda fazla değişiklik yapmamaya özen gösterilir. Şekil 3.12’de yay hızı bakımından problem yaratabilecek, asimmetrik yapıyla ilgili bir örnek verilmiştir.



Şekil 3.12. Asimmetrik yapı

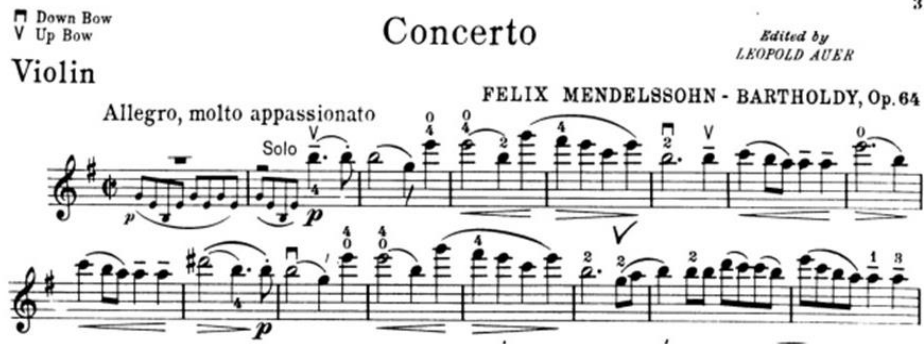
Şekil 3.19’da ve buna benzer örneklerde çekerek yaydan sonra iterek gelen ritmik olarak daha küçük notalarda, başlangıç noktasına dönmek büyük bir zorluk yaratır.

Yayın aynı bölümünde kalabilmek için çekerek yaydan sonra gelen küçük notaları çok daha hızlı itmek gerekir. Yay hızında yapılan bu ani değişim doğal olarak üretilen seste de ani değişimlere sebep olur.

<sup>19</sup> Mph ( mile per hour ), saat başına mil.

Daha hızlı itilen yay sebebiyle, zayıf zamanda gelen küçük notalar nüans olarak daha yüksek olur ve istenmeyen aksanlar oluşur. Bu tip pasajlarda, istenmeyen ses değişikliklerini engellemek için, hızlı itilen küçük notalarda basıncı olabildiğince azaltmak gerekir. Böylece çekerek ve iterek notalar dengelenir. Basıncı azaltırken ses noktasını tuşeye doğru taşımak da kişisel tercihler doğrultusunda uygulanabilir bir yöntemdir. Ses noktası konusu çalışmanın ilerleyen bölümlerinde ayrıca incelenecektir.

Keman repertuvarının en tanınmış eserlerinden, Mendelssohn, mi minör, keman konçertosunun başlangıcı, ritmik olarak asimetrik yapıyla ilgili güzel bir örnektir (Bkz. Görsel 3.8).



Görsel 3.8. F.Mendelssohn, mi minör keman konçertosu, 1. bölüm, 1-16. ölçüler (<http://22>)

Eserin başındaki ritmik asimetri, farklı edisyonlara göre değişen bağlar ile tolare edilir. Fakat her eserde, bağlar ile mutlak bir simetri yaratmak mümkün olmadığından icracı, sesi etkileyen faktörleri göz önünde bulundurarak, icra tekniğini bilinçli olarak çeşitlendirebilmelidir. Yay hızında bilinçli değişiklikler yapabilen bir icracı, hem istenmeyen anti müzikal oluşumları engeller hem de ses üretimi sürecinde daha zengin tınılar elde eder. Yay hızını bilinçli olarak çeşitlendirebilme yetisini kazanmak için çalışılabilecek çeşitli egzersiz örnekleri çalışmanın sonunda egzersiz bölümü başlığı altında verilecektir.

### 3.4.3. Yay basıncı

Basıncı, icra sırasında yayın teller üzerinde oluşturduğu baskıyı ifade eder. Söz konusu bu baskı, yay ağırlığını, icracının sağ el-kol ağırlığını ve icracının uyguladığı kuvveti kapsar.

Basınç özellikle hız ve ses noktası ile bir araya geldiğinde ses üretiminde elde edilen tınıyı doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Carl Courvouiser, keman çalma teknikleri adlı kitabında şöyle der;

*“Yalnız yay ağırlığı ile (topukta bile) asla yeterince büyük ve tatlı bir ton üretmek mümkün olmayacaktır. Fakat diğer yandan tek başına basınç vibrasyon üretmez. Basınç ancak yay hareketi söz konusu olduğunda vibrasyon üretebilir ki bu gerçek ton üretimi anlamına gelir”* (Courvouiser, 1908, s.85-86).

Keman yayının anatomik yapısı gereği uçta ve dipte (topuk) aynı ağırlıkta olmadığını yay gövdesini incelerken söylemiştik. Profesyonel bir icracı, bu ağırlık farklılıklarından doğan ses değişimlerini, basınçta değişiklikler yaparak minimize edebilir.

Örneğin, kemanda yay ile *forte* nüansta<sup>20</sup> uzun sesler çalmak gerektiğinde, icracı, yay gövdesi boyunca uyguladığı basıncı değiştirmezse, elde edilen ses gürlük bakımından eşit olmayacaktır. Yayın en ağır kısmı olan topukta ses artacak, uca doğru geldikçe ise seste sönmeler meydana gelecektir. Bunu engellemek için icracı, yay gövdesinin en hafif kısmı olan uca doğru yaklaştıkça uyguladığı basıncı arttırmalıdır. Böylece anatomik yapıdan kaynaklanan ses değişimleri engellenmiş olur. Düşük nüansta uzun sesler çalmak gerektiğinde ise tam tersi, topuğa yaklaştıkça uygulanan basınç azaltılmalıdır. Aksi bir durumda, topuk kısmının ağırlığından dolayı seste artış meydana gelecektir. Bu temel icra kuralı bütün profesyonel icracılar tarafından bilinir. Fakat kaliteli ses üretiminde uygulanan basıncın miktarından ziyade o basıncın niteliği daha çok önemlidir.

Ivan Galamian, basınç konusunda;

*“Ses üretiminde, hesaba katılan yalnızca basınç miktarı değil, aynı zamanda basıncın kalitesidir. Bu kalite, basıncın iletilme şekliyle belirlenir. Esas konu, basıncın hiçbir durumda, elastikiyetsiz, belirsiz ve ölümcül bir ağırlık şeklinde olmaması gerektiğidir. Bu tellerin vibrasyonunu kırar ve bayağı bir ses üretimine yol açar”* der ( Galamian, Dover Edition, 2013, s.45).

Yapısal olarak oldukça hassas bir enstrüman olarak keman, fazla baskıya maruz kaldığında ses kalitesi bakımından olumsuz yönde etkilenir.

Daha çok ses çıkartmak için yay ile tellere uygulanan orantısız ve kalitesiz basınç, aksine üretilen sesin tınısını azaltır. Sonuç olarak derinliksiz ve özensiz sesler ortaya çıkar. Öyleyse kemanda yay ile ses üretimi konusunda karşımıza çıkan basınç, bir güç denemesi olarak algılanmamalıdır.

---

<sup>20</sup> Forte nüans, güçlü ve gür bir sesle çalmak anlamına gelir.

Çünkü yalnızca tellere bastırarak büyük ve kaliteli bir ses üretmek mümkün değildir. Öyleyse söz konusu basınç, esnek, özgür, iyi koordineli bir sağ elin ve sağ kolun yay aracılığı ile kemana aktardığı enerjidir diyebiliriz. Yalnızca kasları gergin olmayan bir sağ el-kol ile doğal el-kol ağırlığı ve yay ağırlığı kullanılarak, güçlü ve kaliteli bir ses elde edilebilir. İcra sırasında sağ omzu kaldırmak, sağ kolu sıkamak, ağırlığı sağ elin yalnızca bir noktasından yaya iletmek gibi alışkanlıklar kaliteli bir basınç için engel teşkil edecektir. İcracı sağ omzunu kaldırdığında, kol ağırlığı kayba uğrar ve kaslarda sağ el hareketlerini kısıtlayan gerginlikler oluşur. Sağ kol kaslarını sıkamak da, tıpkı sağ omzu kaldırmak gibi kol ağırlığını ve kol hareketlerini olumsuz etkiler.

İcra sırasında kaslarda oluşan bu tip gerginlikler, sırt kaslarındaki herhangi bir rahatsızlıktan ya da duruş pozisyonundaki dengesizliklerden de kaynaklanabilmektedir. Joel Krosnick bu konuda şöyle demiştir;

*“Ton üretimi, basınca değil devinime bağlıdır. Bu sebeple zamanımın büyük çoğunluğunu enerji hattının doğru bir şekilde yönlendirildiğinden emin olmak için harcıyorum. Ağırlık ya da basınç kelimelerinden ziyade enerji kelimesini kullanmayı tercih ediyorum. Bu enerji göğüs kafesinden gelir, buradan kürek kemiğine, kürek kemiğinden ise ön kola ve sağ ele transfer olur. Benim sırtım ve omuzlarım hep açık ve rahattır. Eğer bir elinizi sıkarsanız bu diğerini de aynı şekilde sıkacağınız anlamına gelir ve bu hareket etme özgürlüğünüzü tehlikeye atar”* (Joel Krosnick, The Strad, 2005), ([http-23](http://www.joelkrosnick.com)).

Yay basıncı konusunda sıkça yapılan icra hatalarından biri de basıncı sağ elin tek bir noktasından iletmeye çalışmaktır. Yaygın olarak, sağ eli yatırarak sağ el işaret parmağı ile yay gövdesine kuvvet uygulandığı görülür. Fakat bu hareket sağ el eklem hareketlerini kısıtlayacağından, agresif ve derinliksiz ses üretimine sebep olur. Aynı zamanda böyle bir basınçla kemandan zengin tınılar elde etmek mümkün olmayacaktır. Bu sebeple, söz konusu basınç, kolun veya elin herhangi bir bölümünden ziyade, kolun ve yay gövdesinin bütününe dağıtılmalıdır.

Leopold Auer, basınç ile ilgili şu tavsiyelerde bulunur;

- 1) “Yayı, kolunuzla aşağı doğru bastırmayın. Sesin gövdesi, bileğin hafif bir basıncı tarafından üretilmelidir ki bu basınç tam bir tona ulaşmaya kadar yavaş yavaş artmalı, yayın ucundan dibine kadar ya da tam tersi dibinden ucuna kadar mükemmel derecede saf ve güç açısından eşit olmalıdır.
- 2) “Düşük hızda, bütün yay ile her iterek ve çekerek yayda 10-12 saniyelik sesler çalın ve yorgun hissederek hissetmez durun. Kaslar, bilek eklemleri ve ön kol, hafif olsa bile devamlı olan eforlardan sonra dinlenmeye ihtiyaç duyar.
- 3) “Gövdeye uygulanan parmak basıncının derecesi bir deneyim, eğiticinin gözlemleri ve aynı zamanda disiplin meselesidir (Auer, 2014, Dover Edition, s.20-21).

Yukarıdaki yorumlardan da anlaşılabileceği gibi yay basıncı, yalnızca baskı uygulamak anlamında kullanılan bir terim olmamalıdır.

Yanlış yönlendirilmiş bir basınç ses perdesinde değişiklikler yaratarak entonasyona<sup>21</sup> etki eder (Galamian, Dover Edition, 2014, s.58). Tellere kontrolsüz basınç uygulamak sesleri tizleştirir. Bu noktada yay hızı konusunda da bahsedildiği gibi yay basıncının yay hızına oranı büyük önem taşır. Basınç ve yay hızı her zaman dengeli olmalıdır.

Örneğin, yavaş yay hızında çok fazla basınç uygulamak hem tını hem entonasyon açısından olumsuz sonuçlar doğuracaktır. Bu sebeple istisnai durumlar dışında basınç artarken yay hızı da artmalı, basınç azalırken yay hızı da azalmalıdır. Değişen ses noktasına göre de yay basıncını çeşitlendirmek kaliteli ses üretimi açısından avantaj sağlayacaktır. Ses noktasına göre yay basıncının nasıl değişmesi gerektiğini bir sonraki bölümde ayrıca ele alacağız.

Sonuç olarak basınç, yay hızı ve diğer parametrelerle birleşerek ses üretimine etki eden bir enerji ve bir güçtür. Kemana doğru oranda ve doğru şekilde basınç uygulamak iyi yapılandırılmış bir sağ el tekniği ile şekillenir. İyi bir teknik ile omuzdan bileğe, bilekten parmak uçlarına kadar her kasın, her eklemın özgürce kullanılabileceği esnek bir sağ kol birleştiğinde bahsi geçen kaliteli basınca ulaşmak zor olmayacaktır. Önemli olan icracının fiziksel ve içsel gücünü yay aracılığı ile kemana tüm doğallığı ile zorlamadan aktarabilmesidir. Bu da ancak özgür bir beden ve ses konusunda mental bir farkındalık ile gerçekleşir.

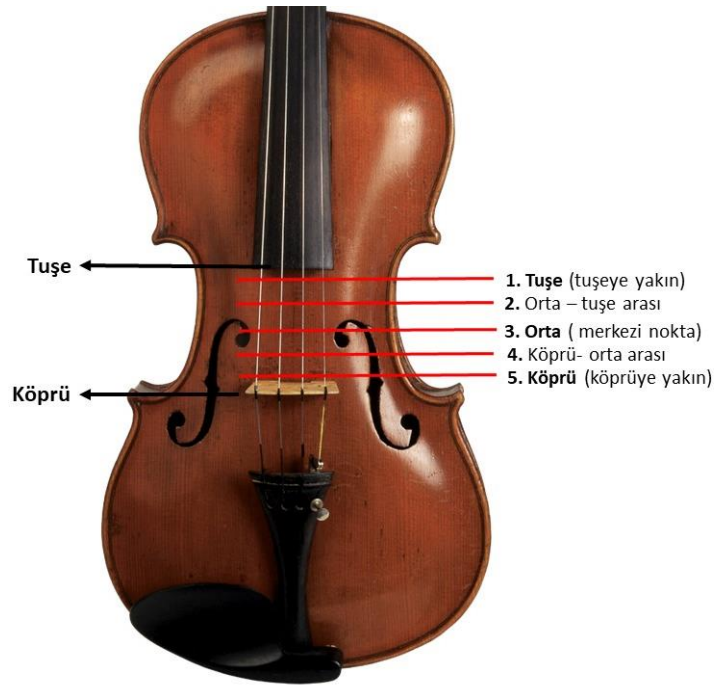
#### **3.4.4. Ses Noktası**

Bu çalışmanın özünü oluşturan en önemli konulardan bir tanesi “ses noktası” dır. Ses noktası, keman icrası sırasında yayın tele temas ettiği noktayı ifade eder.

Keman köprüsünden tuşeye kadar uzanan kısımda farklı ses renkleri ve ses şiddetleri elde edebileceğimiz çeşitli özel noktalar vardır. Söz konusu bu kısım köprü (köprüye yakın), orta (merkezi nokta) ve tuşe (tuşeye yakın) olmak üzere üç ana noktadan oluşur. Üç ana noktanın arasında ise köprü-orta arası ve orta-tuşe arası olmak üzere iki ses noktası daha bulunur. Bu ses noktaları şekil 3.13’te keman gövdesi üzerinde gösterilmiştir.

---

<sup>21</sup> Ses uyumu. İcra edilen sesin doğru ses perdesinde olması.



Şekil 3.13. Kemandaki ses noktaları

Yay hızını ve basıncını çeşitlendirerek, icra edilen eserin nüans gereksinimlerine göre ses noktasını bilinçli olarak değiştirmek ses üretimi açısından en iyi sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır. Keman eğitiminin başlangıç seviyesinde, yay ile ses çıkarma aşamasına gelindiğine öğrencilere merkezi noktada (orta) düzgün bir doğrultuda çalma öğretilir. Öğrencilerin gelişen teknik becerilerle, tonsal gereksinimlere göre ses noktasını değiştirebilme yetisi kazanmaları gerekirken, başka teknik olgular daha çok önemsendiğinden bu konu ikinci planda kalabilir. Bu sebeple öğrenciler eserlerdeki nüans gereksinimlerini daha çok basınç ile çözmeye çalışırlar. Yalnızca basınç ile memnun edici sesler ve tınlar elde etmenin mümkün olmadığını bir önceki bölümde görmüştük. Bu sebeple profesyonel bir keman icracısının bilinçli olarak ses noktasını değiştirmeyi öğrenmesi ses üretiminin kalitesi açısından çok önemlidir. Bunun için önce hangi ses noktasının sesi ve tınıyı nasıl etkilediğini bilmek gerekir.

Farklı ses noktalarından farklı sesler üretmek fiziksel bir olgudur. Her ses noktası kendine özgü titreşimler oluşturduğundan, farklı ses noktalarında ses şiddeti ve tını bakımından değişik sonuçlar elde edilir.

Yapılan akustik fizik araştırmaları köprüye yaklaştıkça titreşim modlarının (harmoniklerin) sayısal olarak arttığını ve bu modların diğer ses noktalarına kıyasla genlik bakımından daha büyük olduğunu göstermektedir (McLennan, 1993, s.5).

Bu da ses şiddetinin en fazla köprüye yakın noktada olduğu, tuşeye doğru ise ses şiddetinin bir düşüş gösterdiği anlamına gelmektedir. Ayrıca oluşan farklı titreşim modları köprüye yaklaştıkça tını bakımından daha parlak ve sert, tuşeye yaklaştıkça da daha sönük ve yumuşak bir ses elde etmemize neden olacaktır. Çalışmamızın analiz kısmını oluşturacak deneyler bölümünde farklı ses noktalarında ölçülen dalga genlik değerleri verilecektir.

Yay ile icrada, köprüye yaklaştıkça sesin arttığını aksine tuşeye yaklaştıkça da sesin azaldığını her profesyonel icracı bilir fakat öğrenim sürecinde genel olarak uygulamada gerekli özen gösterilmez. Ünlü keman eğitimcisi Suzuki, çalışma hayatı boyunca ses üretimi konusuna önemle eğilmiştir. Hatta ses üretiminin onun takıntılarından biri olduğu söylenir. “*Ben sadece ton öğretirim*” diyen Suzuki’ye göre ses üretiminin kilit unsurlarından biri de köprüye yakın çalmaktır ( Berger, 2014 ). Bir diğer ünlü keman pedagogu Carl Flesch de, güçlü bir tonun büyük yay kullanımı ile birlikte köprüye yaklaşarak üretilebileceğini söyler ( Flesch, 1934 ). Ünlü keman virtüözü Fritz Kreisler de yayı köprüye yakın konumlandırmasıyla ve bu sayede hacimli bir ses üretmesiyle bilinir. Diğer yandan ünlü pedagog Leopold Auer, en güçlü ve dolu sesin tuşe ve köprü arasında (merkezi nokta) elde edildiğini söyler ve ekler, “*yalnızca çok yumuşak ve tatlı bir tonu (pp<sup>22</sup>) garantilemek isterseniz tuşeye yakın ve hatta tuşenin üzerinde çalabilirsiniz. Diğer yandan köprüye yaklaşmanızla beraber ton sert (tatsız) bir biçimde büyür*” (Auer, 2014, Dover Edition, s.21-22). Leopold Auer dışında genel görüş, daha hacimli bir ses üretimi için köprüye yakın çalmak yönünde olsa da, burada esas belirleyici icracının bakış açısı ve enstrümanın yapısal özellikleridir. Carl Flesch de bu konuda icracının tercihlerinin önemli olduğunu söyler ve ekler; “*ifadesel yoğunluk, köprüye yakın noktalarda aranmalı, zarafet ise tuşede*” ( Flesch, 1934 ). Bu bağlamda icracı, kişisel bakış açısı ve icra ettiği eserin ifadesel gereklilikleri doğrultusunda ses noktası algısını şekillendirmelidir.

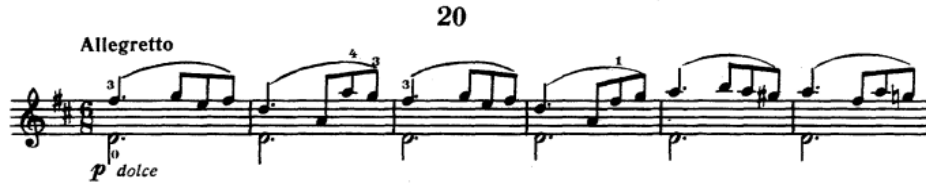
Ek olarak icracının enstrümanını iyi tanınması, enstrümanın yapısal özelliklerinden kaynaklanabilecek avantajları ve dezavantajları bilmesi gerekmektedir. Böylece icracı güçlü bir ses elde etmek için köprüye ne kadar yakın ya da yumuşak bir tını elde etmek için tuşeye ne kadar yakın çalması gerektiğini bilir. Aksi takdirde, ses üretimi bakımından olumlu sonuçlar elde edebilecekken seste kırımlar, cızırtılar vs. meydana gelebilir.

---

<sup>22</sup> Pianissimo, İtalyanca kökenli bir nüans terimidir. Çok hafif ve yumuşak çalmak gerektiğini belirtir.

Ses noktası konusunda icracının yalnızca hangi ses noktasından nasıl sesler ve tınlar elde edeceğini bilmesi yeterli değildir. Aynı zamanda farklı tellerde değişen yay hızı ve yay basıncına göre hangi ses noktasında daha iyi sonuçlar elde edebileceğini bilmesi gerekir. İcra esnasında yayın hangi telde olduğu ve sol elin hangi pozisyonda olduğu da ses noktası açısından önemlidir.

Çünkü ses üretimi söz konusu bütün parametrelerle bir bütündür. Ivan Galamian, ince tellerde çalarken köprüye yaklaşmak gerektiğini, aynı şekilde üst pozisyonlarda çalarken de aşağıdaki sol el pozisyonlarına kıyasla köprüye daha yakın çalmak gerektiğini söyler (Galamian, Dover Edition, 2013, s.58). Tabi bu her tel değişiminde ve her pozisyon değişiminde ses noktasını değiştirmeyi gerektirir. Bu bağlamda çift ses çalınan pasajlarda hangi tele göre ses noktasını ayarlamak gerektiği konusunda kafa karışıklığı yaşanabilir. Galamian bu konuda “*Uzlaşmaya varmak, bir notanın diğerinden daha önemli olup olmadığına ve müzikal içeriğe bağlı olacaktır*” demiştir (Galamian, Dover Edition, 2013, s.58). Bu durumda çift ses çalınan pasajları müzikal olarak iyi analiz etmek gerekir. Böylece melodi ya da tema hangi teldeyse ses noktası o telin gereksinimlerine göre şekillenmelidir. Görsel 3.9’da verilen örnekte hangi notaların daha önemli olduğu açıkça görülmektedir.



Görsel 3.9. N.Paganini, Caprice No.20, 1-6. ölçüler

Verilen örnekte, tema la telinde olduğuna göre ses noktasını la teline göre ayarlayarak temayı ön plana çıkartmak gerekmektedir.

Tel değişikliğine göre ses noktasını şekillendirirken en iyi tonal sonuç için basınç ve yay hızı da hesaba katılmalıdır.

Yani değişen basınç ve hıza göre de ses noktasında değişiklikler yapmak gerekir. Ya da, diğer bir deyişle değişen ses noktasına göre basıncı ve yay hızını ayarlamak gerekir. İcra sırasında yay basıncını arttırmak gereken durumlarda ses noktasını köprüye doğru taşımak ses üretimi açısından daha iyi sonuçlar verecektir. Çünkü köprüye yaklaştıkça tel gerginliği arttığından, enstrüman uygulanan basınca karşı daha dirençli olacaktır.

Tuşeye yakın noktalarda ya da tuşede, yayın kendi ağırlığı dışında yay basıncı uygulamak, burada tel gerginliği az olduğundan seste kırınlara ve cızırtılara yol açacaktır. Öyleyse icra sırasında yumuşak tınılar elde etmek için tuşeye yaklaşmak gerekirse basınç mutlaka azaltılmalıdır. Bu söylenenler yalnızca yay hızı sabitken geçerlidir. Yay hızında değişiklikler meydana geldiğinde farklı sonuçlar ortaya çıkacaktır. Yay hızı arttıkça ses noktasını tuşeye yaklaştırmak, yay hızı azaldıkça da ses noktasını köprüye doğru taşımak gerekir. Yavaş yay hızında tuşede verimli bir ses elde etmek mümkün olmayacaktır. Tıpkı fazla yay basıncı uygulandığında olduğu gibi, tuşede yavaş yay hızı seste kırınlara ve cızırtılara yol açacaktır. Öyleyse icra sırasında uzun yavaş sesler çalmak gerektiğinde yay hızı azalacağından ses noktasını köprüye doğru taşımak gerekir. Bu noktadaki tel gerginliği, yavaş yay hızıyla azalan vuruları tolere edecektir.

Sonuç olarak yay hızı, yay basıncı ve ses noktası birbirlerinden ayrı düşünülemez ses üretimi unsurlarıdır. Ancak icracının bu unsurlar konusunda yüksek bir farkındalığa sahip olmasıyla birlikte bu unsurlar doğru şekilde çeşitlendirilerek istenilen sese ve tınıya ulaşılabilir.

### 3.4.5. Yay eğimi

Kemanda yay ile ses üretimi söz konusu olduğunda hız, basınç ve ses noktası unsurlarının etkisi tartışmasız bütün yay ekolleri tarafından kabul edilir. Fakat yay eğimi ve yay eğiminin sese olan etkisi tartışmalı bir konudur. Yay eğimi, icra sırasında tutuş açısını değiştirerek tele temas eden kıl genişliğinin azalması anlamına gelmektedir. Bazı icracılar ve pedagoglar yay eğiminin daha parlak bir ses elde etmeyi sağladığını savunurken, bazıları da eğim daha az kıl anlamına geldiği için ses hacmini olumsuz etkilediğini savunmaktadır. Bu sebeple eğimin sesi nasıl etkilediğini tespit etmek için literatürde yay eğimi ile ilgili yapılmış çeşitli akademik ve bilimsel araştırmalara rastlamak mümkündür. Biz bu çalışmanın analiz bölümünde, yay eğiminin ses noktası ile ilişkili olarak ses şiddetini nasıl etkilediği ölçümlenecektir.

Yay eğimi söz konusu olduğunda, yayın hangi doğrultuya hangi açıyla eğildiği çok önemlidir. Bilinçli yapılan “*col legno*”<sup>23</sup> yay tekniği dışında hiçbir keman ekolünde geriye doğru ( köprüye doğru) yay eğimi kabul görmez.

---

<sup>23</sup> Yaylı çalgılarda “*col legno*”, yay kılı yerine yay gövdesi ile tellere vurarak daha çok vurmalı sazlara benzeyen efektif sesler elde etmeye yarayan bir yay tekniğidir.

Böyle bir eğim, çeşitli sağ el teknik becerilerinin iyi yapılandırılmadığı anlamına gelir. Bu sebeple yay eğimi denildiğinde mutlaka öne eğimli (tuşeye doğru) yay aklımıza gelmelidir. Dolayısıyla yay eğimi konusunda yapılan bütün çalışmalarda belirli bir açı ile öne eğilmiş yay kullanılmıştır. Yayın hangi açıyla öne eğildiğine de dikkat etmek gerekir. Aksi takdirde fazla öne eğilmiş bir yayın gövdesi tele temas ederek cızırtıya yol açacaktır.

Cambridge Üniversitesi Mühendislik Bölümü öğretim üyeleri R. Pitteroff ve J. Woodhouse yay eğimi ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, ölçümlerde ve simülasyonlarda yay öne eğik olduğunda tele temas eden kıl şeridinin azalmasıyla, sürtünme sırasında gerçekleşen yapışıp-kayma döngülerindeki kayma ataklarının (slipping) daha kısa sürdüğünü tespit etmiştir (Pitteroff, Woodhouse, 1998). Bu da statik sürtünmenin arttığı anlamına geldiğinden bu çalışmanın sonucuna göre öne eğik yayın ses üretimine olumlu katkılar sağlayabileceğini anlıyoruz. Stockholm’de 2003 yılında yapılan Stockholm Müzik Akustik Konferansı’nda sunulan robotik yay kolu ile yapılmış bir araştırmaya göre de tele temas eden kıl genişliğinin azalmasının (doğru açılı bir eğimle) ses spektrumunu artırarak daha yüksek harmoniklerin ortaya çıkmasını sağladığı görülmüştür (Schoonderwalt, Guettler, Askenfelt, 2003).

Yukarıda bahsedilen bilimsel çalışmalar yay eğimi optimize edilerek (en uygun açı kullanılarak) yapılmış çalışmalardır. Bu çalışmaların sonuçlarına göre yay eğimi belirli ölçütler doğrultusunda bilinçli olarak kullanıldığında ses üretimi açısından fayda sağlar diyebiliriz.

Ivan Galamian, hatalı bir açı ile eğilmiş yayın bayağı bir ses üretimine yol açacağı konusunda uyarılarda bulunur ve icracının işitme duyusunun yayın ne kadar eğilmesi gerektiği konusunda karar verici olmak zorunda olduğunu belirtir. Fakat özellikle yayın alt yarısında ve topuk kısmında düz yay kullanımını önermez.

The Ohio Light Opera’nın başkemancısı ve aynı zamanda keman pedagogu olan Selim Giray, yay eğimi ile ilgili makalesinde eğimin amacı, miktarı ve sürekliliği üzerinde durur ve “Eğimin amacı, eğimin miktarını ve sürekliliğini etkileyen belirleyici bir faktördür. Eğim, teknik noksanlıktan dolayı meydana gelen rastgele bir olgu değil, entelektüel bir karar verme sürecinin sonucudur.” der (Giray, 2013).

### 3.5. Kemanda Yay ile Ses Üretiminin Teknik Analizi

Bu bölümde, ses üretimi açısından büyük öneme sahip iki unsur olarak karşımıza çıkan ses noktası ve yay eğiminin ses şiddetini nasıl etkilediğini teknik olarak analiz edeceğiz. Analiz ederken kullanılan yöntem ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

#### 3.5.1. Yöntem

Bu çalışmada, farklı ses noktalarının ve aynı ses noktalarında kullanılan farklı yay pozisyonlarının ses şiddetini nasıl etkilediği ölçümlenerek elde edilen veriler Anova Analiz (Tek yönlü varyans analizi) ile istatistiki olarak değerlendirilmiştir. Stüdyo ortamında, üç ana ses noktasında (köprü (köprüye yakın), orta (merkezi nokta) ve tuşe (tuşeye yakın) , düz yay ve öne eğik yay olmak üzere iki farklı yay pozisyonunda, aynı basınçla 4'er vuruşluk boş telde uzun re notası çalınmıştır. İcracıdan kaynaklanabilecek değişkenlerin deney sonuçlarını etkilememesi açısından ortalama bir değere sahip olmak için üç ana ses noktasında (köprü-orta-tuşe) ve iki farklı yay pozisyonunda, uzun re notası her örnekten 5 veriye sahip olabilecek şekilde 5 kez icra edilerek profesyonel stüdyo ortamında kayda alınmıştır. Analiz için öncelikle MATLAB programı kullanılarak, ses kayıtlarının “*Ayrık Fourier Dönüşümü*” alınmıştır. Bu sayede ses örneğinin re notasına tekabül eden frekanslarındaki ses şiddetleri hesaplanmıştır. İstatistiki değerlendirmeler için, her ses örneğinin ses şiddetini hesaplamak üzere dalga genlik değerleri baz alınmıştır. Her ses noktasında tekrar edilen örneklerden elde edilen ortalama değerler ile gruplar arası farklılıklar Anova (Tek Yönlü Varyans) Analizi ile %95 güvenilirlik seviyesinde istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Belirli değişkenler sonucunda ortaya çıkan farklılıkları istatistiksel teknikler yardımıyla karşılaştıran bu çalışma, deneysel model kullanılan nicel bir çalışma olarak adlandırılabilir.

#### 3.5.2. Sonuç

Anova Analiz sonucunda üç ana ses noktasında düz yay ile çalınan örneklerden elde edilen ortalama genlik değerleri Şekil 3.14'te kırmızı kutucuk içerisinde gösterilmiştir. Ölçülen genlik değerlerinin istatistiksel grafikleri ve gruplar arasındaki farklılıklar Şekil 3.15'te verilmiştir.

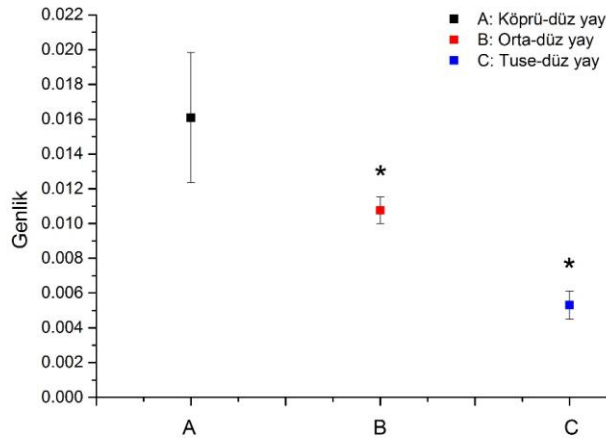
| Descriptive Statistics |            |           |         |                    |
|------------------------|------------|-----------|---------|--------------------|
|                        | N Analysis | N Missing | Mean    | Standard Deviation |
| A                      | 5          | 0         | 0.01609 | 0.00374            |
| B                      | 5          | 0         | 0.01076 | 7.69376E-4         |
| C                      | 5          | 0         | 0.00531 | 8.11353E-4         |

| One Way ANOVA |    |                |             |          |
|---------------|----|----------------|-------------|----------|
| Overall ANOVA |    |                |             |          |
|               | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value  |
| Model         | 2  | 2.90351E-4     | 1.45176E-4  | 28.54351 |
| Error         | 12 | 6.10334E-5     | 5.08612E-6  |          |
| Total         | 14 | 3.51385E-4     |             |          |

Null Hypothesis: The means of all levels are equal.  
Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different.  
At the 0.05 level, the population means are significantly different.

Şekil 3.14. Üç ana ses noktasında, düz yay ile icra edilen notaların ortalama genlik değerleri



Şekil 3.15. Üç ana ses noktasında, düz yay ile icra edilen notaların ortalama genlik değerleri grafiği ve gruplar arası farklılıklar. \* Önemli ölçüde farklı.

Anova Analizi ile %95 güvenilirlik seviyesinde elde edilen verilere göre, en yüksek dalga genliği dolayısıyla en yüksek ses şiddeti köprüye yakın düz yay ile çalındığında (A) görülmüştür. Elde edilen en yüksek ikinci değer ise köprüye göre yaklaşık %30 düşüşle düz yay ile ortada (B) tespit edilmiştir. En düşük genlik değeri düz yay ile tuşede tespit edilmiş olup köprüye göre %70, ortaya göre %55 düşüş kaydedilmiştir. Buna göre köprüden tuşeye doğru düşen bir trend göze çarpmaktadır. Anova Analiz sonucunda, B (ortada düz yay) ve C (tuşede düz yay) değerleri istatistiksel olarak %95 güvenilirlikle önemli ölçüde farklı (significantly different) bulunmuştur.

Aşağıdaki şekillerde (Bkz. Şekil 3.16, Şekil 3.17) aynı metotla, üç ana ses noktasında öne eğik yay tekniği ile elde edilen genlik değerleri ve bu verilerin grafiksel gösterimi verilmiştir.

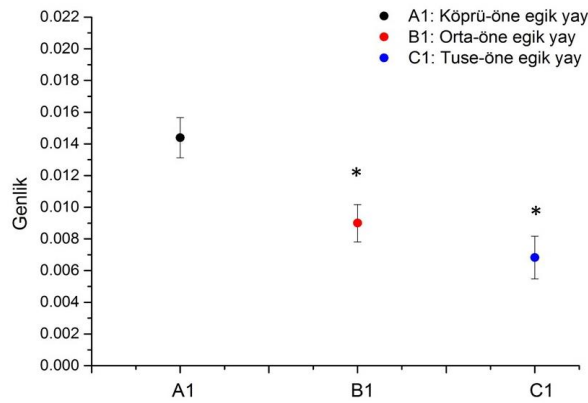
| Descriptive Statistics |            |           |      |                    |            |
|------------------------|------------|-----------|------|--------------------|------------|
|                        | N Analysis | N Missing | Mean | Standard Deviation | SE of Mean |
| C                      | A1         | 5         | 0    | 0.01439            | 5.66065E-4 |
|                        | B1         | 5         | 0    | 0.009              | 5.28374E-4 |
|                        | C1         | 5         | 0    | 0.00683            | 6.02549E-4 |

| One Way ANOVA |    |                |             |          |            |
|---------------|----|----------------|-------------|----------|------------|
| Overall ANOVA |    |                |             |          |            |
|               | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value  | Prob>F     |
| Model         | 2  | 1.5171E-4      | 7.5855E-5   | 47.27769 | 2.04002E-6 |
| Error         | 12 | 1.92535E-5     | 1.60446E-6  |          |            |
| Total         | 14 | 1.70964E-4     |             |          |            |

Null Hypothesis: The means of all levels are equal.  
Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different.  
At the 0.05 level, the population means are significantly different.

Şekil 3.16. Üç ana ses noktasında öne eğik yay ile icra edilen notaların ortalama genlik değerleri



Şekil 3.17. Farklı ses noktalarında, öne eğik yay ile icra edilen notaların ortalama genlik değerleri ve gruplar arası farklılıklar. \* Önemli ölçüde farklı.

Tıpkı düz yay ile elde edilen veriler gibi öne eğik yay ile elde edilen verilerde de en yüksek genlik değeri dolayısıyla en yüksek ses şiddeti köprüye yakın (A1) ses noktasında görülmüştür. İkinci yüksek genlik, A1'e oranla %37,5 düşüşle, ortada (B1) noktasında gözlenmiştir. En düşük genlik değeri ise bir önceki deney verilerine benzer şekilde köprüye oranla (A1) %52, ortaya oranla (B1) %25 düşüşle tuşede (C1) görülmüştür. Dolayısıyla Anova Analizi sonucunda gruplar arasındaki farklılık istatistiksel olarak “*significantly different*” önemli ölçüde farklı bulunmuştur. Öne eğik yay verilerinde, köprüden tuşeye doğru ölçülen düşüş eğiliminin düz yay verilerine oranla daha az olduğu göze çarpmaktadır.

Aşağıda düz yay verileri ile öne eğik yay verilerinin analiz sonucunda elde edilen karşılaştırmalı genlik değerleri verilmiştir (Bkz. Şekil 3.18, Şekil 3.19, Şekil 3.20).

| Descriptive Statistics |            |           |         |                    |            |
|------------------------|------------|-----------|---------|--------------------|------------|
|                        | N Analysis | N Missing | Mean    | Standard Deviation | SE of Mean |
| C                      |            |           |         |                    |            |
| A                      | 5          | 0         | 0.01609 | 0.00374            | 0.00167    |
| A1                     | 5          | 0         | 0.01439 | 0.00127            | 5.66065E-4 |

| One Way ANOVA |    |                |             |         |         |
|---------------|----|----------------|-------------|---------|---------|
| Overall ANOVA |    |                |             |         |         |
|               | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F  |
| Model         | 1  | 7.19952E-6     | 7.19952E-6  | 0.92241 | 0.36497 |
| Error         | 8  | 6.24411E-5     | 7.80513E-6  |         |         |
| Total         | 9  | 6.96406E-5     |             |         |         |

Null Hypothesis: The means of all levels are equal.  
Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different.  
At the 0.05 level, the population means are not significantly different.

Şekil 3.18. Köprüde, düz yay (A) ve öne eğik yay (A1) verilerinin karşılaştırmalı genlik değerleri

| Descriptive Statistics |            |           |         |                    |            |
|------------------------|------------|-----------|---------|--------------------|------------|
|                        | N Analysis | N Missing | Mean    | Standard Deviation | SE of Mean |
| C                      |            |           |         |                    |            |
| B                      | 5          | 0         | 0.01076 | 7.69376E-4         | 3.44075E-4 |
| B1                     | 5          | 0         | 0.009   | 0.00118            | 5.28374E-4 |

| One Way ANOVA |    |                |             |         |         |
|---------------|----|----------------|-------------|---------|---------|
| Overall ANOVA |    |                |             |         |         |
|               | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F  |
| Model         | 1  | 7.79512E-6     | 7.79512E-6  | 7.84284 | 0.02318 |
| Error         | 8  | 7.95133E-6     | 9.93916E-7  |         |         |
| Total         | 9  | 1.57465E-5     |             |         |         |

Null Hypothesis: The means of all levels are equal.  
Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different.  
At the 0.05 level, the population means are significantly different.

Şekil 3.19. Ortada, düz yay (B) ve öne eğik yay (B1) verilerinin karşılaştırmalı genlik değerleri

| Descriptive Statistics |            |           |         |                    |            |
|------------------------|------------|-----------|---------|--------------------|------------|
|                        | N Analysis | N Missing | Mean    | Standard Deviation | SE of Mean |
| C                      |            |           |         |                    |            |
| C                      | 5          | 0         | 0.00531 | 8.11353E-4         | 3.62848E-4 |
| C1                     | 5          | 0         | 0.00683 | 0.00135            | 6.02549E-4 |

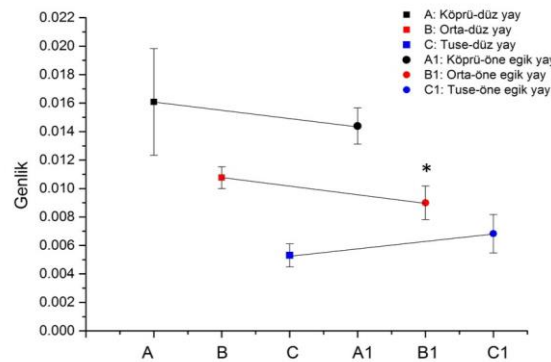
  

| One Way ANOVA |    |                |             |         |         |
|---------------|----|----------------|-------------|---------|---------|
| Overall ANOVA |    |                |             |         |         |
|               | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Prob>F  |
| Model         | 1  | 5.73806E-6     | 5.73806E-6  | 4.6394  | 0.06339 |
| Error         | 8  | 9.89449E-6     | 1.23681E-6  |         |         |
| Total         | 9  | 1.56326E-5     |             |         |         |

Null Hypothesis: The means of all levels are equal.  
Alternative Hypothesis: The means of one or more levels are different.  
At the 0.05 level, the population means are not significantly different.

Şekil 3.20. Tuşede, düz yay (C) ve öne eğik yay (C1) verilerinin karşılaştırmalı genlik değerleri.

Aşağıdaki Şekil 3.21’de ise düz yay ve öne eğik yay tekniği ile elde edilen genlik verilerinin karşılaştırmalı grafiksel gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.21. Farklı ses noktalarında ölçülen düz yay ve öne eğik yay verilerinin karşılaştırmalı grafiği. \* Önemli ölçüde farklı.

Üç ana ses noktasında düz yay tekniği ve öne eğik yay tekniği ile çalınan notaların karşılaştırmalı grafiğinden de anlaşılacağı gibi, köprüde ve ortada eğik yay ile çalınan notaların genlik değerlerinin aynı noktalarda düz yay ile çalınan notaların genlik değerlerine göre düşüş gösterdiği göze çarpmaktadır. Bu sonuçlara göre, köprüde öne eğik yay ile elde edilen veriler (A1), köprüde düz yay ile elde edilen verilere göre %12,5 düşüş göstermiştir. Anova Analiz sonuçlarına göre bu düşüş “*significantly different*” önemli ölçüde farklı değildir. Ortada öne eğik yay ile elde edilen veriler, aynı noktada düz yay ile elde edilen verilere göre %10 düşüş göstermiştir. Bu düşüş köprüde çalınan örnekler arasındaki düşüşten yüzde olarak daha az olsa da Anova Analiz sonuçlarına göre “*significantly different*” önemli ölçüde farklıdır.

Bu çalışmada göze çarpan sonuç ise, diğer ses noktalarında öne eğik yay ile elde edilen veriler düz yay verilerine göre düşüş eğilimindeyken, tuşede öne eğik yay ile elde edilen verilerin düz yay ile elde edilen verilere göre yükselme eğilimi göstermesidir. Analiz sonuçlarına göre tuşede öne eğik yay tekniği ile elde edilen veriler (C1) , aynı noktada düz yay ile elde edilen verilere oranla %22 artış göstermektedir. Bu artış Anova Analizine göre istatistiki olarak çok küçük bir farkla “*significantly different*” önemli ölçüde farklı değildir. Bütün ses noktalarında öne eğik yay tekniği ile daha az kıl teması sonucunda sürtünmenin azalarak dalga genlik değerlerin düşerken, tuşede çalınan örneklerde aksine artış göstermesi çarpıcı bir sonuçtur. Bu bilimsel verilerden hareketle icracı, sonorite<sup>24</sup> bakımından güçlü bir ses elde etmek istiyorsa tuşeye yaklaşımdan kaçınmalı ve ses noktasını köprüye doğru konumlandırmalıdır.

Deneylerde elde edilen en yüksek dalga genlik değerleri ilk olarak köprüde düz yay uygulamasında, ikinci olarak ortada düz yay uygulamasında görüldüğünden gür bir ses elde etmek isteyen bir icracının, icrasını köprüde ya da ortada düz yay ile gerçekleştirmesi avantaj sağlar diyebiliriz. Diğer yandan icracı daha düşük nüansta bir ses elde etmek istiyorsa ses noktasını tuşeye doğru taşımalı ve köprüye doğru yaklaşımdan kaçınmalıdır.

Tuşede ise eğik yay uygulaması değerlerinin, düz yay uygulamasına göre daha yüksek olmasından dolayı, tuşede öne eğimli yay ile çalmak icracıya düşük nüanslarda daha kaliteli bir ses elde etme noktasında avantaj sağlar diyebiliriz.

---

<sup>24</sup> Seslilik, ses gürlüğü.

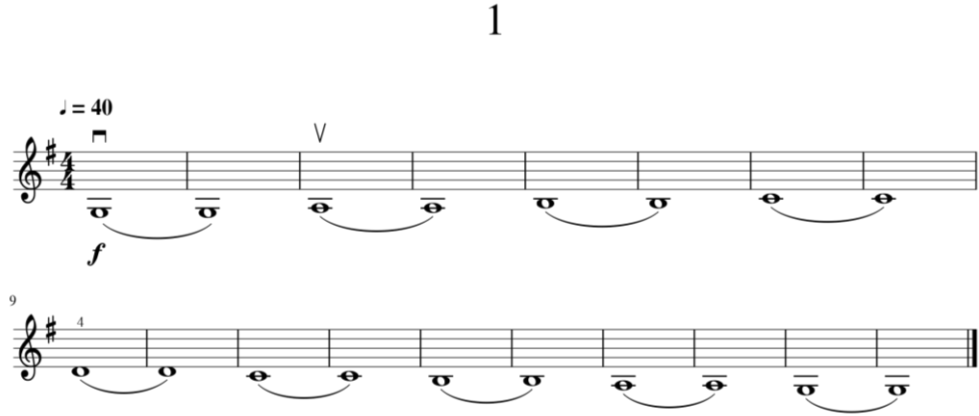
Sonuç olarak ses üretimine etki eden bütün sağ el unsurları aslında bilimsel bir temelle ilişkilidir ve birbirinden bağımsız değildir. İcracının sağ eli ile yaptığı herhangi bir hareket ya da atak sese doğrudan etki eder. İcracı bu uygulamalardan doğan sonuçları sesi dinleyerek fark edebilir fakat icracının bütün sağ el uygulamalarının sese nasıl etki ettiği hakkında teorik bilgilere sahip olması, pratikte doğru uygulamalar yapabilmesine yardımcı olacaktır.

## 4. SES ÜRETİMİ EGZERSİZLERİ

Bu bölümde, ses üretimi konusunda karşımıza çıkan, önemli sağ el teknik unsurları üzerine derlenmiş bir dizi egzersiz verilmiştir. Bu unsurlar; yay hızı, basınç, ses noktası ve yay eğimidir.

### 4.1. Yay Hızı Egzersizleri

1. Aşağıda verilen egzersiz forte (*f*) nüansta bütün yay kullanarak çalışılmalıdır. Baştan sona kadar olabildiğince yavaş tempoda (40 metronom) aynı nüansta kalarak uzun sesler çalmak yay hızı hakimiyetini geliştirirken yay basıncı konusunda da fayda sağlayacaktır. Aynı egzersizin piano (*p*) nüansta da çalışılması tavsiye edilir. Notalar, aynı yöntemle çalışılmak üzere çeşitlendirilebilir. Tel kalınlığına göre ses kontrolü değişeceğinden, bu egzersizi farklı tellere uyarlamak faydalı olacaktır.



2. Aşağıda verilen egzersiz forte (*f*) nüansta bütün yay ile çalınmalıdır. Hızlı tempoda bütün yay kullanımı ile kısa notalar çalmak sağ kolun daha aktif hareket etmesine sebep olacak ve yay hızına katkı sağlayacaktır. Bu egzersizde, yaya, kol ağırlığı dışında fazladan bir basınç uygulanmamalıdır. İstenilen forte (*f*) nüansa yüksek yay hızı ile ulaşılabilecektir. Notalar, aynı yöntemle çalışılmak üzere çeşitlendirilebilir.

## 2

♩ = 90

3. Aşağıda verilen egzersizde, ilk sekizlik nota yayın dibinde (topuk) çalındıktan sonra es (sus) sırasında yayı kaldırıp hızlı bir şekilde yayın ucuna gelerek iterek gelen ikinci nota uçta çalınmalıdır. Uçta iterek çalınan her sekizlik notadan sonra da yine es sırasında yayı kaldırıp hızlı bir şekilde yayın dibine gelerek çekerek gelen sekizlik notalar dipte çalınmalıdır. Bu egzersiz çalışılırken kolu çok kaldırmamak, yayı telden çok uzaklaştırmamak gerekir. Egzersizin temeli çekerek-iterek hareketidir. Devam eden çekerek-iterek hareketinde kolun serbest olması çok önemlidir. Egzersiz boyunca dipten–uca, uçtan–dibe geçerken yabancı seslerin çıkmamasına özen gösterilmelidir. Bu egzersiz sağ kolun oldukça aktif çalışmasını sağlayarak yay hızı kontrolünün gelişmesini sağlayacaktır. Aynı yöntemle çalışılmak üzere notalar isteğe göre çeşitlendirilebilir.

## 3

♩ = 60

V

\* dipte

\* uęta

\* dipte

\* uęta

5

4. Aşağıda August Casorti tarafından yazılmış bir egzersiz verilmiştir. Casorti, kendi metodunda bu egzersizi “*sürekli tonlarda melodi*” olarak adlandırmıştır ve bu egzersizi çalışırken her cümlenin yaklaşık 1 dakika devam süresi olması gerektiğini belirtmiştir. Casorti’ye göre bu ve buna benzer örnekler yay teknikleri içerisinde en önemli ve en zor olanıdır.

Bu egzersiz, bütün yay kullanılarak, herhangi bir müzikal anlatım olmadan salt nefes alan bir ses ile çalınmalıdır. Ayrıca yay hareketleri oldukça yumuşak ve belli belirsiz olmalıdır. Bu egzersiz, yay hızı kontrolünü geliştirmesinin yanı sıra, uzun müzikal cümleleri ifadesel olarak bölmeden ve anti müzikal hareketler yapmadan çalabilme konusunda da icracıya katkı sağlar. “Adagio”, egzersizin yavaş tempoda çalınması gerektiğini ifade eder (Casorti, The Techniques of Bowing, Op.50, s.22).

#### 4

Adagio

ppp

9

15

ppp

25

V

4

0

4

4

2

5. Aşağıda Simon Fischer tarafından düzenlenmiş yay hızı egzersizleri verilmiştir. Fischer, her örneğin aşağıda verilen şekillerde çalışılmasını tavsiye etmiştir.

- 1) Yayın çeyreğini kullanarak, dipte, ortada ve uçta.
- 2) Yayın yarısını kullanarak alt yarıda, ortada ve üst yarıda.
- 3) Bütün yay ile.

Bu egzersizde iterek ve çekerek gelen her notada notanın ritmik değerine bakılmaksızın eşit yay kullanımı hedeflenmiştir. Kısa notalarda, uzun notalara göre daha az yay kullanılmamalıdır.

Bu egzersiz daha önce yay hızı konusunda bahsedilen asimetrik yapıya örnektir. İterek gelen kısa notalarda nüans değişikliği ve aksan yapmamak için basıncı azaltmak faydalı olacaktır (Fischer, Basics, Edition Peters, 1997, s.53).

Simon Fischer

The image displays a musical score for a guitar exercise, attributed to Simon Fischer. The score is written for a single melodic line on a guitar, using a treble clef. It consists of six staves of music, each beginning with a repeat sign and a 'V' symbol above the staff, indicating a starting point for a phrase. The first staff is in 3/4 time, key of B-flat major. The second staff is in 4/4 time, key of B-flat major. The third staff is in 4/4 time, key of D major. The fourth staff is in 4/4 time, key of B-flat major. The fifth staff is in 4/4 time, key of B-flat major. The sixth staff is in 4/4 time, key of D major. The music features a variety of note values, including eighth, quarter, and half notes, as well as rests. The exercise is designed to be played at a steady tempo, with the 'V' symbol indicating the start of each phrase.

6. Aşağıda D.C. Dounis tarafından düzenlenmiş bir yay hızı egzersizi verilmiştir. Dounis, bu egzersizde esnek ve eşit bir “*legato*”<sup>25</sup>nun önemini vurgular.

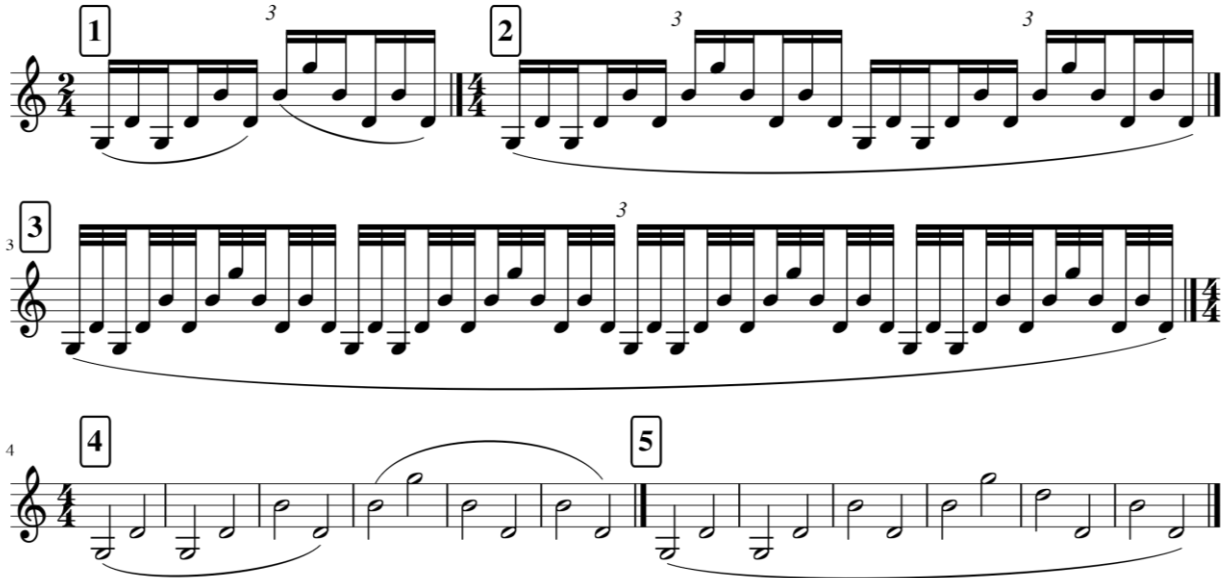
Yayın olabildiğince eşit bölünmesi gerektiğini böylece her notanın eşit vurulara sahip olacağını belirtir. Her notanın eşit vurulara sahip olması, yay ağırlığı, kol ağırlığı ve basınç unsurlarına da özen göstermeyi gerektirir.

Çünkü yay hızı sabit olsa da bahsi geçen değişkenler sesi etkileyecektir. Bu egzersiz önce “*forte*” nüansta, sonra “*piano*” nüansta çalışılmalıdır. Egzersiz, iki farklı nüansta çalışıldıktan sonra aşağıda verilen nüanslar ve dinamikler eklenerek çalışılabilir. Tüm egzersizler bütün yay kullanılarak çalışılmalıdır (Dounis, The Artist’s Technique of Violin Playing Op.12, 1921, s.81).

- a)  $p \text{ } \text{< } f \text{ } \text{> } p$       c)  $f \text{ } \text{> } p$   
b)  $f \text{ } \text{> } p \text{ } \text{< } f$       d)  $p \text{ } \text{< } f$

## 6

D.C.Dounis



<sup>25</sup> Legato, ardışık notalar arasında duraksamadan, bağlı çalmak anlamına gelir.

7. Aşağıda R. Kreutzer'in "*Keman Solo için Etütler*" kitabında yer alan 1 numaralı etütten bir kesit verilmiştir. Bu etüt yay hızını geliştirmek için faydalı olacaktır. Bu etüdü verilen nüans ve dinamiklere uyarak çalışmak büyük önem taşır. Verilen dinamikleri uygularken yalnızca yay hızı unsuru yeterli olmadığından yay basıncını da hesaba katmak gerekir ki bu sayede egzersiz yay basıncını da geliştirmeye katkı sağlayacaktır. Bu eserde, yay basıncının yay hızına oranı da oldukça önemlidir. Çünkü yavaş tempoda uzun bağlar çalarken yay hızı fazla devinim gösteremeyeceğinden, gereğinden fazla basınç uygulamak tellerin sağlıklı titreşmesine engel olacaktır.

Eser, önerilen tempoda çalışılmalıdır. *Adagio sostenuto*, yavaş tempoda, tutarak çalmak gerektiğini ifade eder (Kreutzer, *Keman Solo için Etütler*, s.3).

7

R. Kreutzer

*Adagio sostenuto*

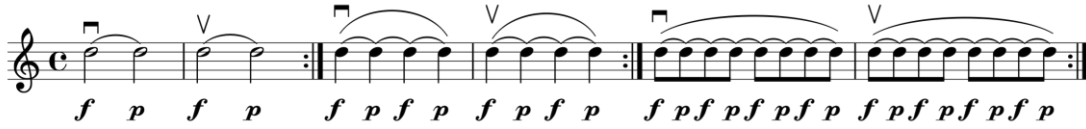


#### 4.2. Basınç Egzersizleri

1. Aşağıda Simon Fischer'in "*Basics*" kitabında yer alan bir basınç egzersizi verilmiştir. Fischer, bu egzersizi ilk öğreten isimlerden birinin Leopold Mozart olduğunu, Capet ve onun öğrencisi Galamian'ın da bu egzersizi kullandığını, Dounis'in ise bu egzersizi çeşitlendirerek eserlere uyguladığını belirtmiştir. Bu egzersiz, bütün yay ile vibratosuz çalışılmalıdır. Forte (*f*) nüansa olabildiğince güçlü çalınmalı fakat sesin tınısını bozacak aşırı bir yay basıncından kaçınılmalıdır. Forte çalarken aynı zamanda yayın hızını da biraz arttırmak istenilen tınıya ulaşmakta fayda sağlayacaktır.

Nüans geçişlerinin *subito*<sup>26</sup> olması, *crescendo*<sup>27</sup> ya da *diminuendo*<sup>28</sup> yapılmaması çok önemlidir. Her grup çekerek yay ile başlayarak yeteri kadar çalışıldıktan sonra egzersize iterek yay ile başlayarak aynı nüanslar ve aynı yöntemle çalışılması tavsiye edilir (Fischer, Basics, Edition Peters, 1997, s.54).

## 1



2. Yukarıdaki egzersizi Dounis'in eserlere uyguladığını söylemiştik. Eserlerde karşımıza çıkan bağlı pasajları *portato*<sup>29</sup> ile ayırarak çalmak D.C Dounis'in yukarıdaki egzersizden yola çıkarak geliştirdiği bir çalışma metodudur. Aşağıda Dounis'in çalışma metoduna örnek olarak Mendelssohn Keman Konçertosu'ndan bir kesit verilmiştir. Bağlı notaları *portato* ile ayırmak tıpkı yukarıdaki egzersiz gibi tele anlık, derinlemesine basınç uygulayarak mümkün olabilir. Bu çalışma yöntemi benzer tüm pasajlara uygulanabilir.

## 2



3. Ivan Galamian basınç konusunda diğer ses üretimi unsurlarını da dâhil ettiği bazı egzersiz önerilerinde bulunmuştur.

Bunlardan ilki şöyledir;

\* “Köprüye yakın bir noktada yavaş yay hızıyla bir hayli basınç uygulayarak uzun sesler çalın. Rezonansı dinleyerek doğru ses noktasına ulaştıktan sonra aynı basınçla yay hızını aşamalı olarak arttırın. Yay hızı arttıkça ses noktasını tuşeye doğru taşıyın.”

<sup>26</sup> Subito, ani nüans değişimini ifade eder.

<sup>27</sup> Crescendo, ses gürlüğü'nün dereceli olarak artması gerektiğini ifade eden müzik terimidir.

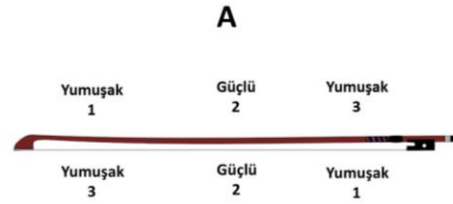
<sup>28</sup> Diminuendo, ses gürlüğü'nün dereceli olarak azalması gerektiğini ifade eden müzik terimidir.

<sup>29</sup> Portato, yaylı çalgılarda bir yay tekniğidir. Aynı bağın içindeki notaları artiküle ederek belirtmeyi ifade eder.

\* “Bu sefer aynı egzersize, daha hafif bir basınç ve oldukça hızlı bir yay ile başlayın. Doğru ses noktasını bulduktan sonra (bu koşullarda köprüden uzakta tuşeye yakın bir nokta olacaktır) yay hızını değiştirmeden yay basıncını aşamalı olarak artırın. Sabit hızda kalarak ses noktasını köprüye doğru taşıyın.” (Galamian, Principles of violin playing and teaching, 2013, s.60)

4. Leopold Mozart, iyi bir ton üretmek için basınç ile ilgili şu egzersizlerin çalışılmasını önermiştir;

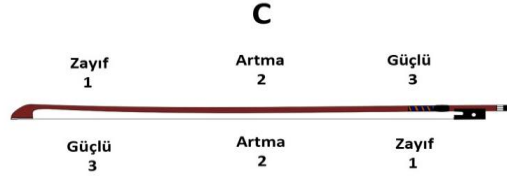
A) Hoş bir yumuşaklıkla çekerek ya da iterek yay ile başlayın. Yayın ortasında en büyük sese ulaşacak şekilde basıncı hissettirmeden arttırın. Ortada yeterli sese ulaştıktan sonra aşamalı olarak uyguladığınız basıncı hafifleterek yayın sonunda tamamen yumuşaklığa ulaşın ve sesi tamamen söndürün. Leopold Mozart’a göre yavaş tempoda temiz ve leziz uzun sesler çalabilmek için bu egzersiz oldukça yavaş ve mümkün olduğunca yayı tutarak çalışılmalıdır (Mozart, Treatise on the Fundamentals Principles of Violin Playing, Oxford University Press, 1951, s.135-136).



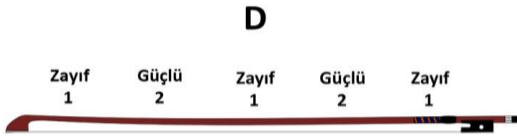
B) İkinci versiyonda, aşağıda belirtilen şekilde çekerek ya da iterek güçlü bir sesle başlayın. Sonra aşamalı olarak sesi azaltın ve sesi oldukça yumuşak bir şekilde sonlandırın. Leopold Mozart bu versiyonun iterek başlayarak da çekerek başlayarak da disiplinli bir şekilde çalışması gerektiğini belirtir. Bu egzersizin daha çok hızlı tempoda birbirini takip eden kısa notalar için faydalı olacağını söyler.



C) Egzersizin üçüncü aşaması aşağıdaki gibidir. Bu egzersize iterek ya da çekerek yumuşak ve hafif başlamak, yayın ortasına doğru sesi aşamalı ve yumuşak bir şekilde arttırmak gerekir. Yayın sonunda ise sesi kuvvetli bir şekilde sona erdirmek gerekmektedir. Bu egzersizin de oldukça yavaş çalışılması önerilir.



D) Leopold Mozart'ın bu egzersizinin son basamağında ise bir iterek ya da çekerek yayda birden fazla zayıf-güçlü döngüsü vardır. Leopold Mozart, bu döngünün bir yayda beş ya da altı kez yapılabileceğini, böylece yayın her noktasının ustaca kullanılabileceğini söyler.



#### 4.3. Ses Noktası Egzersizleri

Aşağıda Carl Flesch tarafından yazılmış ses noktası egzersizleri verilmiştir.

1. Bu egzersizde piano nüanstan başlayarak *crescendo* ile forte nüansa ulaşan ve sonra *decrescendo* ile tekrar piano nüansa düşen sekizlik grupları verilmiştir. Burada önemli olan piano nüansları tuşede çalmak ve *crescendo* ile birlikte ses noktasını merkezi noktaya taşımaktır. *Decrescendo* başladığında ise merkezde konumlanmış yayı aşamalı olarak tuşeye yaklaştırarak ses noktasını tekrar değiştirmek gerekir. (Flesch, Problems of Tone Production in Violin Playing, 1934, s.18)

T. ----- tuşede.

MN.----- merkezi noktada. (orta)

1



Yukarıdaki egzersizi çalışmaya başlamadan önce, aşağıda gösterilen biçimde, ilk olarak merkezi noktada *forte* nüansta sekizlikler çalmak, sonra tuşede *piano* nüansta sekizlikler çalmak faydalı olacaktır.

A



B



2. Bu egzersiz hem bir pozisyon değiştirme hem de bir ses noktası egzersizidir. Tek telde (sol teli) çalışılacak olan bu egzersizde ilk ikilik nota piano nüansta merkezi noktada çalınmalı sonra ses noktasını köprüye taşıyarak büyük bir *crescendo* ile ölçünün ikinci notasında forte nüansa ulaşılmalıdır. Her ölçüde aynı yöntem uygulanmalıdır. Bu egzersiz diğer tellere uyarlanabilir ve ses noktası prensiplerini göz önünde bulundurarak farklı ses noktalarında farklı nüanslardan başlayarak çeşitlendirilebilir. *Segue*, her ölçünün ilk iki ölçüdekine benzer şekilde çalınması gerektiğini ifade eder. (Flesch, Problems of Tone Production in Violin Playing, 1934, s.18)

MN. ----- merkezi noktada. (orta)      K. ----- köprüde.

2

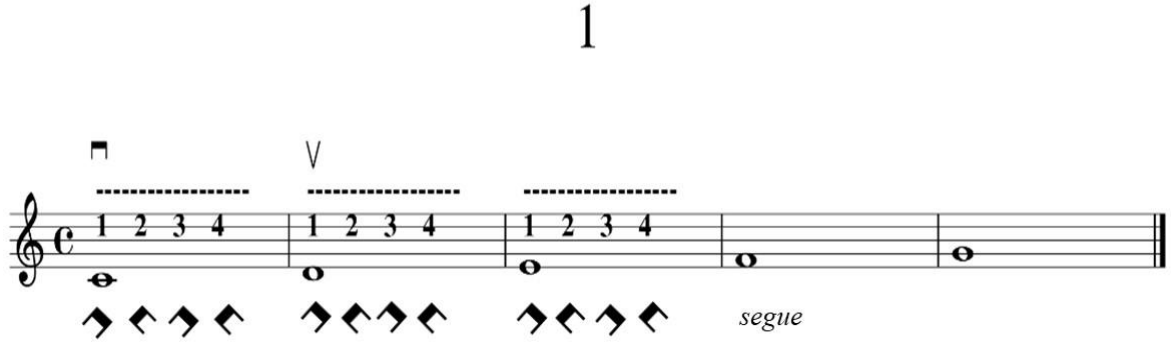


#### 4.4. Yay Eğimi Egzersizleri

1. Aşağıda Lucien Capet tarafından düzenlemiş bir yay eğimi egzersizi verilmiştir. Bu egzersize “*roulé*” tekniği egzersizi adı verilmiştir. “*Roulé*” tekniği uzun notaları icra esnasında (tek ses ya da çift ses) sağ el parmakları yardımı ile yay gövdesini dönüşümlü olarak tuşeye ve köprüye doğru döndürmektir. Bu döndürme hareketi ani ataklardan kaçınarak yavaş yavaş ve yumuşak bir şekilde yapılmalıdır. Bu teknik sağ elde yay ile vibrasyon yaratmak için de kullanılır. (Capet, La Technique Supérieure de l’Archet, 1916)

➤ tuşeye doğru

◀ köprüye doğru



2. Aşağıda Simon Fischer tarafından önerilen bir yay eğimi egzersizi verilmiştir. Bu yay eğimi egzersizi Simon Fischer’in yazdığı basınç egzersizine oldukça benzer bir çalışmadır. Bu çalışmada, düz yay ve eğik yay nöbetleşe bir şekilde karşımıza çıkmaktadır. Her grup yeteri kadar tekrar edildikten sonra aynı egzersiz iterek-eğik yay ile başlanarak aynı yöntem ile çalışılabilir. Bu egzersizde bütün yay kullanılmalıdır. Verilen örnek düz yay kullanımı esnasında ses noktasını köprüye doğru taşıyarak, eğik yay kullanımı esnasında da tam tersi yayı tuşeye doğru taşıyarak bir ses noktası egzersizi olarak da çalışılabilir. (Fischer, Basics, Edition Peters, 1997, s.38)

E ----- Eğik yay ile. (öne eğimli)

2

69

## 5. SONUÇ

Profesyonel bir enstrüman icracısının enstrümanındaki yetkinliğini belirleyen ilk ve en önemli faktör elde ettiği sestir. Başlı başına bir bilim dalı olarak ses, oluşum sürecinde pek çok fizik olayını içinde barındırır. Dolayısıyla enstrümandan ses üretimi sürecinde dikkate alınması gereken önemli fizik olayları ve bu fizik olaylarını açıklamak için kullanılan önemli bilimsel terimler vardır.

Keman, yaylı çalgılar ailesinin en küçük üyesi olarak hassas dengelere sahip olduğundan, ses üretimi konusunda tatmin edici sonuçlar elde etme noktasında zorlu bir enstrümandır. Bu sebeple yüzyıllar boyunca gerek lütiyeler<sup>30</sup> gerek keman pedagogları ses üretimi konusuna önemle eğilmişlerdir. Kemanda ses üretimi, yalnızca kemanın yapısal özellikleri ile açıklanamaz. Enstrümanın yapısal özellikleri elde edilen sesin tınısını, karakterini şekillendiren önemli bir faktör olsa da ses üretimi konusunda karşımıza çıkan en önemli tamamlayıcı faktör çalgı grubuna adını veren yaydır. Teller üzerinde sürtünme kuvveti oluşturarak doğrudan ses üretimi sürecini gerçekleştiren bir araç olarak yay, yapısal özellikleri ve materyalleri ile bir bütündür. Yay bütün olarak ses üretimine doğrudan etki eder. Bu sebeple kemanda ses üretimi söz konusu olduğunda yayın ses üzerindeki etkileri bakımından, yapısı ve materyal özellikleri bazında ayrıca incelenmesi gerekliliği düşünülmüştür.

İcracının sol el tekniği ses üretimini etkileyen önemli bir unsur olsa da ses üretimi sürecini esas şekillendiren icracının sağ el tekniğidir. Bu sebeple bu çalışmada ses üretimi konusu sağ el teknikleri ekseninde incelenmiştir. Bütün olarak kemanda sağ el teknikleri oldukça kapsamlı, ayrıca ele alınması gereken bir konudur. Fakat ses üretimi söz konusu olduğunda bilimsel ve akademik çevrelerin önemle üzerinde durduğu özel unsurlar vardır. Bu unsurlar, iyi yapılandırılmış bir yay tutuşundan sonra yay hızı, yay basıncı ve yayın tele temas ettiği noktayı ifade eden ses noktasıdır. Ses üretimi sürecinde karşımıza çıkan bir diğer önemli unsur ise yay eğimidir. Yay eğiminin sesi nasıl etkilediği üzerinde tartışılan bir diğer önemli konudur.

---

<sup>30</sup> Yaylı çalgılar yapımcısı.

Bu çalışmada, ilk olarak, sesin oluşum sürecinde meydana gelen, aynı zamanda kemandan ses üretimi sürecini açıklarken de kullanmamız gereken önemli fiziksel süreçler ve bu süreçlerin beraberinde getirdiği temel akustik kavramlar ele alınmış, böylece icracının ses üretimi konusu ile ilgili bilimsel bir alt yapıya sahip olması amaçlanmıştır.

Birinci bölümde çalışmanın alt yapısını oluşturacak olan fiziksel süreçler ve terimler ele alındıktan sonra ikinci bölümde kemanda yay ile ses üretimi bütün yönleri ile incelenmiştir. Kemanda yay ile ses üretimi başlığı altında öncelikle müziği diğer seslerden ayıran özelliklerden, bu özellikleri açıklarken kullanılan akustik terimlerden ve kemandan ses üretirken meydana gelen fizik olgularından bahsedilmiştir. Kemanda ses üretimi sürecinde meydana gelen fizik olgularından biri olan yapışıp-kayma döngüsünün ses üzerindeki önemli etkisi üzerinde durulmuştur. Statik sürtünmenin (yapışma) çoğalmasının ses üretimini olumlu etkilediği ve statik sürtünmenin artmasında reçinenin önemli bir rolü olduğu sonucuna varılmıştır. Bir icracının ses üretim sürecini bütünsel olarak kavraması bakımından bu bölümde verilen bilimsel bilgiler önemlidir. İkinci bölümün devamında ses üretim sürecinin birincil aracı olarak yay yapısal olarak incelenmiş ve materyallerin sese olan etkisi üzerinde durulmuştur. Yay gövdesinin, icra kontrolü bakımından büyük önem taşıdığı ve icracının çalma olanaklarına doğrudan tesir ederek ses üretimi sürecini etkilediği ortaya konmuştur. İcra sırasındaki yay kontrolü ve çalma olanaklarının; gövde üzerindeki ağırlık dağılımı, ağırlık merkezinin konumu, gövdenin direnci ve elastikiyeti gibi konuları kapsadığı belirlenmiştir. Ses üretimini etkileyen bu önemli özellikler yayın yapıldığı malzeme ile ilgili olduğundan, gövdenin yapıldığı malzemenin kalitesine dikkat çekilmiştir. Özellikle yay gövdesinde kullanılan ağaç malzemenin uygulanan kuvvet karşısında yapısal olarak deformasyona uğramaması gerektiği, dolayısıyla gövdenin elastikiyet kat sayısının yüksek olması gerektiği saptanmıştır. Yay kılı ise doğrudan ses üretimini etkileyen bir materyal olarak değerlendirilmiş, yay kılı ve yay kılının yapısal özellikleri üzerinde önemle durulmuştur. Bu bölümde özellikle sürtünme kuvveti sonucunda yay kılının yüzeyinde ve tellerde oluşan ısıya dikkat çekilmiş, fazla ısı artışı sonucunda tonsal problemlerin ortaya çıkabileceği tespit edilmiştir. Aynı zamanda sürtünme kuvvetiyle yay kılı yapısında oluşan aşınmalar ve deformasyonlar taramalı-elektron mikroskopu görüntüleriyle ortaya konmuştur.

Yay materyalleri ses üretimi bakımından incelendikten sonra bir sonraki bölümde ses üretimine etki eden sağ el teknik unsurları ele alınmıştır.

Bu unsurlar, yay tutuşu, yay hızı, yay basıncı, ses noktası ve yay eğimi şeklinde belirlenmiştir. Belirtilen önemli sağ el teknik unsurları hakkında temel bilgiler verilmiş, sıklıkla yapılan çeşitli teknik hataların üzerinde durularak bu unsurların ses üretimine olumlu katkılar sağlayacak şekilde nasıl kullanılabileceği saptanmıştır. Tüm bu unsurların tek başına ses üretimini şekillendirmede yeterli olmadığı, ancak bu unsurları değişen koşullara göre birbiriyle ilişkili olarak şekillendirerek ses üretimi sürecine olumlu katkılar sağlanabileceği sonucuna varılmıştır.

Çalışmamızın analiz kısmında, kemanda yay ile ses üretimi söz konusu olduğunda karşımıza çıkan iki önemli teknik unsur, ses noktası ve yay eğiminin ses şiddetini nasıl etkilediği ses kayıtlarının “MATLAB” programında “*Ayrık Fourier Dönüşümü* “ alınarak ölçümlenmiş ve Anova (Tek Yönlü Varyans) Analizi ile istatistiki olarak değerlendirilen deney verileri verilmiştir.

Elde edilen verilere göre, iki ayrı yay tekniğinde de en yüksek ses şiddetinin, ses noktası köprüye yakın konumlandırıldığında elde edildiği, ses noktasını tuşeye doğru taşıdıkça ses şiddetinin azalma eğilimi gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bu düşüş trendinin eğik yay ile çalınan örneklerde, düz yay ile çalınan örneklerde elde edilen değerlere kıyasla daha az olduğu saptanmıştır. Yine aynı verilere göre, düz yay tekniği ile köprüde ve merkezi noktadaki icralarda, eğik yay tekniğine göre ses şiddeti bakımından daha olumlu sonuçlar elde edildiği fakat tuşede, diğer ses noktalarının aksine eğik yay tekniğinin düz yay tekniğine göre ses şiddeti bakımından daha olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Böylece tuşede daha iyi tonal sonuçlar elde etmek için eğik yay tekniğinin kullanılmasının fayda sağlayacağı bulgulanmıştır. Elde edilen deney sonuçları icracının sağ el teknik unsurlarını bilimsel verilere dayanarak şekillendirebilmesi bakımından büyük önem taşır. Çalışmamızın son bölümünde ise bahsi geçen sağ el teknik unsurlarını geliştirmeye ve çeşitlendirmeye yardımcı olacak bir dizi egzersiz verilmiştir. Bu bölümde August Casorti, Simon Fischer, Carl Flesch, Rodolphe Kreutzer, D.C.Dounis, Leopold Mozart, Lucien Capet, Ivan Galamian gibi ünlü pedagogların çalışmalarından faydalanılmıştır.

Bir keman icracısının, öncelikli hedefi, enstrümanından herkes tarafından kabul görecektir, beğenilecek bir ses ve tını elde etmek olmalıdır. Bu bağlamda bu çalışma, kemanda yay ile ses üretimi sürecini bilimsel olarak kavramak, bu bilimsel alt yapı

rehberliğinde sağ el icra tekniklerini şekillendirmek ve ses konusundaki farkındalığı arttırmak açısından bir kaynak niteliğindedir. Kemanda yay ile ses üretimi konusunu farklı yönleriyle kapsamlı bir şekilde ele alan bu çalışma, literatüre katkı sağlayarak bu alanda yapılacak yeni bilimsel ve akademik çalışmalara zemin hazırlayabilir.

## KAYNAKÇA

- [1] Auer, L. (2003). *Violin playing as i teach it*. Dover Books on Music.
- [2] Thistleton, F. (1924). *The art of violin playing for players and teachers*. “The Strad” Library, No. XXIII.
- [3] Zeren, A. (2014). *Müzik Fiziği*. Pan Yayıncılık.
- [4] Parker, B. (2015). *Güçlü titreşimler – Müziğin fiziği*. (Çev. C. Güray ve M. Sözer), Tübitak Yayınları.
- [5] Erkal F.E. ve Yürekli F. (2007). Müziksel ses-mekan ilişkisinde dokunsal bir beden-mekan matrisinin doğuşu. *İtü Dergisi*, 6 (1), 46-47.
- [6] Romine G.S. (2004). Standing waves on a string. *Stanfords Physics Dept.* <https://web.stanford.edu/dept/astro/dorris/StandingWaves.pdf> (Erişim tarihi: 21.01.2018)
- [7] Rogers, W.F. (2013). *Physics of music;science and art*. Santa Barbara, CA: Wesmont College. (s.69)
- [8] Askenfelt A. (1995), Observations on the violin bow and the interaction with the string. *STL-QPSR*, 36 (2-3), 25.
- [9] Flesch C. (1934). *Problems of tone production in violin playing*. New York: Carl Fischer Edition.
- [10] Galamian I. (2013). *Principles of violin playing & teaching*. Mineola, New York: Dover Publications, Inc.
- [11] Yaygıngöl H.S. (2018). Yay kılının keman üzerindeki etkileri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Devlet Konservatuvarı, İbrahim Alimoğlu Müzik Müzesi Yayınları. Çalgı Bilim Konuşmaları* 2, 65-72-73.
- [12] Rocabay F. (1990). The structure of bow hair fibres, *Catgut Acoust Soc J*, 1/6 (Series II). 34-36.
- [13] Smith JH. (1990). *Stick-slip vibration and its constitutive laws*, Ph.D.diss. University of Cambridge.
- [14] Martens H.F. (2006). *Violin Mastery: Interviews with Heifetz, Auer, Kreisler and Others*. Mineola, New York: Dover Publications.
- [15] Levine E. (2016). *A modern guide to violin mastery*. Leicestershire: Troubador Publishing Ltd.

- [16] Courvuiser C. (1908). *Technics of violin playing on Joachim's method*. London: "The Strad" Library No.I s.85-86
- [17] McLennan J. (1993). *The Art, History, and Science of Violin Making* (lecture, University of Newcastle, Australia. (s.5)
- [18] Berger J. (2014). Tone production – The heart and soul of violin. <https://teachsuzukiviolin.com/violin-tone-production>
- [19] Pitteroff R. , Woodhouse J. (1998). Mechanics of the contact area between a violin bow and a string. *Acta Acoustica*, 84/5, 929-946
- [20] Schoonderwalt E., Guettler K., Askenfelt A., (2003). Effect of the width of the bow hair on the violin string spectrum. *Stockholm Music Acoustics Conference*, (SMAC 03)
- [21] Giray S. (2013). To tilt or not to tilt. *The American String Teacher Journal*.
- [22] Casorti A. (1909). *The techniques of bowing. Op.50*. New York: G.Schirmer.
- [23] Fischer S. (1997). *Basics*. London: Edition Peters.
- [24] Dounis D.C. (1921). *The Artist's Technique of Violin Playing Op.12*, New York: Carl Fischer.
- [25] Kreutzer R. (1894). *Fourty two studies or caprices for the violin*. New York: G.Schirmer.
- [26] Mozart L. (1951). *Treatsie on the Fundamentals Principles of Violin Playing*, Oxford, New York: Oxford University Press.
- [27] Capet L. (1916). *La Technique Supérieure de l'Archet*. Paris: Editions Maurice Senart. (s.24-25)

## İnternet Kaynakları

- (http-1) [www.yildiz.edu.tr/~yates/Temel\\_Bilgiler.doc](http://www.yildiz.edu.tr/~yates/Temel_Bilgiler.doc) (Erişim tarihi: 15.09.2018).
- (http-2) <http://www.zafercomert.com/IcerikDetay.aspx?zcms=157> (Erişim tarihi: 20.05.2019).
- (http-3) <http://mustafaotrar.net/istatistik/tek-yonlu-varyans-analizi-anova/> (Erişim tarihi: 18.09.2018).
- (http-4) <http://www.cs.toronto.edu/~gpenn/csc401/soundASR.pdf> (Erişim tarihi: 07.06.2017).
- (http-5) <http://www.cochlear.com/wps/wcm/connect/tr/home/understand/hearing-and-hl/how-hearing-works> (Erişim tarihi: 12.06.2017)
- (http-6) <https://physicsabout.com/speed-of-sound/> (Erişim tarihi: 13.07.2017).
- (http-7) [http://macao.communications.museum/eng/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2\\_11\\_0\\_StandingWave.html](http://macao.communications.museum/eng/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2_11_0_StandingWave.html) (Erişim tarihi: 23.07.2017).
- (http-8) <http://www.avatar.com.au/courses/PPofM/intensity/Intensity1.html> (Erişim tarihi: 10.09.2017).
- (http-9) <https://www.physicsclassroom.com/class/sound/Lesson-2/Intensity-and-the-Decibel-Scale> (Erişim tarihi: 01.08.2017).
- (http-10) <https://www.thermaxxjackets.com/sound-pressure-math/> (Erişim tarihi: 01.08.2017).
- (http-11) <http://www.acoustical.co.uk/acoustitips/i-sound-power-sound-pressure-technical/> (Erişim tarihi: 04.08.2017).
- (http-12) <http://physics.info/music/> (Erişim tarihi: 07.11.2017).
- (http-13) <https://demos.smu.ca/index.php/demos/waves/20-sound-waves> (Erişim tarihi: 9.04.2018).
- (http-14) <http://physics.info/music/> (Erişim tarihi: 07.11.2017).
- (http-15) <https://www.quora.com/Why-do-violins-have-so-many-harmonic-overtones> (Erişim tarihi: 26.02.2017).
- (http-16) <http://www.kuijkenviolins.com/tension/index.html> (Erişim tarihi: 03.02.2018).
- (http-17) [http://brebru.com/violinhistory/vscience\\_bs3.html](http://brebru.com/violinhistory/vscience_bs3.html) (Erişim tarihi: 12.08.2017).
- (http-18) <http://knutsacoustics.com/files/The-Helmholtz-motion.pdf> (Erişim tarihi: 09.06.2018).
- (http-19) <http://keywordsuggest.org/gallery/606816.html> (Erişim tarihi: 08.05.2018).
- (http-20) <https://newt.phys.unsw.edu.au/jw/violinarticulation.html>, (Erişim tarihi: 29.05.2018).
- (http-21) <https://www.thestrad.com/how-to-master-bow-speed-and-distribution/2922.article>, (Erişim tarihi: 27.06.2018).

- (http-22) [http://imslp.org/wiki/Violin\\_Concerto,\\_Op.64\\_\(Mendelssohn,\\_Felix\)](http://imslp.org/wiki/Violin_Concerto,_Op.64_(Mendelssohn,_Felix)) (Erişim tarihi: 10.04.2018).
- (http-23) <https://www.thestrاد.com/6-ways-to-control-bow-pressure/143.article> (Erişim tarihi: 18.05.2018).