

**T.C.  
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**OTOMOBİL ARKA RÜZGÂRLIĞININ  
TİTREŞİM ANALİZİ**

**Rıza Çağatay ARSLAN**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Davut Erdem ŞAHİN**

**Yozgat 2019**



**T.C.  
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**OTOMOBİL ARKA RÜZGÂRLIĞININ  
TİTREŞİM ANALİZİ**

**Rıza Çağatay ARSLAN**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Davut Erdem ŞAHİN**


**Yozgat 2019**

T.C.  
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEZ ONAYI**

Enstitümüzün Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı 70111710002 numaralı öğrencisi Rıza Çağatay ARSLAN'ın hazırladığı “Otomobil Arka Rüzgarlığının Titreşim Analizi” başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 29/08/2019 Perşembe günü saat 14:00'da yapılmış, tezin onayına oy çokluğu / oy birliğiyle karar verilmiştir.

**Başkan** : Doç.Dr.Kemal YILDIZLI



**Jüri Üyesi (Danışman)** : Dr.Öğr.Üyesi Davut Erdem ŞAHİN



**Jüri Üyesi** : Dr.Öğr.Üyesi Cemil ALTIN



**ONAY:**

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 12.../09.../20.19 tarih ve 43. sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

12.../09.../20.19

  
Prof. Dr. Mustafa SAÇMACI  
Müdür

# İÇİNDEKİLER

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| <b>ÖZET</b> .....  | <b>iii</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | <b>iv</b>    |
| <b>TEŞEKKÜR</b> .....  | <b>v</b>     |
| <b>TABLolar LİSTESİ</b> .....                                | <b>vi</b>    |
| <b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....                                | <b>vii</b>   |
| <b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....                             | <b>xi</b>    |
| <b>SEMBOLLER LİSTESİ</b> .....                               | <b>xiii</b>  |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....  | <b>1</b>     |
| <b>2. OTOMOBİL ARKA RÜZGÂRLIĞI</b> .....                     | <b>2</b>     |
| 2.1. Otomobil Arka Rüzgârlık Tariçesi.....                   | 3            |
| 2.2. OAR Çeşitleri.....                                      | 4            |
| 2.3. OAR Üretiminde Kullanılan Malzemeler .....              | 6            |
| 2.3.1. Fiberglas.....  | 6            |
| 2.3.2. Polyester.....  | 6            |
| <b>3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....                        | <b>7</b>     |
| <b>4. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....                           | <b>13</b>    |
| 4.1. Tasarım ve OAR Prototipinin Üretimi.....                | 13           |
| 4.2. Prototipin Motor ve Yük Sensörü Bağlantısı .....        | 15           |
| 4.3. Rüzgâr Tüneli.....                                      | 16           |
| 4.3.1. Rüzgâr Tünelinin Bölümleri .....                      | 18           |
| 4.3.1.1. Emiş Fanı .....                                     | 18           |
| 4.3.1.2. Deney Odası .....                                   | 18           |
| 4.3.1.3. Difüzör .....                                       | 19           |
| 4.3.1.4. Kollektör .....                                     | 19           |
| 4.3.1.5. Hava Alığı ve Dinlenme Odası .....                  | 20           |
| 4.4. Kontrol Deneyi Düzeneginin Elektronik Bileşenleri ..... | 20           |
| 4.4.1. Arduino Kart .....                                    | 21           |
| 4.4.2. Adım Motor.....                                       | 22           |
| 4.4.3. Ağırlık Sensörü .....                                 | 22           |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.4.4. Yük Hücresi Amplifikatörü .....              | 23        |
| 4.4.5. Adım Motor Sürücüsü.....                     | 24        |
| 4.5. Matematiksel Model.....                        | 25        |
| 4.6. Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi .....      | 27        |
| 4.6.1. Direngenlik Katsayısının Bulunması .....     | 27        |
| 4.6.2. Sönüm Katsayısının Bulunması .....           | 29        |
| <b>5. DENEYLER .....</b>                            | <b>30</b> |
| 5.1. OAR'ın Deneysel ve Sayısal Modal Analizi ..... | 30        |
| 5.1.1. OAR'ın Deneysel Modal Analizi.....           | 30        |
| 5.1.2. OAR'ın Sayısal Modal Analizi .....           | 34        |
| 5.2. Akış Anında OAR'ın Titreşim Deneyi .....       | 38        |
| 5.3. OAR'ın Kontrol Deneyi.....                     | 55        |
| <b>6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....</b>                | <b>61</b> |
| <b>KAYNAKLAR .....</b>                              | <b>63</b> |
| <b>EKLER.....</b>                                   | <b>66</b> |
| Yazılımlar.....                                     | 66        |
| Arduino ile kontrol yazılımı.....                   | 66        |
| Grafik yazılımı .....                               | 69        |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                | <b>75</b> |

# OTOMOBİL ARKA RÜZGÂRLIĞININ TİTREŞİM ANALİZİ

Rıza Çağatay ARSLAN

Yozgat Bozok Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

2019; Sayfa: 75

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Davut Erdem ŞAHİN

## ÖZET

Bu tezde otomobil arka rüzgârlığı için bir profil tasarlanarak 3D yazıcı yardımıyla prototipin imalatı yapılmıştır. Prototip üzerinde çekiç testi ve rüzgâr tüneli testleri gerçekleştirilmiştir. Serbest titreşim uygulanarak profilin sönüm ve direngenlik katsayıları belirlenmiştir. Abaqus yardımıyla simülasyon yapılarak, simülasyon ve gerçek doğal frekansları karşılaştırılmıştır. Rüzgârlığın, farklı açılarda sabit bir referans yük değerini koruması için Arduino ile bir kontrol yazılımı gerçekleştirilmiştir. Yapılan yazılımın rüzgârlığı referans yük değerine taşıdığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Otomobil arka rüzgârlığı, rüzgârlık titreşimleri, rüzgârlık kontrolü.

# VIBRATION ANALYSIS OF A CAR REAR SPOILER

**Rıza Çağatay ARSLAN**

**Yozgat Bozok University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mekatronic Engineering  
Master of Science Thesis**

**2019; Page: 75**

**Thesis Supervisor: Assist. Prof. Dr. Davut Erdem ŞAHİN**

## **ABSTRACT**

In this thesis, a profile is designed for automobile rear spoiler and prototype is manufactured with the help of 3D printer. Hammer test and wind tunnel tests were performed on the prototype. The damping and strength coefficients of the profile were determined by applying free vibration. The simulation and real natural frequencies were compared with the help of Abaqus. A control software has been implemented by Arduino to maintain a constant reference load value at different angles. It is observed that the reference load value is reached more quickly in angles with high damping property.

**Keywords:** Automobile rear spoiler, vibration of spoilers, control of spoiler.



## TEŞEKKÜR

Her Őeyden önce gerek yüksek lisans eğitimim süresince ve gerekse tüm tez çalışmalarımın başından sonuna her aşamasında bilgi ve tecrübeleri ile her konuda yardımcı olan değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Davut Erdem ŞAHİN'e en içten teşekkürlerimi sunmak isterim.

Yüksek lisans eğitim süresi boyunca sağladıkları kolaylıklardan dolayı Yozgat İl Özel İdaresi Proje ve Yapım İşleri Büro Yöneticimiz Sayın İzzet GÖK'e, deneysel çalışmalarımın tamamında yardımcı olan Öğr. Gör. Ferdi GEVREK'e ve Dr. Öğr. Gör. M.Akif DÜNDAR'a teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında her konuda tüm desteklerini esirgemedi sunan sevgili eşim Dr. Fatmagül ARSLAN'a, ömrünün sonuna kadar bana rehberlik yapan rahmetli babam Salim ARSLAN'a ve sevgili annem Selma ARSLAN'a sonsuz teşekkür ederim.

## TABLÖLAR LİSTESİ

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| <b>Tablo 5.1.</b> OAR'ın Deneysel Doğal Frekansları .....                      | 32           |
| <b>Tablo 5.2.</b> PLA Filament Malzemesinin Özellikleri .....                  | 35           |
| <b>Tablo 5.3.</b> Taşıyıcı Kanatın Sayısal Doğal Frekansları.....              | 35           |
| <b>Tablo 5.4.</b> Taşıyıcı Kanatın Deneysel ve Sayısal Doğal Frekansları ..... | 38           |



## ŞEKİLLER LİSTESİ

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| <b>Şekil 2.1.</b> OAR Görünümü [1].....  | 2            |
| <b>Şekil 2.2.</b> OAR'ın Arkasında Oluşan Sürtünme Kuvvetine Etkisi [2] .....  | 2            |
| <b>Şekil 2.3.</b> İlk OAR Kullanılan Otomobil (Opel Rak 1) [3].....  | 3            |
| <b>Şekil 2.4.</b> Fabrika Çıkışı Arka Rüzgârlıklı Olan 1967 Model Dodge Charger [4] .....  | 4            |
| <b>Şekil 2.5.</b> En Yaygın Kullanılan OAR Tipleri [5] .....   | 5            |
| <b>Şekil 3.1.</b> Krzysztof Kurec'in Deneyinde Kullanılan 1:2,5 Ölçekli Otomobil ve Arka Rüzgârlık [7] .....   | 7            |
| <b>Şekil 3.2.</b> Rubel Chandra Das'ın Deneylerinde Kullandığı Araç ve Rüzgârlık Modelleri (a) 3D Araç Modeli, (b) Arka Rüzgârlık Modeli [12].....                       | 8            |
| <b>Şekil 3.3.</b> Min-Woo Han ve Arkadaşlarının Deneylerinde Kullandıkları 1/8 Oranında Küçültülmüş Araç ve Arka Rüzgârlık [14] .....                                    | 9            |
| <b>Şekil 3.4.</b> Halil Saadettin ve Arkadaşlarının Deneylerinde Kullandıkları Rüzgâr Tüneli ve Model Araç [15].....   | 9            |
| <b>Şekil 3.5.</b> Xu-Xia Hu'nun Deneyinde İncelenen Rüzgârlık Tipleri [22].....  | 11           |
| <b>Şekil 3.6.</b> Chien-Hsiung Tsai'nin Deneylerinde Kullanılan Araç ve Arka Rüzgârlık Tipleri: (a) Arka Rüzgârlık Tipleri (b) Hesaplama Alanı ve Grid Yapısı [23] ..... | 11           |
| <b>Şekil 4.1.</b> Rüzgârlık Prototiplerinin Parçaları (a) ve Montajlı Görünümü (b).....  | 13           |
| <b>Şekil 4.2.</b> 3D Yazıcı Yardımıyla OAR Prototip Üretimi (a) ve Tamamlanmış Hali (b) .....  | 14           |
| <b>Şekil 4.3.</b> OAR'ın Adım Motor ve Yük Sensör Bağlantı ve Yataklamasının üstten (a), Yandan (b) ve Önden (c) görünüşleri.....  | 15           |
| <b>Şekil 4.4.</b> Deney düzeneğinde OAR ile Adım Motor ve Yük Sensörü Bağlantıları..   | 15           |
| <b>Şekil 4.5.</b> Üç Eksenli İvme Sensörü İçin OAR İçerisinde Bırakılan Boşluk.....  | 16           |
| <b>Şekil 4.6.</b> Solidworks Programında Tasarımı Yapılan Rüzgâr Tüneli .....  | 17           |
| <b>Şekil 4.7.</b> Üretimi Yapılan Rüzgâr Tüneli .....  | 17           |
| <b>Şekil 4.8.</b> İmalatta Kullanılan Emiş Fanı .....  | 18           |
| <b>Şekil 4.9.</b> Deney Odası Görüntüleri .....  | 18           |
| <b>Şekil 4.10.</b> Kollektör İmalatından Görüntüler .....  | 19           |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 4.11. İmalatı Yapılan Hava Alığından Görüntü .....                                     | 20 |
| Şekil 4.12. Deney Düzeneğinin Elektronik Bileşenlerinin Görünümü.....                        | 21 |
| Şekil 4.13. Arduino Uno Kart görünümü .....  | 21 |
| Şekil 4.14. Deneylerde Kullanılan Adım Motor .....   | 22 |
| Şekil 4.15. Ağırlık Sensörü.....   | 23 |
| Şekil 4.16. Yük Hücresi Amplifikatörü .....  | 23 |
| Şekil 4.17. DRV 8834 Adım Motor Sürücü Entegresi Bağlantı Şeması .....                       | 24 |
| Şekil 4.18. DRV 8834 Adım Motor Sürücü Entegresi .....                                       | 24 |
| Şekil 4.19. CH10SM Uçak Kanat Profili (a) [25], Üretilen OAR Profil Tasarımı (b)<br>.....    | 25 |
| Şekil 4.20. Deney Düzeneğinin (a) Ankastre Kiriş (b) ve Eşdeğer (c) Modeli .....             | 26 |
| Şekil 4.21. Sehım Ölçümlerinde Kullanılan Yük Değerlerinin Ölçümü .....                      | 28 |
| Şekil 4.22. OAR'ın Orta Noktasından Sehım Ölçümü.....  | 28 |
| Şekil 5.1. Pulse MTC ile Modal Analiz.....   | 30 |
| Şekil 5.2. Çekiç Testi Deney Düzeneği .....  | 31 |
| Şekil 5.3. Pulse MTC ile Modal Analiz.....   | 31 |
| Şekil 5.4. 1.Mod Biçimi.....   | 32 |
| Şekil 5.5. 2.Mod Biçimi.....   | 33 |
| Şekil 5.6. 3.Mod Biçimi.....   | 33 |
| Şekil 5.7. 4.Mod Biçimi.....   | 34 |
| Şekil 5.8. 5.Mod Biçimi.....   | 34 |
| Şekil 5.9. 1. Mod Biçimi.....  | 35 |
| Şekil 5.10. 2. Mod Biçimi.....   | 36 |
| Şekil 5.11. 3. Mod Biçimi.....   | 36 |
| Şekil 5.12. 4. Mod Biçimi.....   | 37 |
| Şekil 5.13. 5. Mod Biçimi.....   | 37 |
| Şekil 5.14. Deney Düzeneği Görüntüleri.....  | 38 |
| Şekil 5.15. OAR'ın Motor ve Yük Sensörü ile Yataklanması.....                                | 39 |
| Şekil 5.16. Titreşim Testinde Kullanılan Ölçüm Organizasyonu .....                           | 39 |
| Şekil 5.17. Titreşim Testinde Kullanılan Zaman (a) ve Frekans (b) Analiz Ayarları            | 40 |
| Şekil 5.18. Herhangi Bir OAR Hücüm Açısında Frekansa ve Zamana Bağlı İvme<br>Genlikleri..... | 41 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Şekil 5.19.</b> Farklı OAR Hücüm Açısı Geçişlerinde Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri.....  | 41 |
| <b>Şekil 5.20.</b> Farklı Referans Yük Değeri Arayışı Anında, Frekans ve Zamana bağlı İvme Genlikleri .....                                    | 42 |
| <b>Şekil 5.21.</b> 0 g Yük Değeri İçin Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri için 1. Deney .....          | 43 |
| <b>Şekil 5.22.</b> 0 g'dan 120 g'a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri.....   | 43 |
| <b>Şekil 5.23.</b> 120 g Referans Yük Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri .....                  | 44 |
| <b>Şekil 5.24.</b> 120 g'dan 0 g'a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri.....   | 45 |
| <b>Şekil 5.25.</b> 0 g'dan 120 g'a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri.....   | 45 |
| <b>Şekil 5.26.</b> 120 g Referans Yük Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri .....                  | 46 |
| <b>Şekil 5.27.</b> 120 g'dan 0 g'a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri.....   | 47 |
| <b>Şekil 5.28.</b> 120 g'dan 123 g'a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri..... | 47 |
| <b>Şekil 5.29.</b> 120 g'dan 130 g'a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri..... | 48 |
| <b>Şekil 5.30.</b> 120 g'dan 135 g'a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri..... | 49 |
| <b>Şekil 5.31.</b> 135 g Referans Yük Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri .....                  | 49 |
| <b>Şekil 5.32.</b> 135 g (Kırmızı) ve 120 g (Mavi) Yüklerde Z Yönündeki Frekans Karşılaştırması.....   | 50 |
| <b>Şekil 5.33.</b> 135 g (Kırmızı) ve 120 g (Mavi) Yüklerde Y Yönündeki Frekans Karşılaştırması.....   | 51 |
| <b>Şekil 5.34.</b> 135 g (Kırmızı) ve 120 g (Mavi) Yüklerde X Yönündeki Frekans Karşılaştırması.....   | 51 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Şekil 5.35.</b> 130 g, 123 g Ve 135 g Yük Değerlerinde OAR Orta Noktasında Akış Devam Ederken Z Yönündeki Frekans Karşılaştırması.....   | 52 |
| <b>Şekil 5.36.</b> 135 g (Kırmızı), 130 g (Mavi) Ve 123 g (Yeşil) Yüklerde Z Yönündeki Frekans Karşılaştırması.....   | 52 |
| <b>Şekil 5.37.</b> 135 g (Kırmızı), 130 g (Mavi) ve 123 g (Yeşil) Yüklerde Y Yönündeki Frekans Karşılaştırması.3200 Hz .....  | 53 |
| <b>Şekil 5.38.</b> 135 g (Kırmızı), 130 g (Mavi) ve 123 g (Yeşil) Yüklerde Y Yönündeki Frekans Karşılaştırması.1600 Hz .....  | 53 |
| <b>Şekil 5.39.</b> 135 g (Kırmızı), 130 g (Mavi) ve 123 g (Yeşil) Yüklerde X Yönündeki Frekans Karşılaştırması. 3200 Hz .....   | 54 |
| <b>Şekil 5.40.</b> 135 g (Kırmızı), 130 g (Mavi) ve 123 g (Yeşil) Yüklerde X Yönündeki Frekans Karşılaştırması. 800 Hz .....  | 54 |
| <b>Şekil 5.41.</b> Rüzgâr Tünelinde Akış Esnasında 0 g Dan 120 g Hedef Yük (Yeşil) İçin, Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi.....   | 55 |
| <b>Şekil 5.42.</b> Rüzgâr Tünelinde Akış Esnasında 120 g Hedef Yük Anında (Yeşil), Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi.....   | 55 |
| <b>Şekil 5.43.</b> Rüzgâr Tünelinde Akış Devam Ederken 120 g Dan 0 g Hedef Yük (Yeşil) İçin, Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi .....  | 56 |
| <b>Şekil 5.44.</b> Rüzgâr Tünelinde Akış Devam Ederken 0 g Dan 120 g ve Tekrar 0 g Hedef Yük (Yeşil) İçin, Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi .....  | 57 |
| <b>Şekil 5.45.</b> Rüzgâr Tünelinde Akış Devam Ederken 0 g Dan 120 g ve Tekrar 0 g Hedef Yük (Yeşil) İçin, Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi .....  | 57 |
| <b>Şekil 5.46.</b> Rüzgâr Tünelinde Akış Devam Ederken 120 g'dan 123 g Hedef Yük (Yeşil) İçin, Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi .....  | 58 |
| <b>Şekil 5.47.</b> Rüzgâr Tünelinde Akış Devam Ederken Kademeli Olarak Sırasıyla 120 g'dan 123 g, 130 g ve 135 g Hedef Yük (Yeşil) Geçişleri İçin, Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi..... | 59 |
| <b>Şekil 5.48.</b> Kademeli Referans Yük Geçişleri .....  | 60 |

## KISALTMALAR LİSTESİ

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| <b>CFD</b> | : Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği |
| <b>FFT</b> | : Hızlı Fourier Dönüşümü          |
| <b>OAR</b> | : Otomobil Arka Rüzgârlığı        |
| <b>PLA</b> | : Polilaktik Asit                 |



## SEMBOLLER LİSTESİ

|                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| <b>E</b>                   | : Elastisite Modülü          |
| <b>I</b>                   | : Eğilme Momenti             |
| <b>m</b>                   | : Kütle                      |
| <b>g</b>                   | : Gram                       |
| <b>L</b>                   | : Uzunluk                    |
| <b><math>\delta</math></b> | : Logaritmik Azalma          |
| <b><math>b_{eş}</math></b> | : Sönümlenme Sabiti          |
| <b><math>k_{eş}</math></b> | : Eşdeğer Direngenlik Değeri |
| <b><math>m_{eş}</math></b> | : Eşdeğer Kütle              |



## 1. GİRİŞ

Otomobil sürücüleri için ideal bir sürüşte: aracın hızlı, güvenli, ekonomik ve konforlu olması istenir. Bu dört parametre aynı zamanda sürüş sırasında araç dinamiğini de doğrudan etkiler. Aracın havayla olan temasından kaynaklanan aerodinamik etkiler, otomobillerin günümüzde daha hızlı tasarlanması nedeniyle daha fazla ön plana çıkmıştır. Söz konusu aerodinamik etkilerden daha verimli faydalanmak amacıyla rüzgârlıklar kullanılmaya başlanmıştır.

Otomobil rüzgârlığının dinamik tepkilerinin incelenmesi, doğal frekanslarının ve dolayısıyla biçim şekillerinin belirlenmesi tasarımları için çok önemlidir. Rüzgârlığın sürüş sırasında aktif olarak kullanılması, teker ve yer arasındaki mekanik ilişkiyi doğrudan etkiler. Hedeflenen yük değerine göre rüzgârlık hücum açısının kontrol edilmesi ideal bir sürüş için diğer bir önemli etkidir.

Bu çalışmada bir otomobil arka rüzgârlığı (OAR) tasarlanıp prototipi imal edilerek rüzgâr tüneline OAR'ın hücum açısı değiştirilerek, istenen hedef yük değeri Arduino yazılımı yardımıyla elde edilmiştir. Ayrıca imal edilen otomobil arka rüzgârlığının titreşim analizleri yapılmıştır.

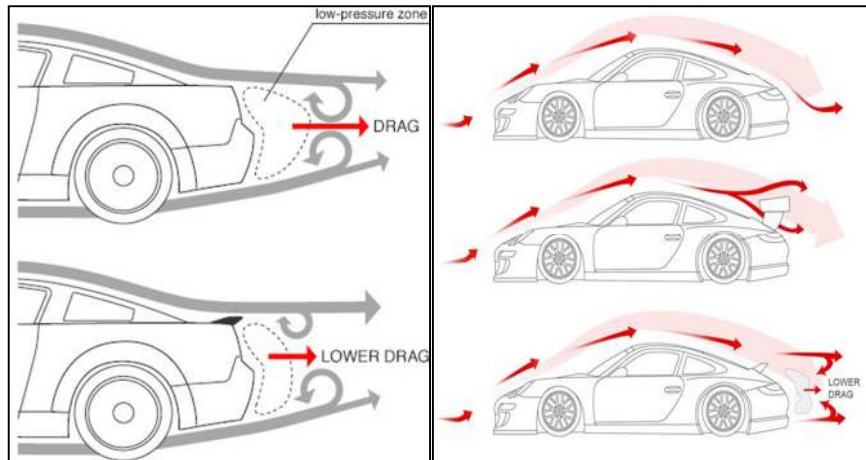
## 2.OTOMOBİL ARKA RÜZGÂRLIĞI

Otomobil arka rüzgârlığı (OAR), seyir sırasında bir aracın gövdesi boyunca oluşan elverişsiz hava hareketlerini gidererek, aracın arka tarafındaki türbülansı azaltıp daha az sürtünme oluşmasını sağlayan araçlardır. Bir başka ifadeyle; Arka rüzgârlıklar, aracın aerodinamik koşullarında iyileştirme yaparak daha iyi bir yol tutuşu ve yakıt ekonomisini doğrudan etkileyen sürüş güvenliği ve konforunu sağlayan aerodinamik yapılarıdır. Şekil 2.1’de örnek bir OAR gösterilmiştir.



Şekil 2.1. OAR Görünümü [1]

OAR genellikle araçların arkasına veya bagaj kapaklarına yerleştirilir. Seyir halindeki bir aracın havayla etkileşimi, ön kısımdan başlar ve arkadaki OAR tipine bağlı olarak farklı aerodinamik etkilerle sonlanır. Şekil 2.2’de OAR kullanımının araç arkasındaki hava akışını nasıl değiştirdiği şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.2. OAR’ın Arkasında Oluşan Sürtünme Kuvvetine Etkisi [2]

## 2.1. Otomobil Arka Rüzgârlık Tarihçesi

OAR kullanımını yüksek hız araçlarında çok daha önem kazanmıştır. Özellikle yarış araçlarında kullanılmasının olumlu etkileri gözlenmiş ve araçların artan hızlarına paralel olarak OAR tipleri de hızlı bir değişim geçirmişlerdir.

1920'lerin sonunda Opel şirketi, Şekil 2.3'de görülen Opel Rak 1 adında dünyanın ilk roket itişli otomobilini imal etmiştir [3]. Ancak ürettikleri bu otomobili aerodinamik etkilerden dolayı yolda tutmak zor olmuştur. Aracın yok tutuşunu kötüleştiren aerodinamik etkileri yok etmek amacıyla aracın iki yanına kanat yerleştirilmiştir. Araç, bu kanatlar yardımıyla başta 73 km/sa. hıza, daha sonra yapılan geliştirmeler ile birlikte bu hızın üç katına kadar yüksek hızlara çıkmayı başarmıştır.



Şekil 2.3. İlk OAR Kullanılan Otomobil (Opel Rak 1) [3]

1960'lı yılların başında McLaren firması Formula 1 otomobillerinde arka rüzgârlıklara ilişkin denemeler yapılmıştır. Ancak olumlu sonuçlar alınamaması nedeniyle McLaren araçlarında rüzgârlık kullanılmamıştır [3].

Lotus firması 1967'de arka rüzgârlığı araçlarında kullanan ilk Formula firması olmuştur, ilk rüzgârlıklı araçları Jim Clark'ın pilotajında ilk yarışını kazanmıştır [3].

Ayrıca 1960'lı yıllarda NASCAR otomobillerinde de arka rüzgârlık kullanıldığı görülmektedir. 1966 yılında Dodge Charger'ın düz bir ön tasarım ve eğimli bir tavan çizgisine sahip olması, aracın dengesiz olmasına ve yüksek hızlarda yol tutuşunda

sorunlar oluşmasına neden olmuş ve bu sorun aynı yıl firmanın OAR kullanmasını zorunlu kılmıştır [4].



**Şekil 2.4.** Fabrika Çıkışı Arka Rüzgârlıklı Olan 1967 Model Dodge Charger [4]

## 2.2. OAR Çeşitleri

OAR, araç tiplerine ve kullanım amaçlarına göre çeşitlilik göstermektedir. Günümüzde kullanılmakta olan başlıca OAR çeşitleri aşağıda belirtilmiştir. En yaygın OAR tipleri arasında Şekil 2.5’de görülen kaide tipi, tavan tipi, dudak tipi balina kuyruğu tipi ve ördek kuyruğu tipi rüzgârlıklar bulunmaktadır [5].

*Kaide Tipi OAR*, Otomobilin arka bagaj kapağına bağlanır ve yüksek hızlarda aracın yol tutuş performansını artırır. Ayrıca araçlara estetik bir görünüm kazandırır.

*Tavan Tipi Rüzgârlık*, Otomobil tavanlarına bağlanan bir OAR tipidir. Otomobilin arka camının hemen üzerine cam ebatlarına göre özel olarak imal edilir ve direkt olarak arka cam üzerine monte edilirler.

*Dudak Tipi Rüzgârlık*, Otomobil bagajının dudak bölümüne monte edilirler. Daha çok binek araçlarda aerodinamik etkilerinin yanında estetik görünümü nedeniyle tercih edilen bir arka rüzgârlık tipidir.

*Balina Kuyruğu Tipi Rüzgârlık*, Daha çok yüksek hızlara çıkabilen spor otomobillerde kullanılır. Yüksek hızlarda oluşan asansör etkisini azaltır ve arkadan kaymalara engel olur.

*Ördek Kuyruğu Tipi Rüzgârlık*, Genellikle otomobil arka bagajına monte edilirler. Şekil itibari ile ördek kuyruğuna benzemeleri nedeni ile bu adı almışlardır.



(a) Kaide Tipi



(b) Tavan Tipi



(c) Dudak Tipi



(d) Balina Kuyruğu  
Tipi



(e) Ördek Tipi



**Şekil 2.5.** En Yaygın Kullanılan OAR Tipleri [5]

### **2.3. OAR Üretiminde Kullanılan Malzemeler**

Arka rüzgârlık üretiminde kullanılan en yaygın malzemeler fiberglas ve polyesterdir.

#### **2.3.1. Fiberglas**

Cam elyafı olarak ta bilinen fiberglas çok ince cam tellerinden elde edilen cam elyafının polyester reçine yardımıyla kimyasal olarak sertleştirilmesi ile elde edilir. Çelik malzemeye karşı dört kat daha yüksek çekme kuvvetine dayanıklı olduğu bilinmektedir aynı zamanda hafiftir. Küflenme ve paslanma yapmaz, sıcak ve soğuk havalara karşı dayanıklıdır [6].

Fiberglas, geniş yüzey alanını düşük bir ağırlık ile sağlayabilmesi nedeni ile arka rüzgârlık üretimine elverişli ancak pahalı bir malzemedir.

#### **2.3.2. Polyester**

Polyester, polimerlerin bir çeşidi veya ana bağları içerisinde ester içeren yoğunlaşmış polimer grubudur.

Polyesterler 1,1 ve 1,6 arasında değişen özgül ağırlığa sahiptirler ve en hafif metal olan magnezyumun özgül ağırlığının 1,75 olduğu düşünüldüğünde, hafifliği ile rüzgârlık üretiminde kullanılmasında önemli rol oynamaktadır [6].

Asit korozyonu hariç, korozyona karşı dayanıklıdır ve her renkte üretmek mümkündür. Ayrıca maliyet yönünden fiberglas malzemeye göre daha uygundur.

### 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Krzysztof Kurec ve arkadaşları, 1:2,5 ölçekli bir otomobil modeli üzerine yerleştirdikleri çeşitli rüzgârlık ve kanat tiplerini bir rüzgâr tüneline test etmişlerdir. Aktif bir rüzgârlığın açısını değiştirerek aşağı yönlü yükün artırılıp azaltılabildiğini ve bu doğrultuda deneysel veriler ile simülasyon verilerinin örtüştüğünü belirlemişlerdir [7].



**Şekil 3.1.** Krzysztof Kurec'in Deneyinde Kullanılan 1:2,5 Ölçekli Otomobil ve Arka Rüzgârlık [7]

See-Yuan Cheng ve arkadaşları, hatchback bir otomobilin üzerine iki farklı rüzgârlık tipi yerleştirerek, oluşan yalpalama açılarını incelemişlerdir. Deneyler sonucunda arka eğimli araçların etrafında oluşan aerodinamik akış değişimlerinin aracın performansını etkileyen ana faktör olduğu sonucuna varmışlardır. Ancak elde ettikleri deney sonuçlarına göre hatchback bir araç üzerine yerleştirilen bir arka rüzgârlık ile kaldırma ve sürtünme katsayılarının azaltılabileceği görülmüştür [8].

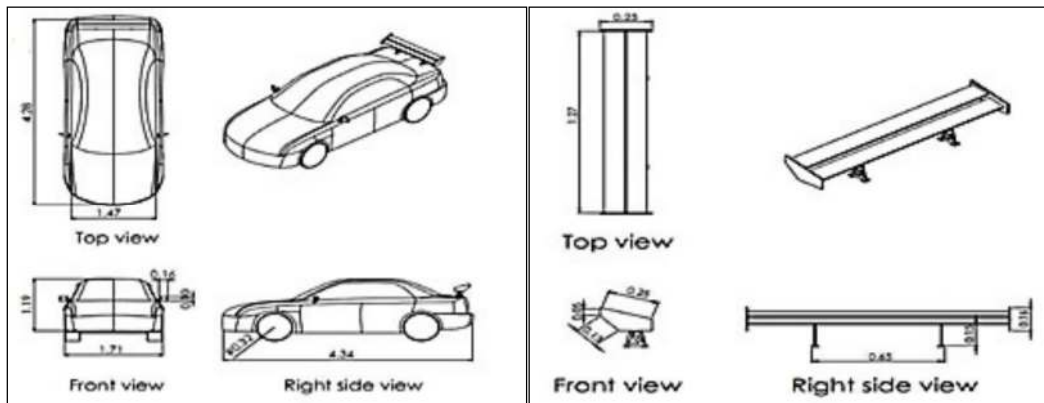
Vivek Yakkundi and Shankar Mantha, Sedan model bir araca arka rüzgârlık ve hatchback model bir araca ön rüzgârlık yerleştirerek, her iki araçta da rüzgârlıklı ve rüzgârlıksız olarak sürtünme ve kaldırma katsayılarını incelemişlerdir. İncelemeler sonucunda sürtünme katsayısında artış gözlenirken aracın yere uyguladığı basınçta artış tespit edilmiştir [9].



Arash Hosseinian Ahangarnejad and Stefano Melzi, viraj manevralarında bir spor otomobilin akslarında oluşan yük dağılımını dengeleyebilmek için otomobil arka rüzgârlığının açısını ters yönde değiştirerek, logic kontrolün bu durum üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla simülasyondan faydalanmışlardır. Rüzgârlıktaki açı değişimlerinin aracın dengesini olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır [10].

See-Yuan Cheng ve Shuhaimi Mansor, tavan tipi arka rüzgârlığın bir otomobilin aerodinamik performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Rüzgârlığın eğim açısı değiştirilerek CFD yöntemi ile elde edilen sayısal veriler ile deneysel veriler karşılaştırılmıştır. Pozitif yönde uygulanan rüzgârlık açısının kaldırma kuvvetinin etkilerini yok ederek aracın yola uyguladığı kuvvette ve sürtünme kuvvetinde artış izlenmiştir. Açının negatif yönde uygulandığında ise kaldırma kuvvetinde artış izlenmiştir [11].

Rubel Chandra Das ve Mahmud Riyad, arka rüzgârlığın bir otomobilin kaldırma ve sürtünme kuvvetleri üzerindeki etkilerini Autodesk CFD yazılımını kullanarak değerlendirmişlerdir. Arka rüzgârlıkların aracın arkasında oluşan basıncı azalttığı ve rüzgârlık arkasında yüksek bir basınç oluştuğu tespit edilmiş olup, bu durumun kaldırma kuvvetini negatif yönde etkileyerek aracın yol tutuşunu artırdığı sonucuna varılmıştır [12].



(a)

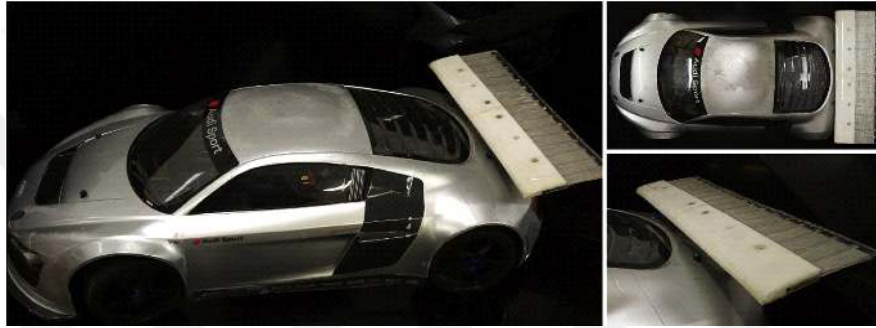
(b)

**Şekil 3.2.** Rubel Chandra Das'ın Deneylerinde Kullandığı Araç ve Rüzgârlık Modelleri (a) 3D Araç Modeli, (b) Arka Rüzgârlık Modeli [12]



Dr M.V. Sathish Kumar ve arkadaşları, Honda marka bir araç için CFD tabanında NACA 4412 ve NACA 6409 kanat tiplerini CREO yazılımında modelleyerek, bir arka rüzgârlık elde etmiş ve bu arka rüzgârlığı Honda marka araca takarak ANSYS yazılımı ile farklı hızlarda kaldırma kuvveti ve sürtünme kuvvetine ilişkin analizler yapmışlardır [13].

Min-Woo Han ve arkadaşları, yumuşak kompozitten modelleyerek imal ettikleri bir dokuma arka rüzgârlığın kaldırma ve sürtünme kuvvetlerine etkisini deneysel ve sayısal veriler ışığında incelemişlerdir [14].



**Şekil 3.3.** Min-Woo Han ve Arkadaşlarının Deneylerinde Kullandıkları 1/8 Oranında Küçültülmüş Araç ve Arka Rüzgârlık [14]

Halil Saadettin ve arkadaşları, arka rüzgârlığın bir spor otomobil üzerindeki aerodinamik özelliklerini CFD yöntemi ile Fluent 6.3v yazılımını kullanarak incelemişlerdir. İncelemeler sonucunda arka rüzgârlık kullanılması durumunda kaldırma katsayısının 0,26 dan 0,05'e düştüğü, sürtünme katsayısının ise 0,31 den 0,36 ya yükseldiği görülmüştür [15].



**Şekil 3.4.** Halil Saadettin ve Arkadaşlarının Deneylerinde Kullandıkları Rüzgâr Tüneli ve Model Araç [15]

Matteo Corno ve arkadaşları, bu makalelerinde otomobillerde sürüş konforu ile yol tutuşunun arka rüzgârlık ile ilişkilerini incelemektedir. İncelemelerinin sonucunda arka rüzgârlıkların yol tutuşundan ödün vermeden sürüş konforunu %30'a kadar artırabildiği sonucuna ulaşmışlardır [16].

Sneh Hetawal ve arkadaşları, bu makalelerinde bir Formula aracı tasarlayarak, aracın aerodinamik özelliklerini ön rüzgârlıklı ve ön rüzgârlıksız olarak CFD tabanında analiz ederek aracın denge ve sürtünme verileri sayısal olarak analiz etmektedirler [17].

Sandy Minkah Kyei, tez çalışmasında, 1400 mm'lik uzunluğuna sahip bir Solidworks tasarımı kompozit arka rüzgârlığın Nastran yazılımı kullanarak statik yük analizini yapmaktadır [18].

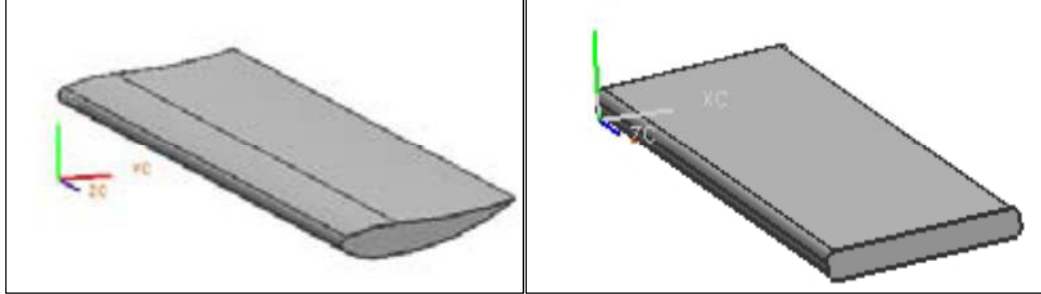
G. Naveen Kumar ve arkadaşları, bu araştırma makalesinde; NACA 0018 kanat tipini Solid Works yazılımında modelleyerek, çeşitli karbon fiber bileşenlerini, çeşitli karşılama açıları ile karşılaştırarak optimum kaldırma ve sürtünme kuvvetinin hangi bileşimde elde edildiğini tahmin etmeye çalışmaktadırlar [19].

S.M. Rakibul Hassan ve arkadaşları, bir yarış otomobilinin aerodinamik yapısındaki sürtünme etkilerini, aracın egzoz dumanını yönlendirerek azaltmaya ilişkin araştırmalar yapmışlardır. Aracın egzozunu aracın altında bulunan havalandırma kanallarına yönlendirerek aracın arkasındaki yoğunluğu düşürmeyi ve normalde 0,3233 ölçülen sürtünme katsayısının %9,5'e kadar düşürmüşlerdir [20].

Mustafa Çakır bu tez çalışmasında Solidworks yazılımı vasıtasıyla modellediği 4 kapılı bir sedan otomobilin farklı bölgelerine farklı tipte arka rüzgârlık yerleştirerek, Ansys Fluent yazılımı ile her birinin kaldırma ve sürtünme kuvvetlerini CFD tabanında inceleyerek karşılaştırmıştır [21].

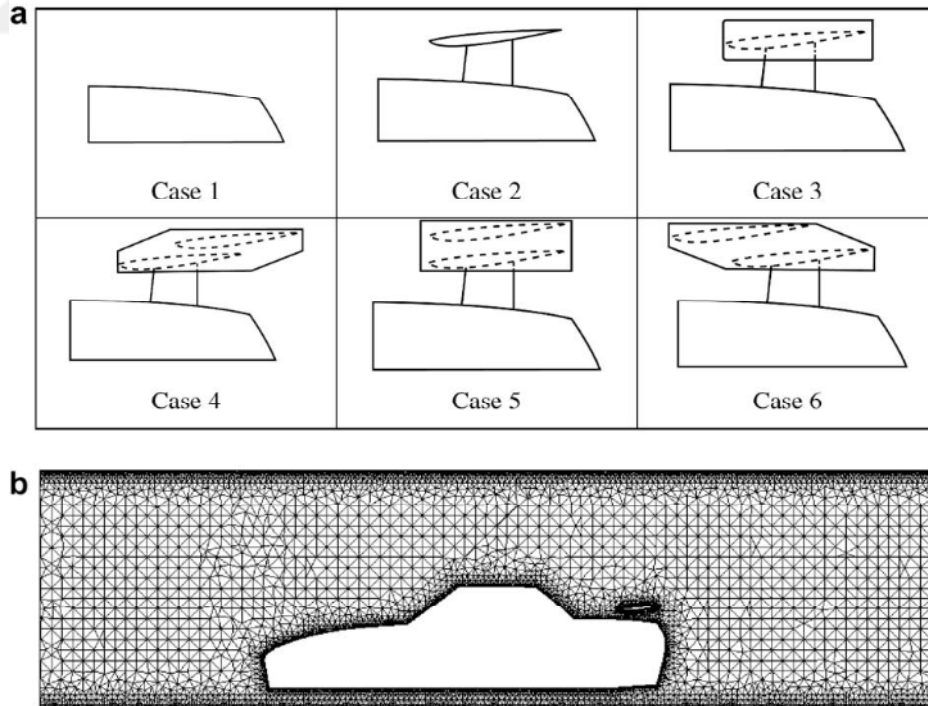
Xu-Xia Hu ve arkadaşları, CFD yöntemiyle Camry model bir aracı simüle ederek, arka rüzgârlıklı ve rüzgârlıksız olarak aracın aerodinamik özelliklerini farklı rüzgârlık modelleri ile incelemiştir. Elde ettikleri sonuçlar ışığında yeni bir arka rüzgârlık tasarımı sunan Xu-Xia Hu ve arkadaşları, yeni tasarladıkları arka

rüzgârlığın aracın aerodinamik özelliklerine azda olsa etkilediğini tespit etmişlerdir [22].



**Şekil 3.5.** Xu-Xia Hu'nun Deneyinde İncelenen Rüzgârlık Tipleri [22]

Chien-Hsiung Tsai ve arkadaşları, bu makalelerinde arka rüzgârlık olan ve olmayan bir binek aracın aerodinamik davranışı üzerinde rüzgârın etkisini sayısal olarak incelemişlerdir. İncelemeleri sonucunda uygun bir karşılama açısına sahip bir rüzgârlığın aracın aşağı yönlü etkiyen kuvvetine olumlu etki yaptığını ve aracın arkasında oluşan gürültünün azaldığını tespit etmişlerdir [23].



**Şekil 3.6.** Chien-Hsiung Tsai'nin Deneylerinde Kullanılan Araç ve Arka Rüzgârlık Tipleri: (a) Arka Rüzgârlık Tipleri (b) Hesaplama Alanı ve Grid Yapısı [23]

Hitoshi Fukuda ve arkadaşları, rüzgâr tüneli ve CFD yöntemiyle yüksek hızlarda aracın önünde ve arkasında oluşan kaldırma ve sürtünme kuvvetlerini incelemiştir. Ayrıca sürtünme katsayısını artırmadan kaldırma kuvvetini düşüren yeni bir arka rüzgârlık tipi üzerine incelemeler yapmışlardır [24].

H. Bin Mat Isa, bu çalışmasında fiberglas malzemedeki bir arka rüzgârlık tasarlayarak imal etmiş ve üretilen rüzgârlığın aerodinamik özelliklerini incelemiştir [6].

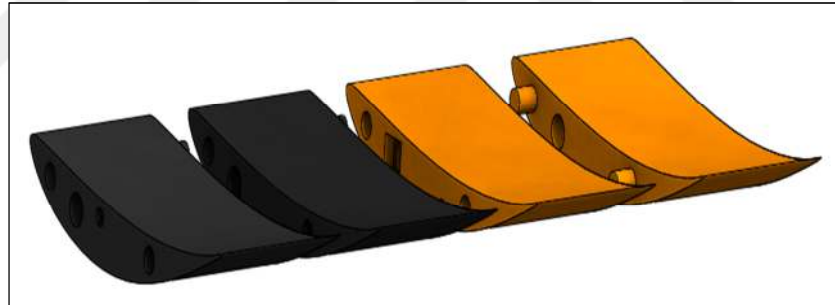


## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

### 4.1. Tasarım ve OAR Prototipinin Üretimi

Rüzgârlık için yüksek yük taşıma kapasitesinden dolayı CH10SM tipi uçak kanat profili seçilmiştir ve uygulamalarda ters şekilde kullanılmıştır. Solidworks programında uçak kanat profilinin koordinatları programa aktarılarak 3 boyutlu katı model oluşturulmuştur. OAR'ın prototip üretimi Anet A8 3D yazıcıyla PLA filament kullanılarak imal edilmiştir. Kullanılan PLA filamentin çapı 1,75 mm iç doluluk oranı %20'dir. OAR prototipinin iç dolgusu olarak altıgen desen seçilmiştir. İmalat kolaylığı için prototip dört parça halinde üretilerek montaj edilmiştir. Prototipin toplam ağırlığı 177,4 g'dır.

Şekil 4.1 (a)'da OAR prototipinin patlatılmış montaj görünümü ve Şekil 4.1 (b)' de OAR'ın montajlı halinin görünümü bulunmaktadır.



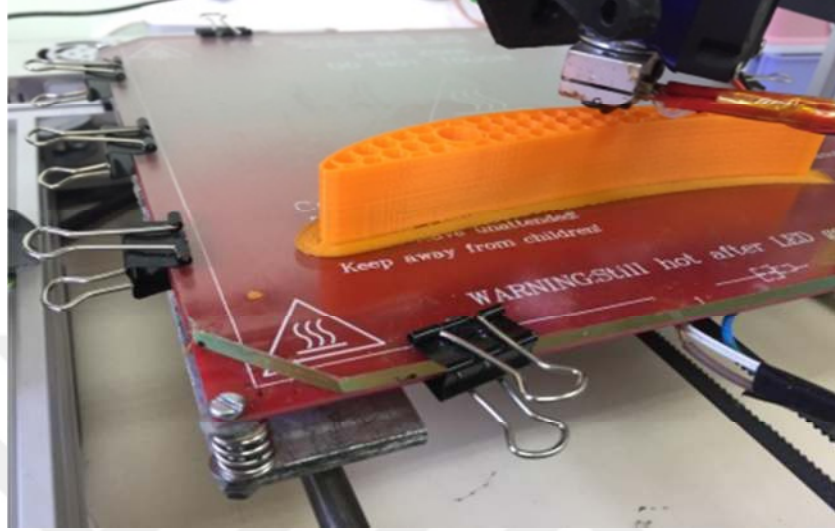
(a)



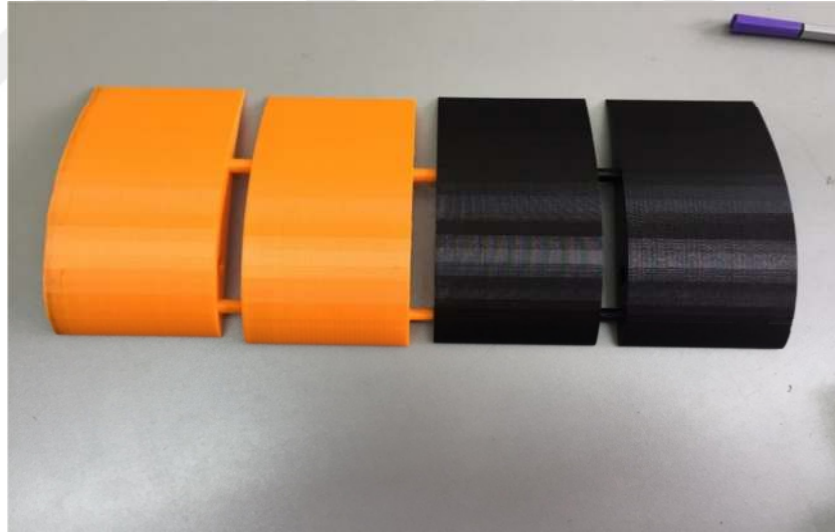
(b)

**Şekil 4.1.** Rüzgârlık Prototiplerinin Parçaları (a) ve Montajlı Görünümü (b)

OAR'ın üretilmesinde 0,4 mm çapında nozul kullanılmıştır. Üretim, tabla sıcaklığı 50 °C ve ekstruder sıcaklığı 205 °C'de gerçekleştirilmiştir. Ayrıca oluşabilecek hataları engellemek amacıyla üretimi 50 mm/s hızında gerçekleştirilmiştir.



(a)

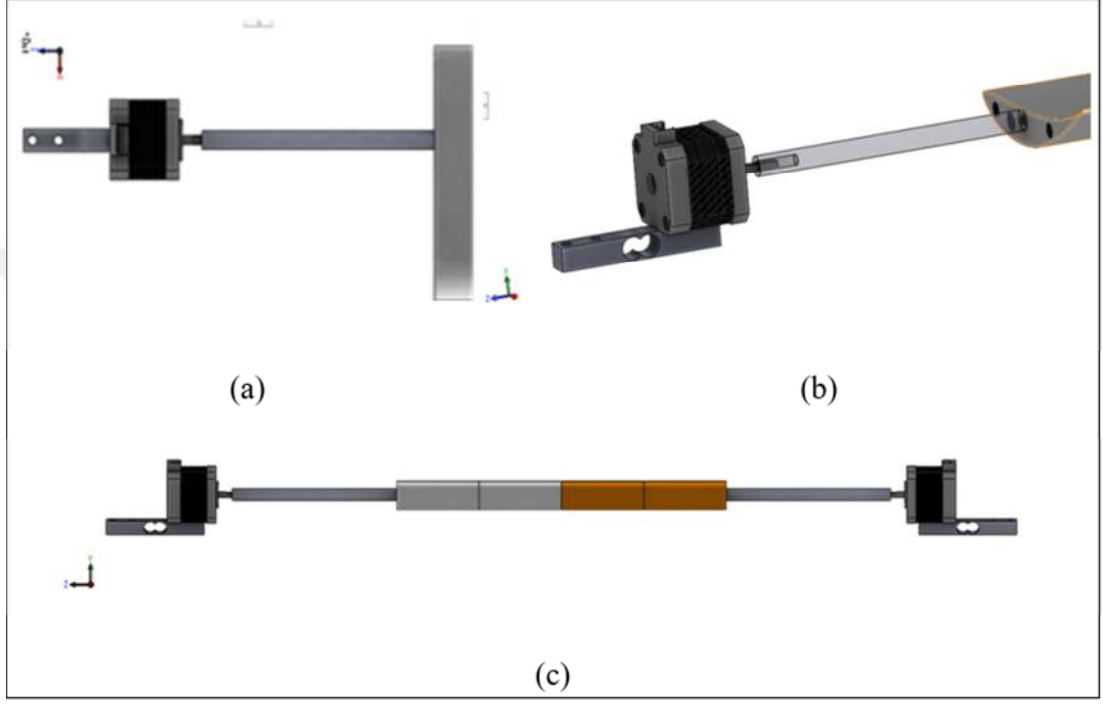


(b)

**Şekil 4.2.** 3D Yazıcı Yardımıyla OAR Prototip Üretimi (a) ve Tamamlanmış Hali (b)

## 4.2. Prototipin Motor ve Yük Sensörü Bağlantısı

Şekil 4.3'te OAR prototipinin step motorla olan bağlantısı ve motorun yük sensörüyle olan bağlantısı gösterilmiştir. Yük sensörünün dış bağlantıları ise tünel titreşimlerinden etkilenmemesi için direkt olarak zemine yapılmıştır.



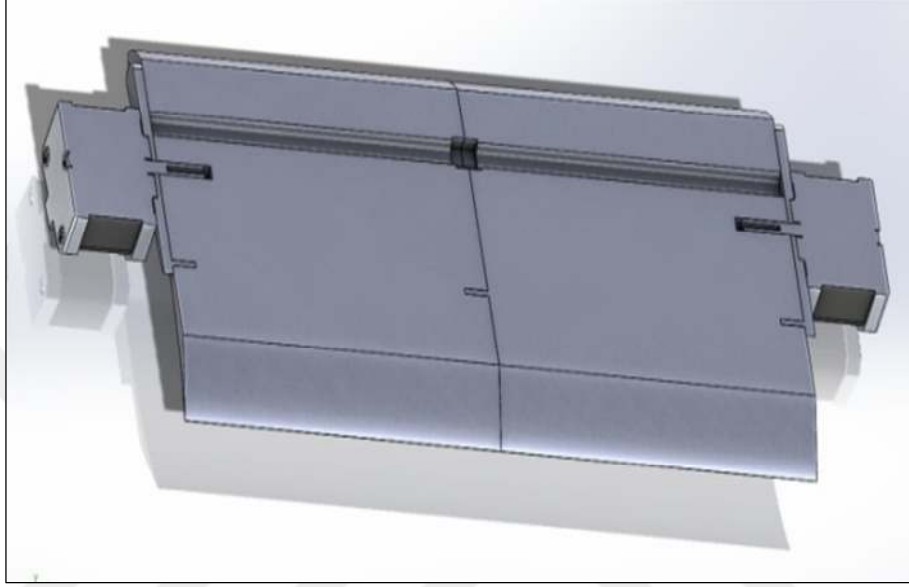
Şekil 4.3. OAR'ın Adım Motor ve Yük Sensör Bağlantı ve Yataklamasının üstten (a), Yandan (b) ve Önden (c) görünümü



Şekil 4.4. Deney düzeneğinde OAR ile Adım Motor ve Yük Sensörü Bağlantıları



3 eksenli ivmeölçerin OAR içine yerleştirilmesi için tasarlanan kanal Şekil 4.5’de görülmektedir. OAR ın akış sırasında en kritik noktasının orta noktası olmasından dolayı sensör de şekilde görülen 11mm x 11mm x 11mm ölçülerindeki kübik bir boşluk içerisine sıkıca yerleştirilerek deneyler yapılmıştır.



**Şekil 4.5.** Üç Eksenli İvme Sensörü İçin OAR İçerisinde Bırakılan Boşluk

### 4.3. Rüzgâr Tüneli

Günümüzde hız ve yakıt tasarrufunun dikkate alınarak üretilmesi gereken birçok araçta en önemli etkenlerden biri rüzgâr direncidir. Araç tasarımcıları tarafından rüzgâr direncini en aza indirmek için araçların aerodinamik yapıları üzerinde birçok çalışma yapılmaktadır. Aerodinamik çalışmaların sağlıklı yapılabilmesi için hava akış hızının ve karakteristiğinin kontrol edilebildiği deney ortamlarına ihtiyaç vardır. Doğru üretilmiş bir rüzgâr tüneli aerodinamik testlerin yapılabildiği optimum ortamı sunabilmektedir [27].

Birçok farklı ölçüde ve tipte rüzgâr tüneli üretmek mümkündür. Yapılacak deney ve ölçüm türüne göre rüzgâr tünelleri; Açık devre, kapalı devre, ses altı ve ses üstü tiplerde üretilmektedir [28].



Bu çalışma kapsamında kullanılan rüzgâr tüneli baştan tasarlanmış ve üretilmiştir. İmalatını yaptığımız rüzgâr tüneli 0,5 m x 0,5 m kare kesitinde deney odasına sahip, açık devreli, emişli tip, ses altı rüzgâr tünelidir ve emiş fanı, difüzör, deney odası, kollektör, dinlenme odası ve hava alığı bölümlerinden oluşmaktadır.



**Şekil 4.6.** Solidworks Programında Tasarımı Yapılan Rüzgâr Tüneli

Açık devreli rüzgâr tünellerinde hava akışının oluşması için gerekli olan hava atmosferden çekilir ve tekrar atmosfere üflenir. Çalışmamızda deneyler rüzgâr tüneli kapalı bir ortamda bulunurken yapılmıştır. Ancak gerekli hava akışının sağlanması için hava alığı ve fan çıkışı etraflarında gerekli alan temin edilmeye çalışılmıştır.



**Şekil 4.7.** Üretimi Yapılan Rüzgâr Tüneli

### 4.3.1. Rüzgâr Tünelinin Bölümleri

#### 4.3.1.1. Emiş Fanı

Emiş fanı difüzörün arkasına yerleştirilen ve rüzgâr tüneline gerekli hava akımını yaratan kısımdır. Bu çalışmada Kayıtes marka AXI 630-5-30 model, 12000 m<sup>3</sup>/sa. hava debisine ve 1400 d/dk motor devrine sahip emiş fanı kullanılmıştır.



Şekil 4.8. İmalatta Kullanılan Emiş Fanı

#### 4.3.1.2. Deney Odası

Deney odası, ölçümleri yapılacak olan parçanın içerisine yerleştirilerek gözlemlendiği kısımdır. Şekil 4.9’da imalatı yapılan OAR prototipinin deney odasındaki görüntüleri bulunmaktadır.



Şekil 4.9. Deney Odası Görüntüleri

Rüzgâr tüneline yapılan deneylerin sağlıklı yapılabilmesi için deney odasında laminar karakteristikte hava akımı sağlanması gerekmektedir. Şekil 4.9’da görüldüğü gibi deneyimizde kırmızı ve mavi renk sis bombaları ile hava akışının OAR’ın yüzeyine yapışarak devam etmesi OAR’ın türbülanslı bir akış içerisinde bulunmamaktadır.

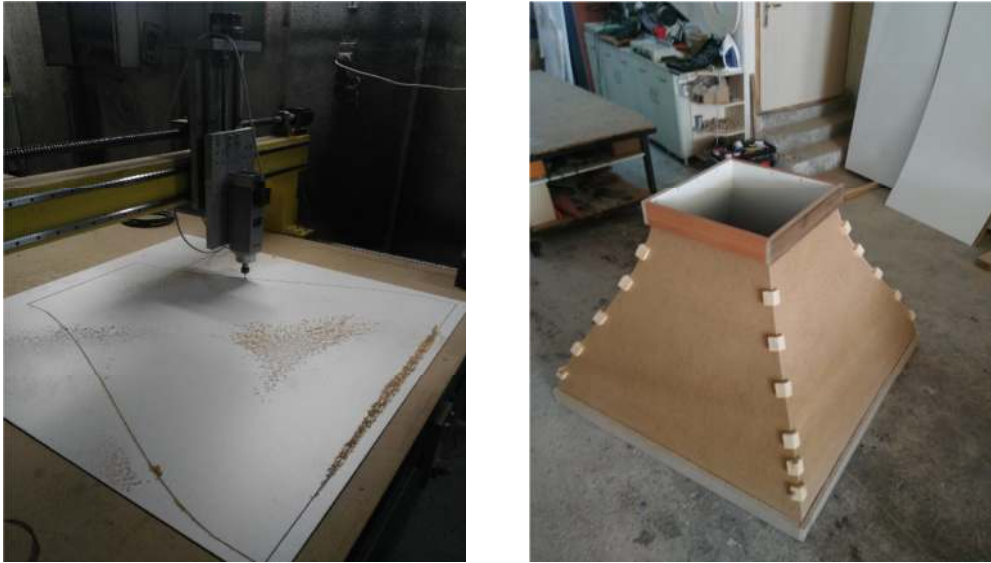
#### 4.3.1.3. Difüzör

Difüzör, emiş fanı ile deney odasının arasında bulunan kısımdır. Hava akışı kollektörde hızlanmaya başlayarak deney odasında maksimum hıza ulaşmaktadır. Deney odasında hızlanan hava akışı difüzörün emiş fanına doğru genişleyen yapısı sayesinde yavaşlayarak emiş fanından geçmektedir [29].

#### 4.3.1.4. Kollektör

Kollektör, dinlenme odası ile deney odası arasında bulunan kısımdır. Hava alığından rüzgâr tüneline girerek laminer bir karakter kazanan hava akışı kollektörün giderek daralan yapısı sayesinde hızlanarak deney odasına girmektedir.

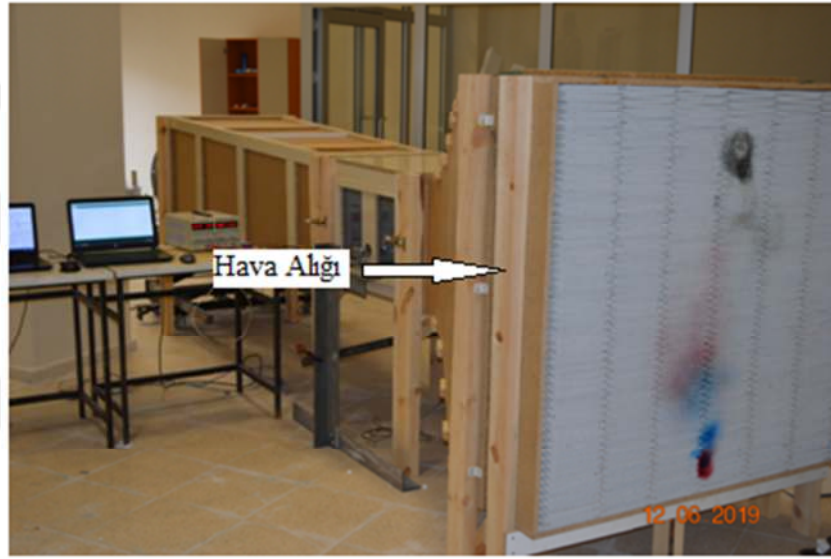
Deneylerde kullanılan kollektörün üretim aşamalarından bazıları Şekil 4.10’da görülmektedir.



Şekil 4.10. Kollektör İmalatından Görüntüler

#### 4.3.1.5. Hava Alığı ve Dinlenme Odası

Hava alığı, atmosferden alınan havanın, yapısında bulunan hava kanalları sayesinde laminer ve üniform olarak dinlenme odasına geçmesini sağlayan bölümdür. Çalışmamızda hava alığı olarak kare kesitli plastik lambiri malzemeler birleştirilerek kullanılmıştır. Dinlenme odası, kollektör ile hava alığı arasında yer almaktadır. Hava alığında türbülansın arındırılmış olan hava akışının kollektöre üniform ve paralel olarak girmesini sağlamaktadır.

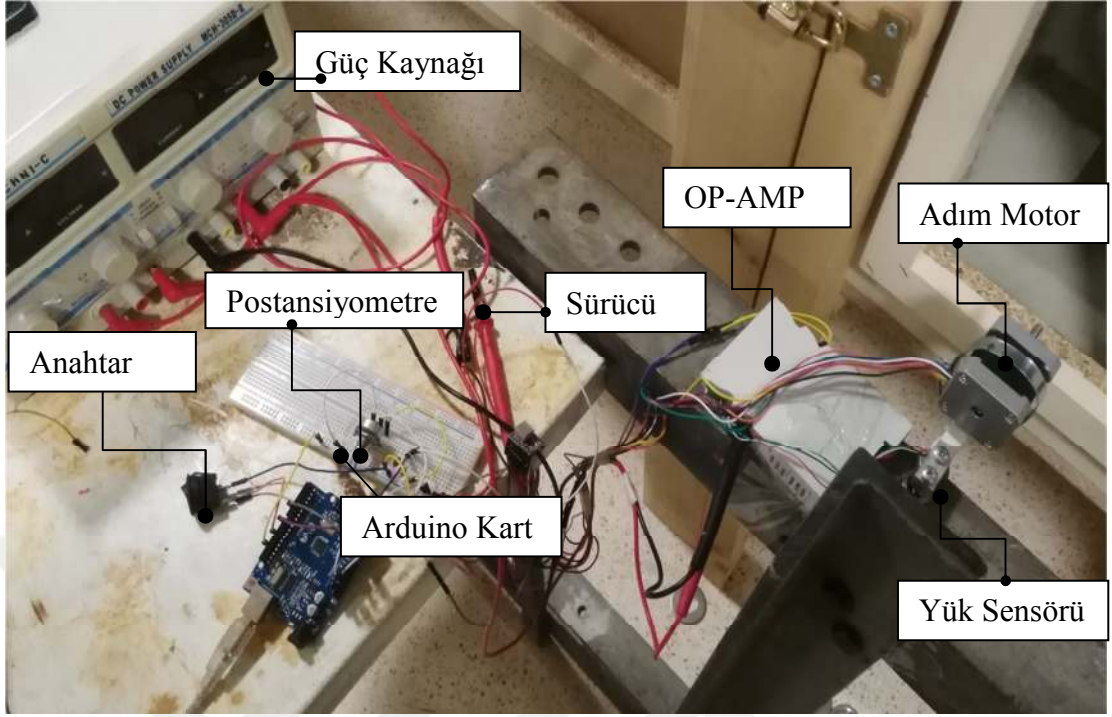


Şekil 4.11. İmalatı Yapılan Hava Alığından Görüntü

#### 4.4. Kontrol Deneyi Düzeneginin Elektronik Bileşenleri

Deney düzeneginde OAR üzerindeki yük bir ağırlık sensörü vasıtası ile her 100 ms bir ölçülmektedir. Sensörden elde edilen veri Yük Hücresi Amplifikatörü ile işlenebilir seviyeye yükseltilmektedir. Ölçülen değer Arduino IDE yazılımı ile işlenerek, OAR'a direkt bağlı bulunan adım motorun OAR'ın hücum açısını değiştirmesini sağlamakta ve potansiyometre vasıtası ile belirlenen referans yük değeri yakalandığında, hücum açısını referans yük değerinin elde edildiği konumda tutmaktadır.

OAR üzerinde oluşan yük değeri ile hücum açısı arasında bulunan ilişki ise C dilinde yazılmış ayrı bir yazılım tarafından değerlendirilerek grafikler ile ifade edilmiştir.



**Şekil 4.12.** Deney Düzeneğinin Elektronik Bileşenlerinin Görünümü

Deneylerde kullanılan başlıca bileşenler aşağıda belirtilmiştir;

#### 4.4.1. Arduino Kart

Deneyde Arduinonun Uno model kartı kullanılmıştır. Arduino ATmega 168 tabanlı bir mikrokontrol kartıdır. Arduino kartı programlamak için gerekli olan yazılım Wiring ve Processing isimli C ve C++ ile benzer yapıya sahip programlar ile oluşturulmuştur.



**Şekil 4.13.** Arduino Uno Kart görünümü



Deneyde ağırlık sensöründen gelen veriler arduino yazılımı ile işlenmekte ve input olarak girilen referans yük değerine ulaşmak için adım motorun kontrolünü sağlamaktadır.

#### 4.4.2. Adım Motor

Input olarak kendilerine uygulanan pals sinyallerini harekete dönüştüren aygıtlardır. Oluşturdukları dönme hareketi her palsa bir adım dönme hareketi olacak şeklindedir. Adım motorlar genel olarak stator, rotor ve rulmanlardan oluşan sabit mıknatıs kutuplu motorlardır. Kendilerine iletilen pals sinyallerini çok hassas bir şekilde harekete dönüştürebilmeleri nedeniyle çalışmamızda adım motor kullanılmıştır [29].

Bu çalışmamızda adım motor yük sensöründen gelen ağırlık değerinin input olarak girilen referans yük değerini yakalaması için OAR'ın bağlı bulunduğu milin açısını değiştirerek istenilen hücum açısını yakalamak için kullanılmıştır.

Çalışmamızda kullanılmış olan adım motor Chang Zhou marka, 4 fazlı, 35x48 mm ölçülerinde, 1.8 derece adım açısına sahip, 4,2 Volt ve 1,5 Amper değerlerindedir.

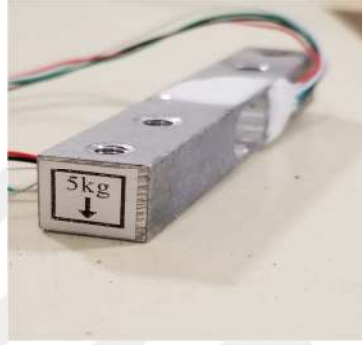


Şekil 4.14. Deneylerde Kullanılan Adım Motor

#### 4.4.3. Ağırlık Sensörü

Ağırlık sensörleri üzerine uygulanan kuvvet değerini elektriksel sinyallere dönüştüren aygıtlardır.

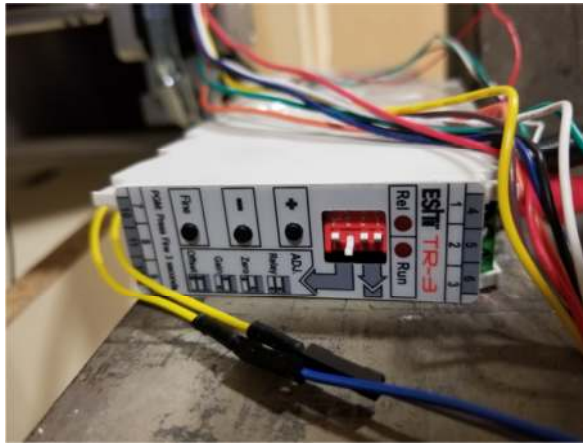
Çalışmamızda 5 kg'a kadar olan yükleri elektrik sinyallerine çevirebilen bir ağırlık sensörü kullanılmıştır. Ağırlık sensörü OAR'ın bağlı bulunduğu milin altına yerleştirilerek OAR üzerinde oluşan yükün anlık olarak gözlenmesi sağlanmıştır. Ağırlık sensöründen elde edilen veriler Arduino yazılımı tarafından değerlendirilerek OAR'ın istenen hücum açısına gelmesi sağlanmıştır. Aynı zamanda ağırlık sensöründen gelen veriler C tabanlı oluşturulan ve ağırlık ile OAR'ın hücum açısının değerlendirilmesinin yapıldığı yazılım için input değeri sağlamıştır.



Şekil 4.15. Ağırlık Sensörü

#### 4.4.4. Yük Hücresi Amplifikatörü

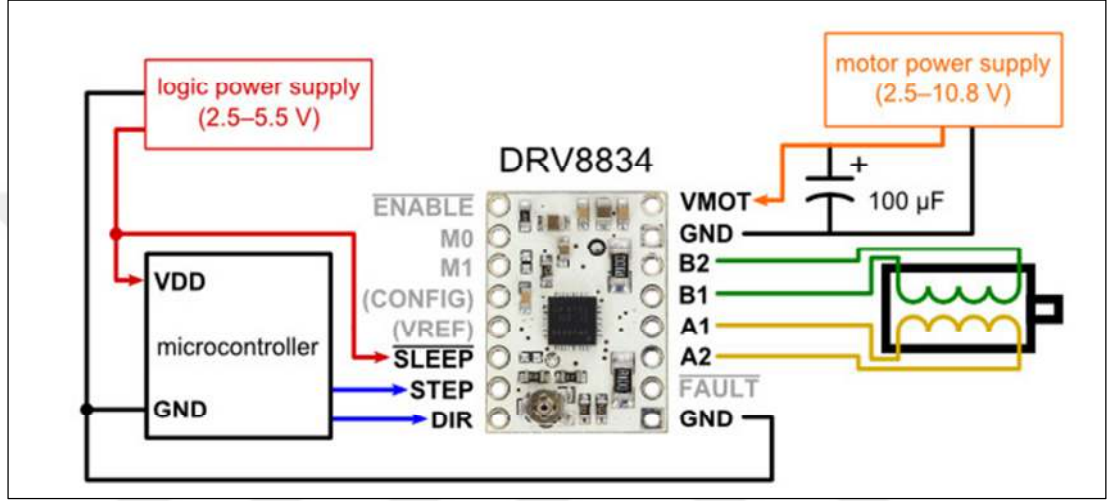
Yük hücresi amplifikatörü, ağırlık sensöründen gelen sinyalleri uyarlayarak, bu sinyalleri deneyimizde kullanma olanağı sağlayan dijital mikro işlemcili bir ağırlık transmitteridir.



Şekil 4.16. Yük Hücresi Amplifikatörü

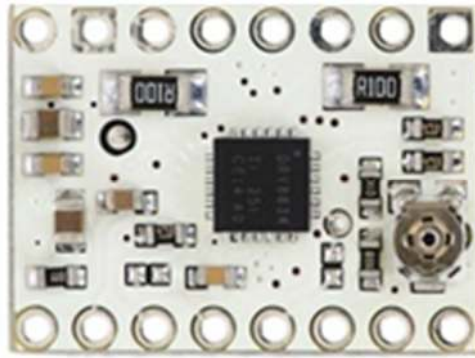
#### 4.4.5. Adım Motor Sürücüsü

Adım motorun çalışması için fazlarına gerilim uygulamak gerekmektedir. Darbe halinde uygulanacak olan bu gerilimlerin yaratılabilmesi için bir anahtarlama sistemi gerekmektedir. Adım motor sürücüsü bu gerilim darbelerini kontrol ederek adım motorun istenilen hız ve hassasiyette dönme kuvveti oluşturmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.17. DRV 8834 Adım Motor Sürücü Entegresi Bağlantı Şeması

Deney düzeneğimizde adım motoru 1/32 adıma kadar ayarlama imkânı veren DRV8834 model adım motor sürücü entegresi kullanılmıştır.

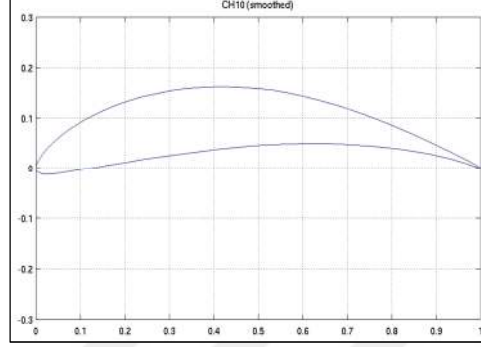


Şekil 4.18. DRV 8834 Adım Motor Sürücü Entegresi



#### 4.5. Matematiksel Model

Rüzgârlık için yüksek yük taşıma kapasitesinden dolayı Şekil 4.19'daki CH10SM tipi uçak kanat profili seçilmiştir ve uygulamalarda ters biçimde kullanılmıştır.



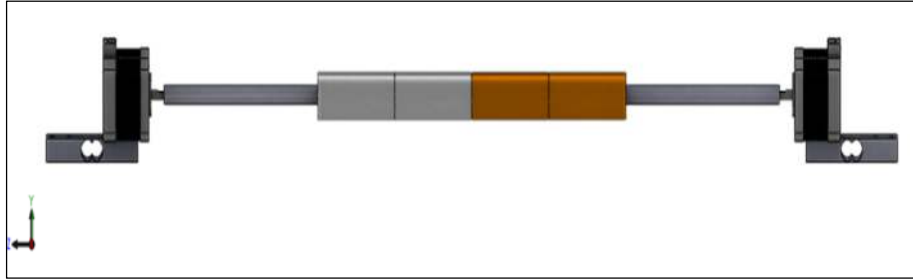
(a)



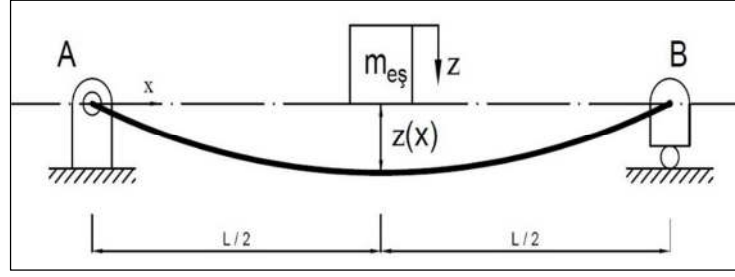
(b)

Şekil 4.19. CH10SM Uçak Kanat Profili (a) [25], Üretilen OAR Profil Tasarımı (b)

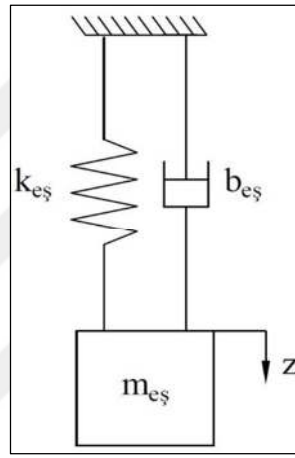
Şekil 4.20 (a), kiriş olarak modellenerek Şekil 4.20 (b) eşdeğer kütle-yay sistemine Şekil 4.20 (c) dönüştürülmüştür.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.20. Deney Düzenine (a) Ankastre Kiriş (b) ve Eşdeğer (c) Modeli

$$z(x) = \frac{FL^3}{48EI} \quad (4.1)$$

$F = k_{eş}z(x)$  eşitliği dikkate alınarak eşdeğer direngenlik:

$$k_{eş} = \frac{F}{z(x)} = \frac{48EI}{L^3} \quad (4.2)$$

ifadesiyle bulunur.

$$m_{eş}\ddot{z} + b_{eş}\dot{z} + k_{eş}z = 0 \quad (4.3)$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k_{eş}}{m_{eş}}} = 33,89 \text{ Hz} \quad (4.4)$$

Genel titreşim denklemiyle eşdeğer sistemin hareketi elde edilir.

Burada m kütlesi kirişin toplam kütlesi olup konumu değişmediğinden eşdeğer kütle ve sönüm sabiti eşdeğer modelde değişmeyecektir. Bir başka ifadeyle  $m=m_{eş}$ ,  $b=b_{eş}$  dir.

Eşdeğer sönüm katsayısı  $b_{eş}$  ise logaritmik azalma ile bulunur.

İvme genlikleri oranının logaritması alınır,

$$\delta = \ln\left(\frac{y_1}{y_2}\right) = \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} \quad (4.5)$$

elde edilir. Sönüm oranı için ise aşağıdaki denklemler kullanılır.

$$\zeta = \sqrt{\frac{\delta^2}{4\pi^2 + \delta^2}} \quad (4.6)$$

$$b_{eş} = 2\zeta\sqrt{k.m} \quad (4.7)$$

## 4.6. Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

### 4.6.1. Direngelik Katsayısının Bulunması

Eşdeğer direngelik katsayısının bulunması için OAR orta noktasına Şekil 4.21’de gösterilen ağırlıklar yüklenerek şekil 4.22’de görüldüğü gibi komperatör yardımıyla

yine aynı noktadan sehim değerleri ölçülmüştür. Yük, sehim değerleri ve denklem (4.2) dikkate alınarak eşdeğer direngenlik değeri  $k_{eş} = 6,93$  N/m olarak hesaplanmıştır. Komperatör ile yapılan ölçümlerde muhtemel mekanik kayıplar dikkate alınarak ölçümler 10 kez tekrarlanarak ortalama değer dikkate alınmıştır.



**Şekil 4.21.** Sehim Ölçümlerinde Kullanılan Yük Değerlerinin Ölçümü

Denklem (4.1)'den yine komparatör ile yapılan ölçüm değerleri kullanılarak OAR için  $E = 3,6$  GPa olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 4.22.** OAR'ın Orta Noktasından Sehim Ölçümü

#### 4.6.2. Sönüm Katsayısının Bulunması

Pulse MTC yazılımı ile yapılan çekiç deneyinde ivme genliklerindeki azalma ve denklemler (4.5) (4.6), (4.7) dikkate alınarak eşdeğer sönüm katsayısı  $b_{eş} = 1.5 \times 10^{-3}$  Ns/m olarak hesaplanmıştır. Hesaplama logaritmik azalma yöntemi kullanılmıştır.



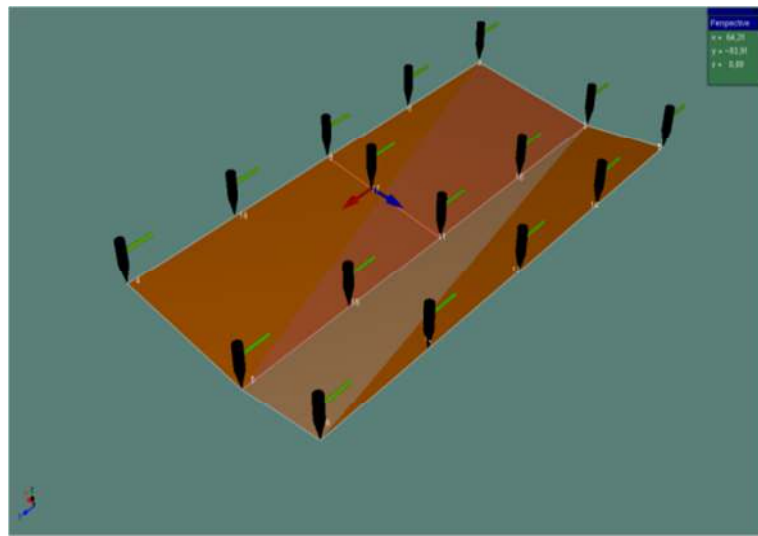
## 5. DENEYLER

### 5.1. OAR'ın Deneysel ve Sayısal Modal Analizi

Bu tez çalışmasında OAR'ın serbest titreşim doğal frekansları ve mod biçimleri deneysel ve sayısal olarak belirlenmiştir. Deneysel çalışmada çekiş testi ile modal analiz yapılmıştır. Sonlu elemanlar analizi ile doğal frekans ve mod biçimleri sayısal olarak araştırılmıştır. Sayısal çalışma dahilinde Abaqus yazılım programı kullanılmıştır. Daha sonra bulunan bu sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak analiz edilmiştir.

#### 5.1.1. OAR'ın Deneysel Modal Analizi

OAR'ın deneysel modal analizde çekiş testi yapılmıştır. Test ekipmanlarının tamamı Brüel & Kjaer firmasına ait 3050-B-060 model ve 50 kHz kapasiteli titreşim analizörü, 8206-002 model darbe çekişi ve 4524B tipi üç eksenli ivmeölçer sensörü kullanılmıştır. Geometrik modelin oluşturulması ve modal analiz için Pulse MTC (Modal Test Consultant) yazılımından yararlanılmıştır. Model üzerinde ivmeölçerin konumu ve çekicinin vurulacağı noktalar belirlenerek darbe çekişi ile vurularak doğal frekanslar bulunmuştur. Şekil 5.1'de görüldüğü gibi 16 nokta işaretlenmiş ve bu noktalar darba çekişi ile model titreştirilerek ölçümler yapılmıştır.



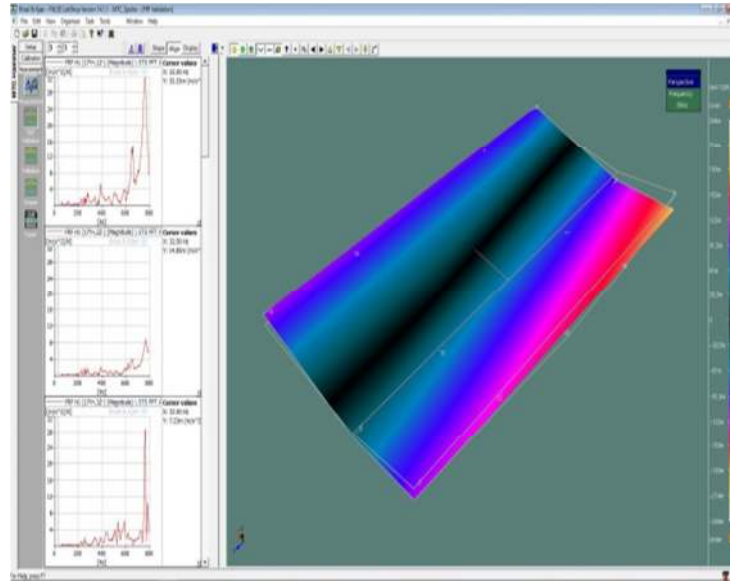
Şekil 5.1. Pulse MTC ile Modal Analiz

Modal analizi yapılacak OAR'ın ankastre-ankastre sınır şartı sağlanmaya çalışılmıştır. Modelin her iki ucu işkence ile sabitlenmiştir.



Şekil 5.2. Çekiş Testi Deney Düzeneği

Çekiş testi ile elde edilen veriler titreşim analizörü yardımıyla Pulse MTC programına aktarılarak doğal frekans ve mod biçimleri elde edilmiştir. Şekil 5.3'de Pulse MTC programının ekran görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Pulse MTC ile Modal Analiz

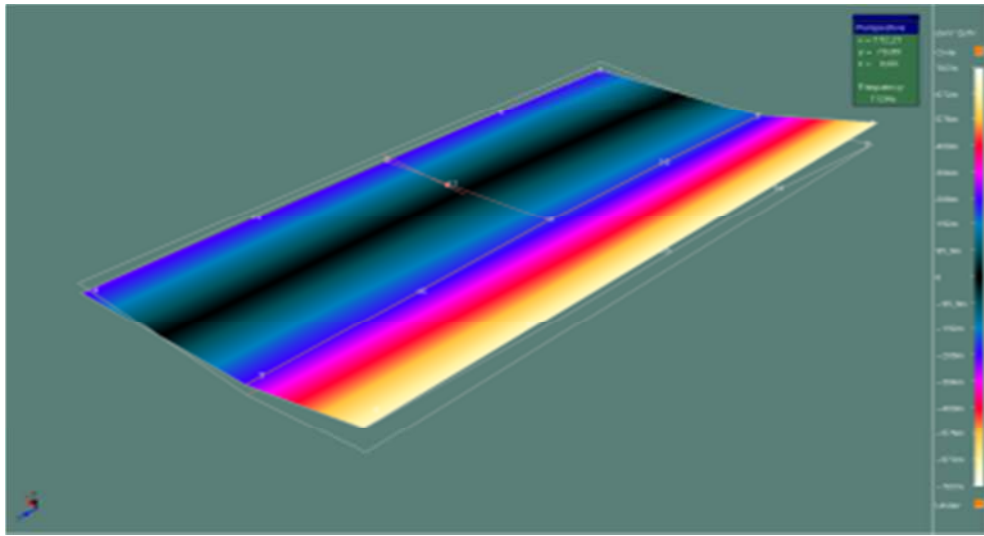
Tablo 5.1’de OAR’a ilişkin çekiş testi ile deneysel olarak elde edilen doğal frekanslar verilmiştir.

**Tablo 5.1.** OAR’ın Deneysel Doğal Frekansları

| Mod No | Doğal Frekans<br>Deneysel (Hz) |
|--------|--------------------------------|
| 01     | 253,2                          |
| 02     | 562,3                          |
| 03     | 1080,1                         |
| 04     | 1432,6                         |
| 05     | 1512,0                         |

Deneysel modal analiz sonucu elde edilen mod biçimleri aşağıda sunulmaktadır.

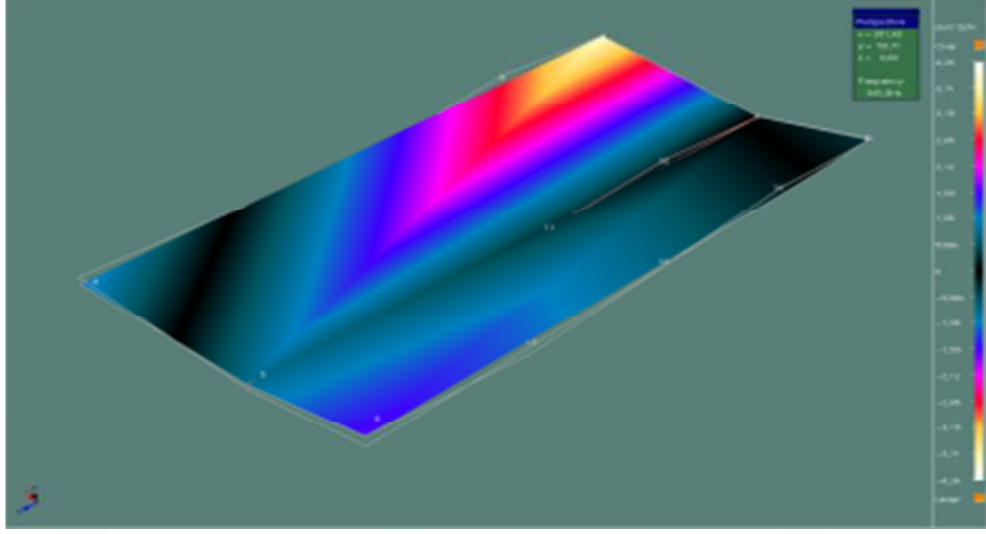
Şekil 5.4’de 1.Mod biçimi için deneysel doğal frekans değeri 253,2 Hz olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 5.4.** 1.Mod Biçimi

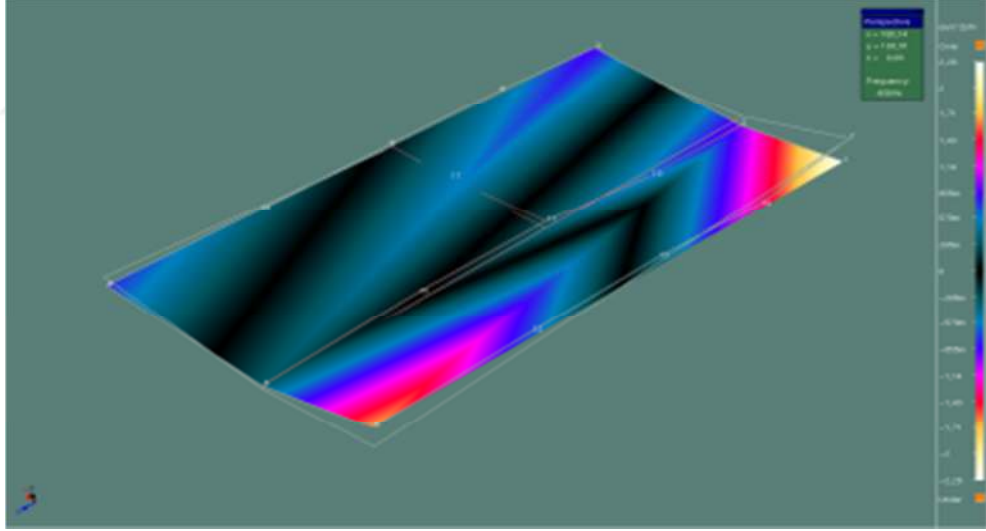
Şekil 5.5’de 2.Mod biçimi için deneysel doğal frekans değeri 562,3 Hz olarak hesaplanmıştır.





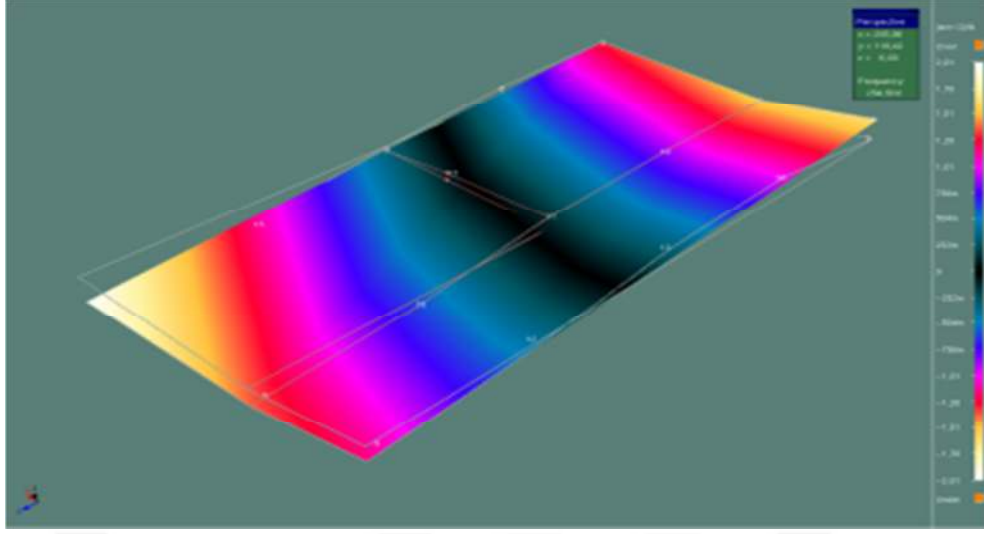
**Şekil 5.5.** 2.Mod Biçimi

Şekil 5.6’da 3.Mod biçimi için deneysel doğal frekans değeri 1080,1 Hz olarak hesaplanmıştır.



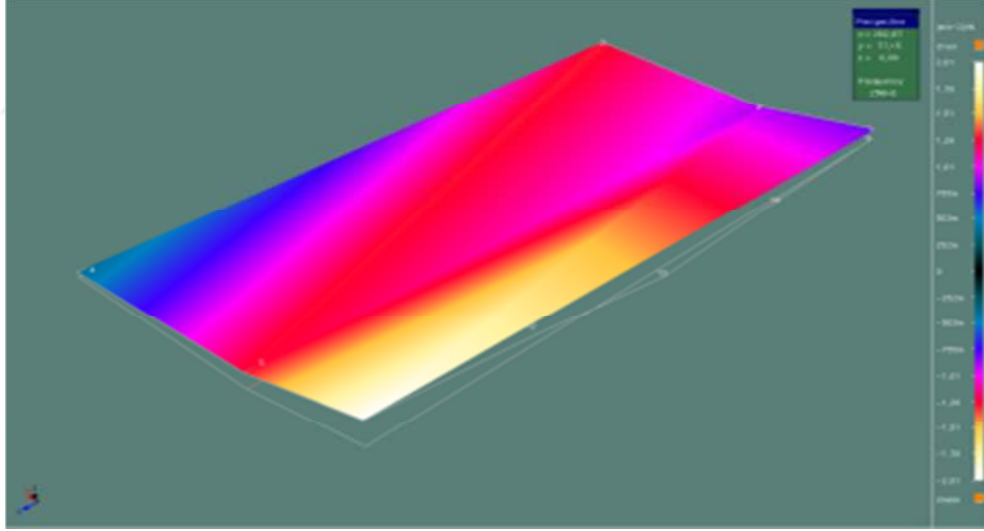
**Şekil 5.6.** 3.Mod Biçimi

Şekil 5.7’de 4.Mod biçimi için deneysel doğal frekans değeri 1432,6 Hz olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 5.7.** 4.Mod Biçimi

Şekil 5.8’de 5.Mod biçimi için deneysel doğal frekans değeri 1512,0 Hz olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 5.8.** 5.Mod Biçimi

### 5.1.2. OAR’ın Sayısal Modal Analizi

OAR’ın sayısal modal analizi için sonlu elemanlar programı olan Abaqus programı kullanılmıştır. Analizde Lanczos yöntemi kullanılarak malzeme mekanik özellikleri Tablo 5.2’de gösterilmiştir.

**Tablo 5.2.** PLA Filament Malzemesinin Özellikleri

|                   |        |                   |
|-------------------|--------|-------------------|
| Yoğunluk          | 1,25   | g/cm <sup>3</sup> |
| Elastisite Modülü | 3,6    | GPa               |
| Poisson oranı     | v=0,35 |                   |

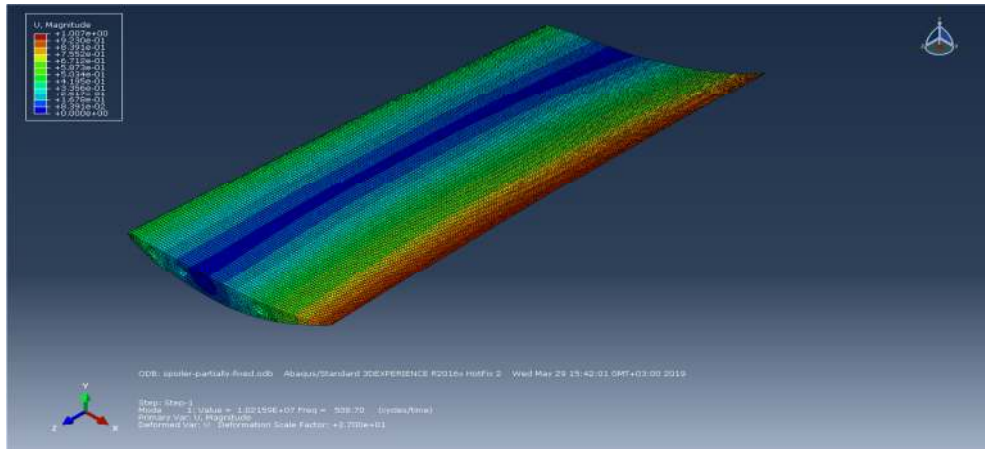
Analizden önce programa OAR malzemesi olan PLA filamentin mekanik özellikleri tanıtılmıştır. Ardından modele mesh uygulanarak OAR'ın her iki ucu ankastre olarak sabitlenmiştir. Abaqus programında OAR'ın sayısal model analizi yapılarak doğal frekans ve mod biçimlerine ulaşılmıştır.

Tablo 5.3'de OAR'a ilişkin sayısal olarak elde edilen doğal frekanslar verilmiştir.

**Tablo 5.3.** Taşıyıcı Kanatın Sayısal Doğal Frekansları

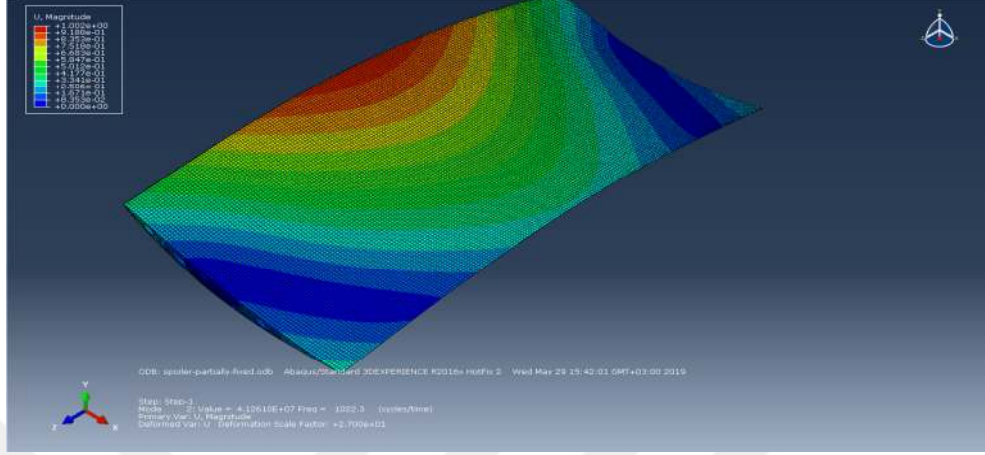
| Mod No | Doğal Frekans Sayısal (Hz) |
|--------|----------------------------|
| 01     | 508,7                      |
| 02     | 1022,3                     |
| 03     | 2089,1                     |
| 04     | 3087,3                     |
| 05     | 3157,0                     |

Şekil 5.9'da 1.Mod biçimi için sayısal doğal frekans değeri 508,7 Hz olarak hesaplanmıştır.



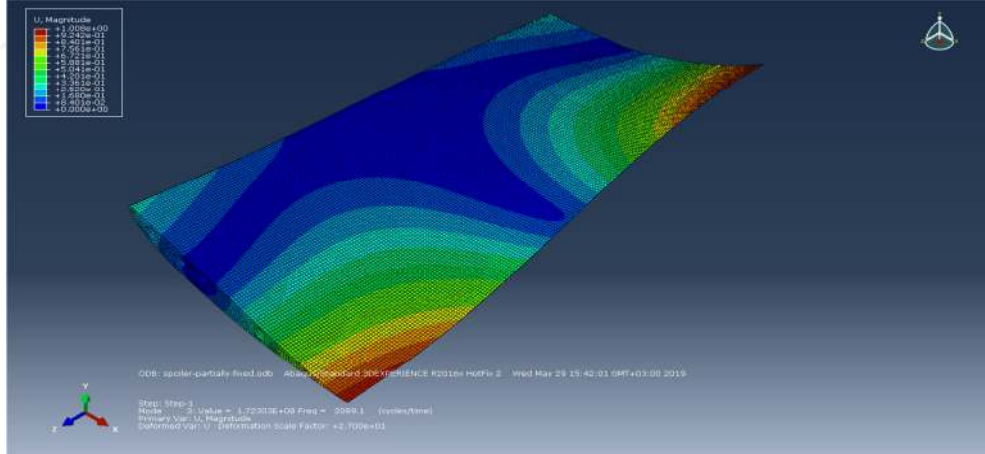
**Şekil 5.9.** 1. Mod Biçimi

Şekil 5.10'da 2.Mod biçimi için deneysel doğal frekans değeri 1022,3 Hz olarak hesaplanmıştır.



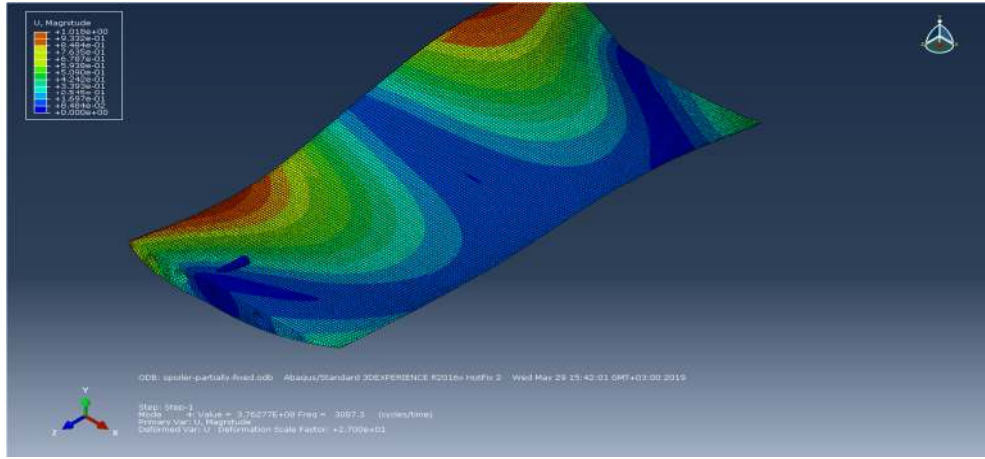
**Şekil 5.10.** 2. Mod Biçimi

Şekil 5.11'de 3.Mod biçimi için sayısal doğal frekans değeri 2089,1 Hz olarak hesaplanmıştır.



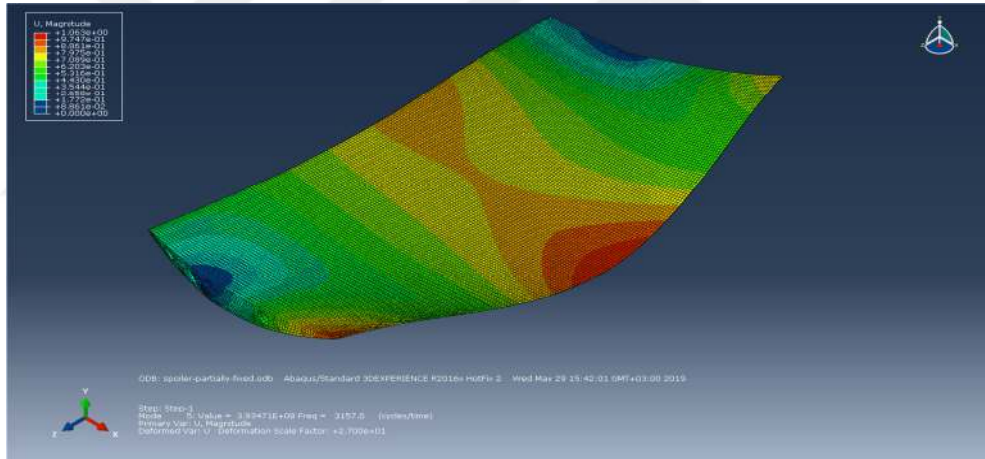
**Şekil 5.11.** 3. Mod Biçimi

Şekil 5.12'de 4.Mod biçimi için sayısal doğal frekans değeri 3087,3 Hz olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 5.12.** 4. Mod Biçimi

Şekil 5.13’de 5.Mod biçimi için deneysel doğal frekans değeri 3157,0 Hz olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 5.13.** 5. Mod Biçimi

Deneysel ve sayısal modal analizler sonucunda elde edilen doğal frekansların karşılaştırılması Tablo 5.4’de verilmiştir.

**Tablo 5.4.** Taşıyıcı Kanatın Deneysel ve Sayısal Doğal Frekansları

| Mod No | Doğal Frekans Deneysel (Hz) | Doğal Frekans Sayısal (Hz) |
|--------|-----------------------------|----------------------------|
| 01     | 253,2                       | 508,7                      |
| 02     | 562,3                       | 1022,3                     |
| 03     | 1080,1                      | 2089,1                     |
| 04     | 1432,6                      | 3087,3                     |
| 05     | 1512,0                      | 3157,0                     |

## 5.2. Akış Anında OAR'ın Titreşim Deneyi

Üç eksenli ivme sensörünün yerleşimi için dayanım yönünden en kritik nokta olan OAR'ın orta noktası seçilerek akış anında titreşim değerleri zaman ve frekansa bağlı olarak elde edildi.

Deney düzeneği görüntüleri Şekil 5.14'de gösterilmiştir. OAR'ın deney odasında davranışını kolaylıkla görebilmek için camlı bir kapak imal edilmiş ve kapak ortasına motor bağlantısı için bir boşluk bırakılmıştır. Şekil 5.15'de görüldüğü gibi bu boşluktan gelen OAR bağlantı mili önce step motora, motor da yük sensörüne bağlanmıştır. Yük sensörü, zemine sabitlenen taşıyıcı bir şase üzerine sabitlenmiştir.



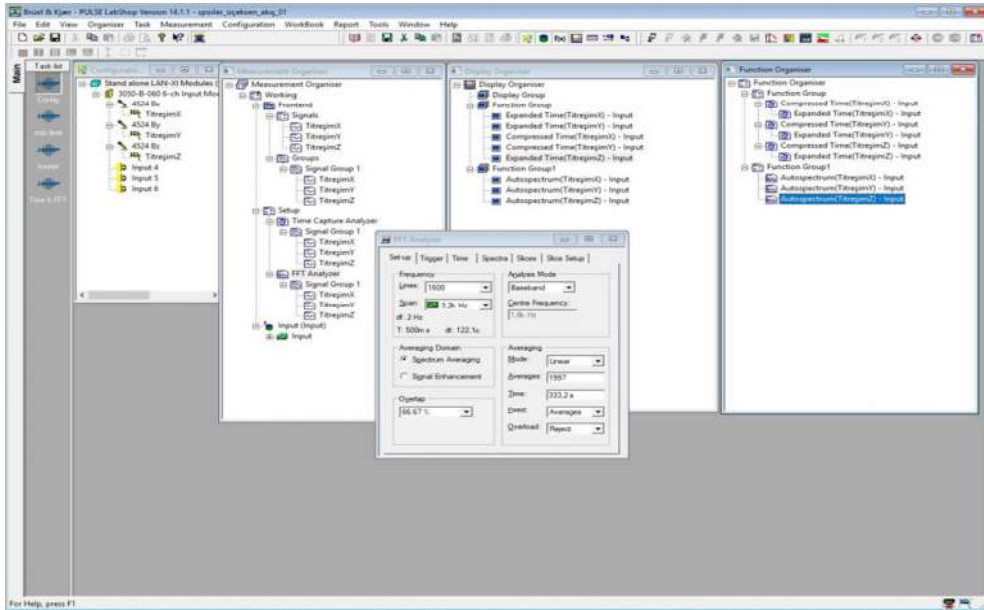
**Şekil 5.14.** Deney Düzeneği Görüntüleri



Şekil 5.16’te titreşim testinde kullanılan ölçüm organizasyonu Pulse yazılımı ortamında gösterilmiştir. OAR orta noktasından alınan titreşim verileri, Data Logger’ın sırasıyla 1. 2. ve 3. kanallarına bağlanan X,Y,Z yönlerindeki sensör kablolarıyla elde edilmiştir. Veriler elde edilirken Zaman Yakalama Analizörü ve Hızlı Fourier Dönüşüm Analizörü paketleri kullanılmıştır.

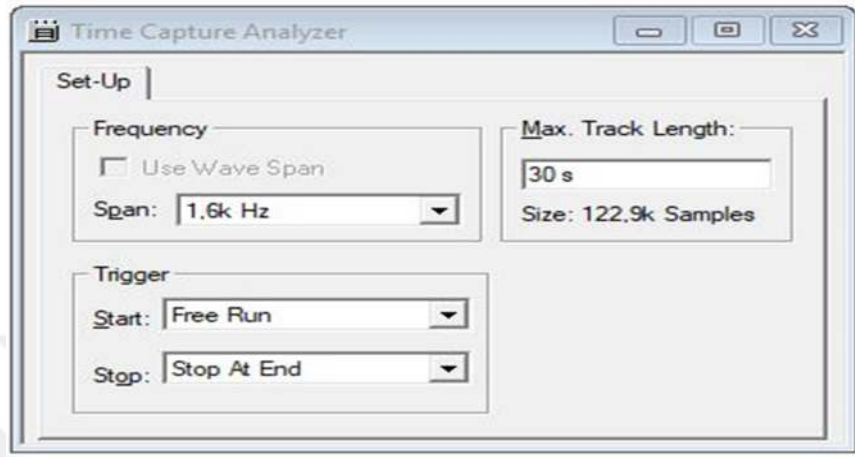


Şekil 5.15. OAR’ın Motor ve Yük Sensörü ile Yataklanması

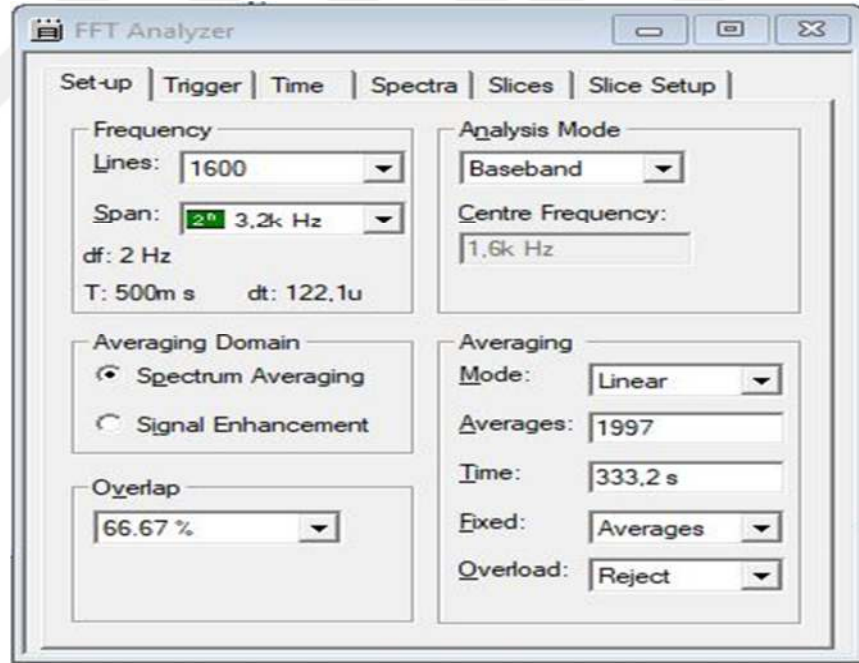


Şekil 5.16. Titreşim Testinde Kullanılan Ölçüm Organizasyonu

Titreşim testinde kullanılan zaman (a) ve frekans (b) analiz ayarları Şekil 5.17’de gösterilmiştir. Veriler, 3.2 kHz frekans üst değeri esas alınarak örnekleme zamanı 500 ms için kayıt edilmiştir. Her titreşim kaydı 30 s süreyle gerçekleşmiştir.



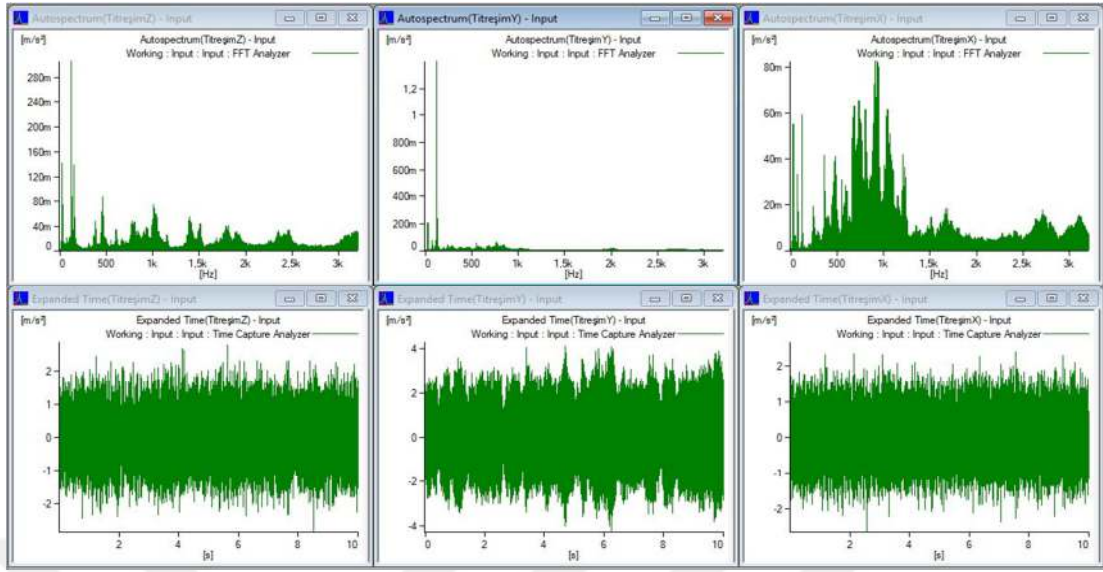
(a)



(b)

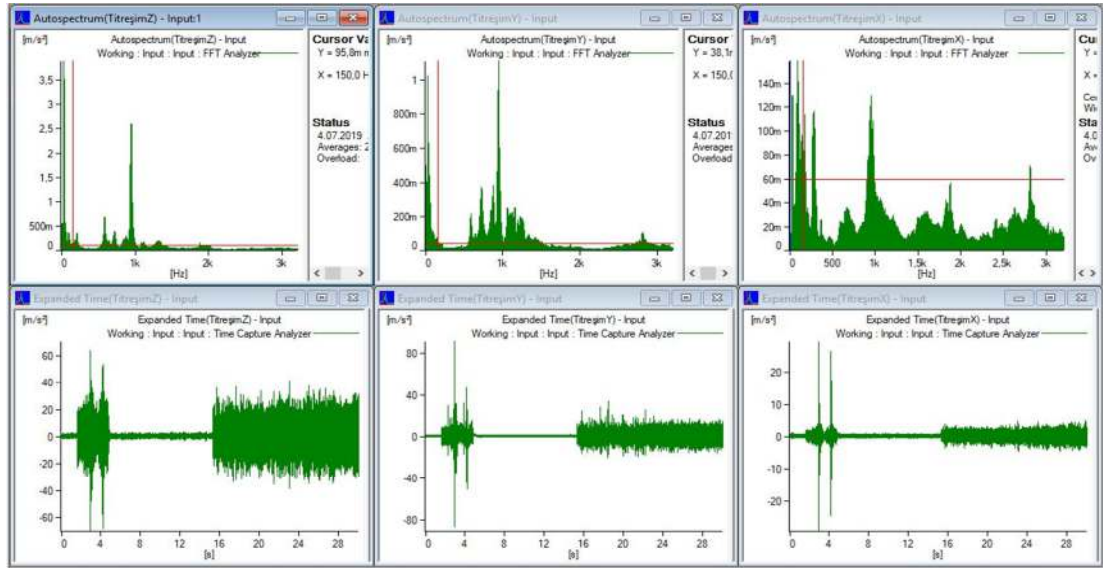
Şekil 5.17. Titreşim Testinde Kullanılan Zaman (a) ve Frekans (b) Analiz Ayarları





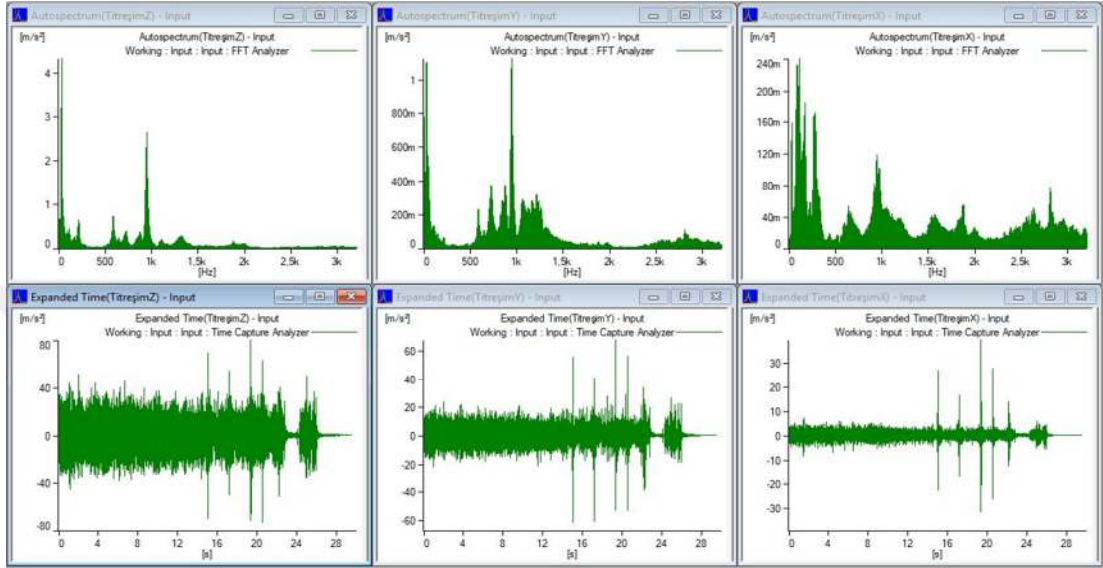
**Şekil 5.18.** Herhangi Bir OAR Hücüm Açısında Frekansa ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri

Şekil 5.18.'de herhangi bir OAR hücüm açısında frekans (Üst sıra: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zaman (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) ivme genlikleri gösterilmiştir. X yönünde doğal frekans sayısı diğer yönlere göre daha fazla sayıda çıkarken en yüksek ivme genliği Y yönünde gözlenmiştir.



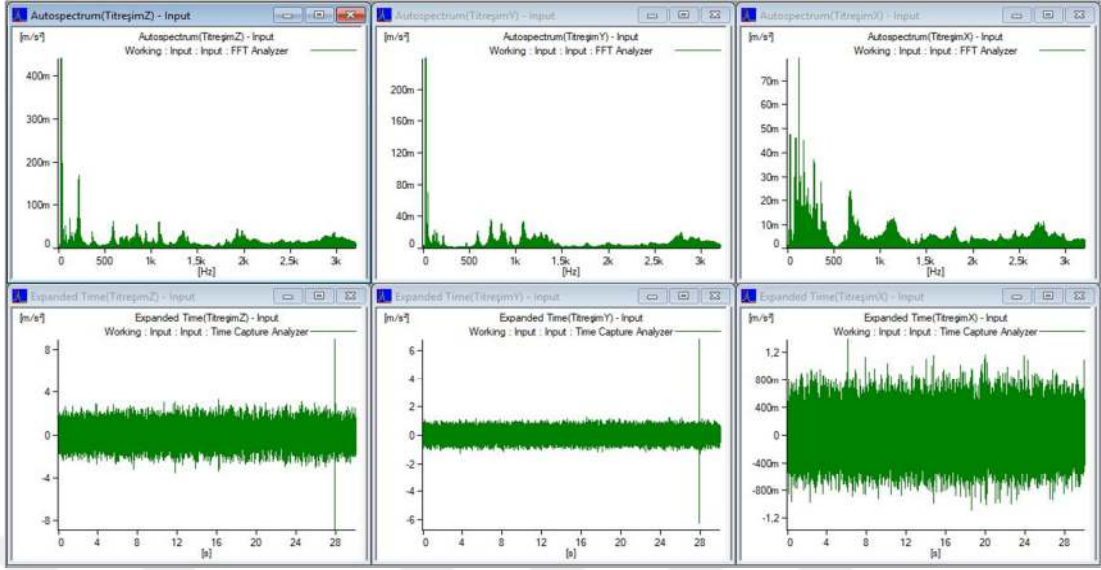
**Şekil 5.19.** Farklı OAR Hücüm Açısı Geçişlerinde Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri

Şekil 5.19’da farklı OAR hücum açısı geçişlerinde frekans (Üst sıra: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zaman (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) ivme genlikleri gösterilmiştir. Sabit açıda akış devam ederken başlayan testin sonunda tüm yönlerde genlik büyüklerinde ani sıçramalar gözlenmiştir.



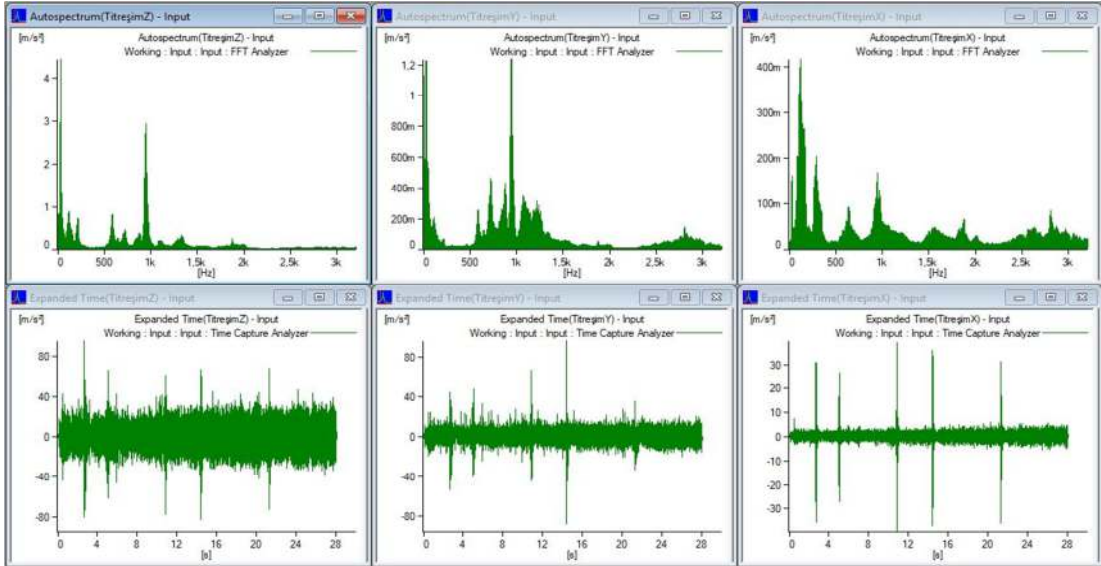
**Şekil 5.20.** Farklı Referans Yük Değeri Arayışı Anında, Frekans ve Zamana bağlı İvme Genlikleri

Şekil 5.20’da farklı referans yük değeri arayışı anında, frekans (Üst sıra: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zaman (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) ivme genlikleri gösterilmiştir. Başlangıçta referans yük değeri araştırılırken akış devam ederken tüm yönlerde genlik büyüklerinde ani sıçramalar olmuş, testin sonunda açı sabitlendiğinde genliklerin de değişmediği gözlenmiştir.



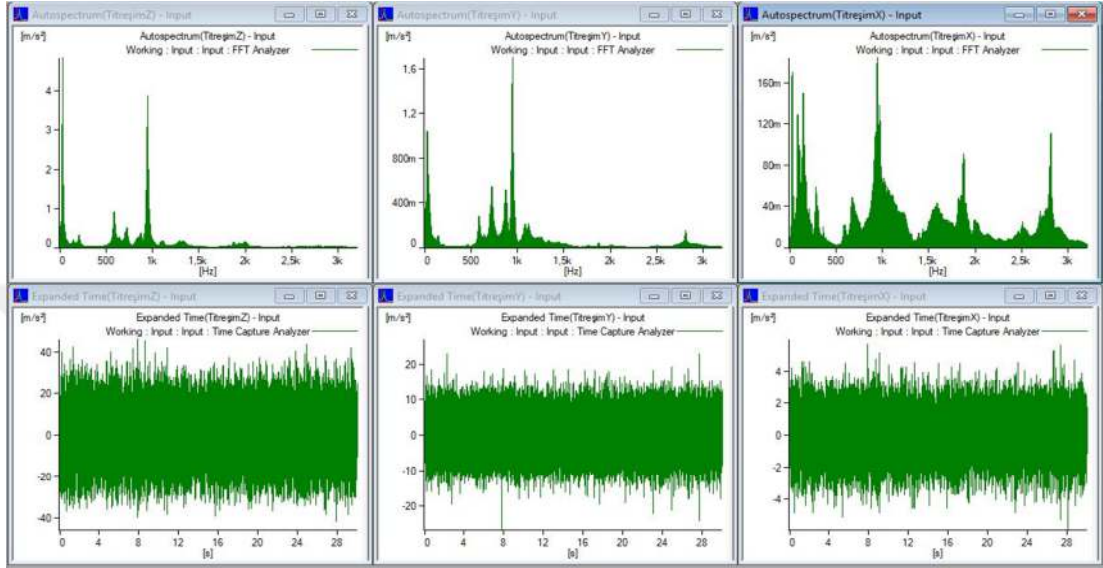
**Şekil 5.21.** 0 g Yük Değeri İçin Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri için 1. Deney

Şekil 5.21.'de 0 g yük değeri için durağan durumda akış devam ederken frekansa (Üst satır: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zamana (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) bağlı ivme genliklerinin ilk deney sonucu gösterilmiştir. En düşük ivme genliği X yönünde olduğu gözlenmiştir.



**Şekil 5.22.** 0 g'dan 120 g'a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri

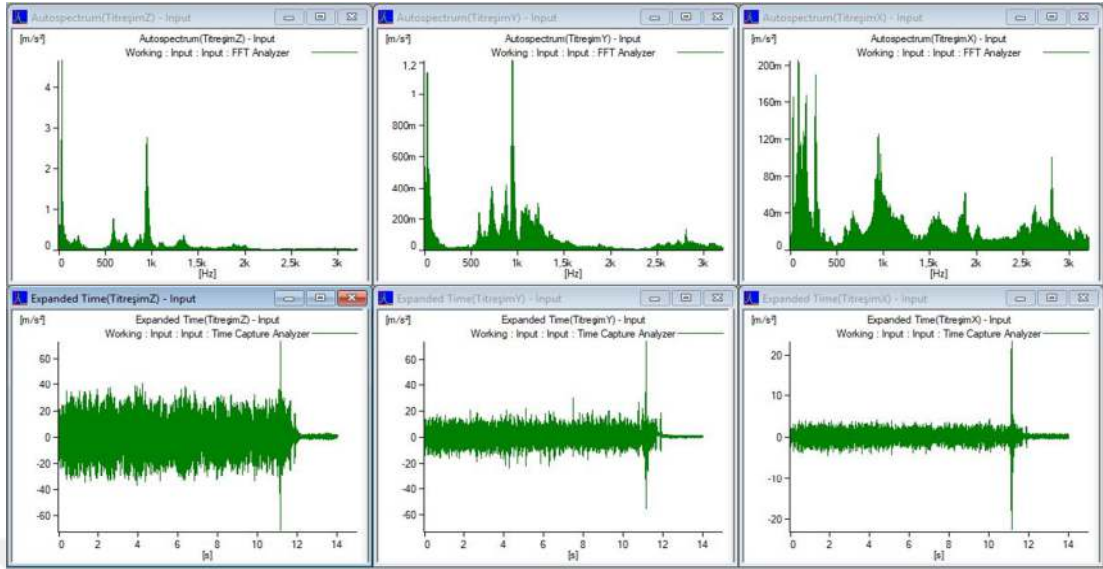
Şekil 5.22’de 0 g’dan 120 g’a referans yük geçiş anında durağan durumda akış devam ederken frekans (Üst satır: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zaman (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) ivme genlikleri için ilk deney gösterilmiştir. Yük artarken genliklerde sıçramalar olmuş ayrıca ortalama genlik artarak ilerlemiştir.



**Şekil 5.23.** 120 g Referans Yük Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri

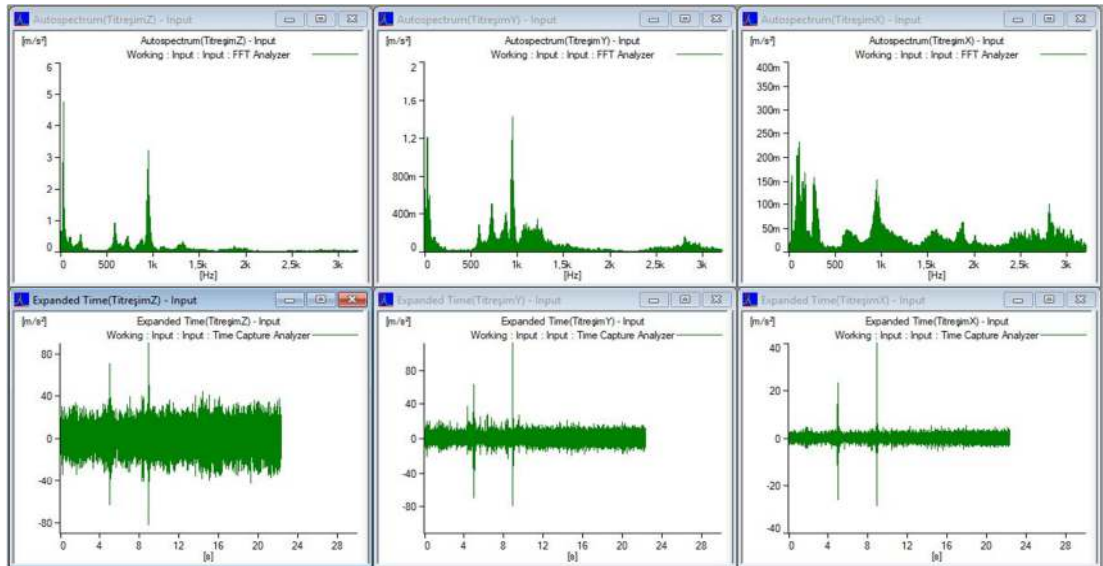
Şekil 5.23’de 120 g referans yük anında durağan durumda akış devam ederken frekans (Üst satır: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zaman (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) ivme genlikleri için ilk deney gösterilmiştir. Z yönündeki ivme genlikleri artmıştır.





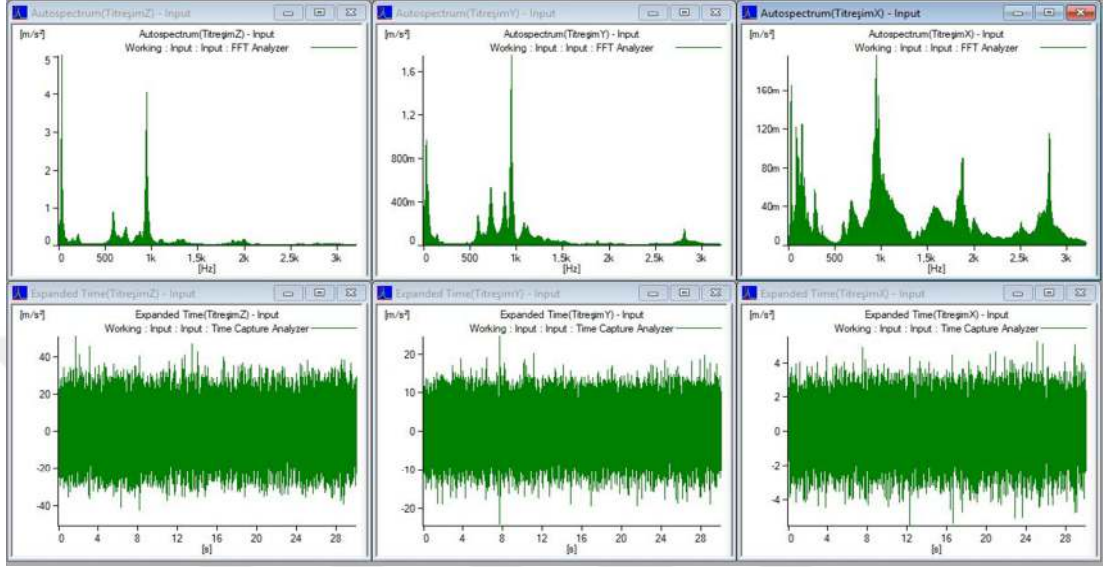
**Şekil 5.24.** 120 g'dan 0 g'a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri

Şekil 5.24'de 120 g'dan 0 g'a referans yük geçiş anında durağan durumda akış devam ederken frekans (Üst satır: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zaman (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) ivme genlikleri için ilk deney gösterilmiştir. Yük azalırken ivme değerlerindeki sıçrama, artarken olandan daha az sayıda gerçekleşirken ortalama ivme değerleri azalarak devam etmiştir.



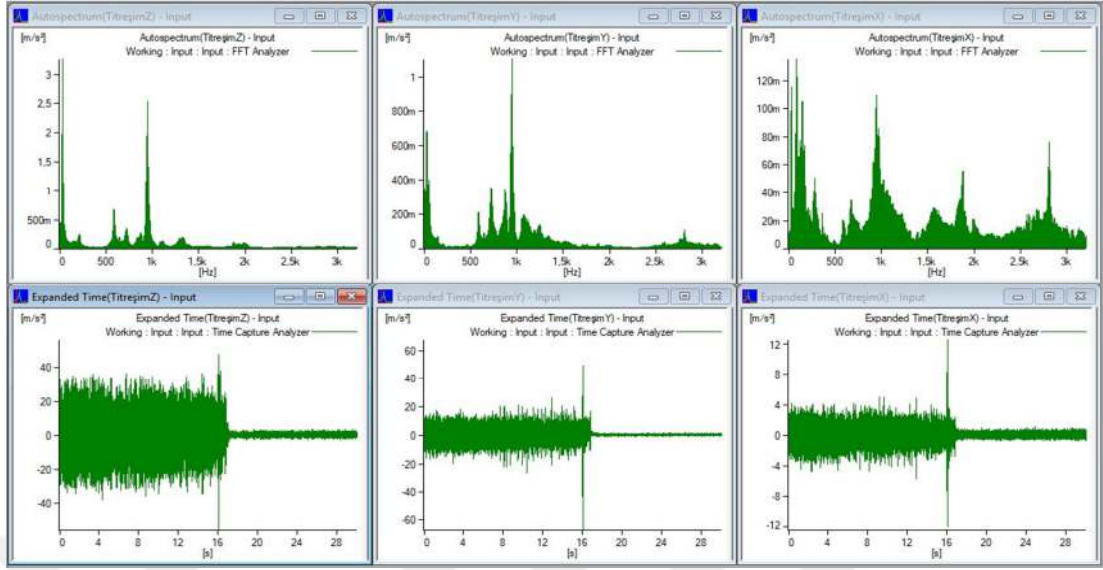
**Şekil 5.25.** 0 g'dan 120 g'a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri

Şekil 5.25’de 0 g’dan 120 g’a referans yük geçişi anında frekans (Üst satır: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zaman (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) ivme genlikleri için ikinci deney gösterilmiştir. Sonuçların ilk deneyle uyumlu olduğu gözlenmiştir.



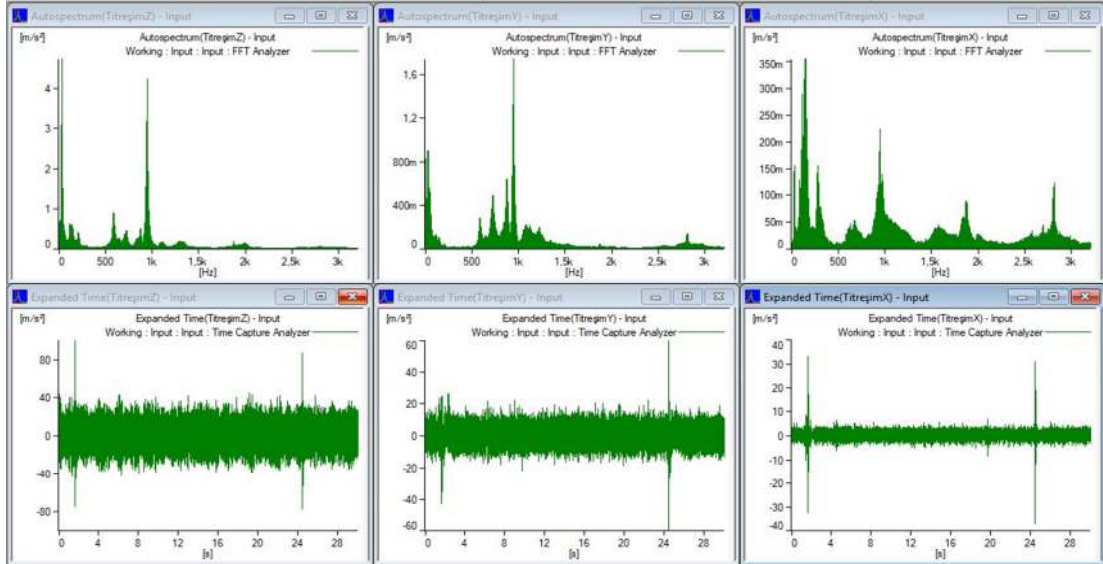
**Şekil 5.26.** 120 g Referans Yük Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri

Şekil 5.26’da 120 g referans yük anında durağan durumda akış devam ederken frekans (Üst satır: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zaman (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) ivme genlikleri için ikinci deney gösterilmiştir. Sonuçların ilk deneyle uyumlu olduğu gözlenmiştir.



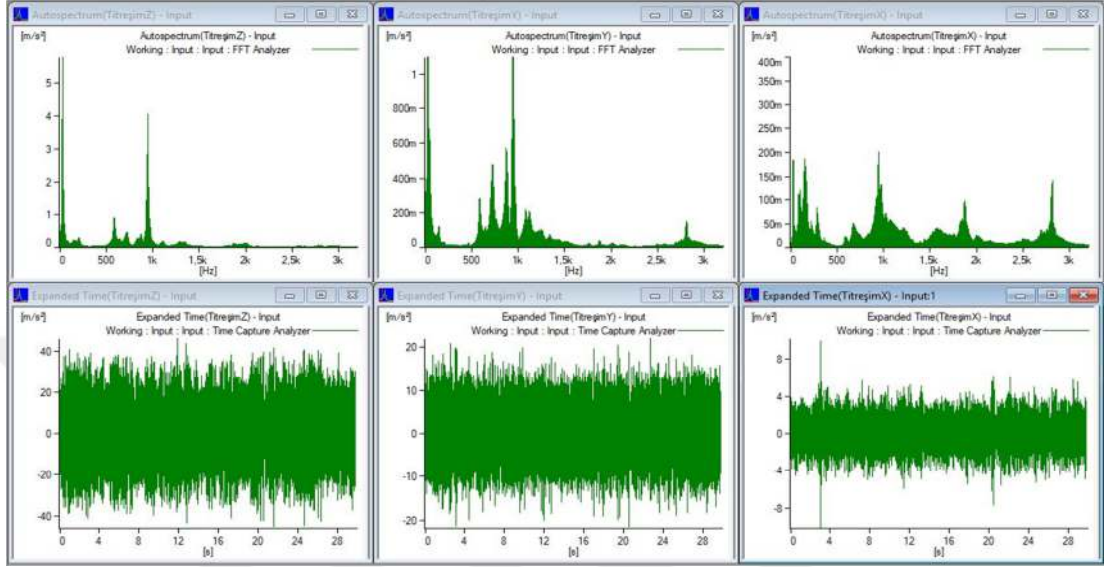
**Şekil 5.27.** 120 g'dan 0 g'a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri

Şekil 5.27'de 120 g'dan 0 g'a referans yük geçiş anında durağan durumda akış devam ederken frekans (Üst satır: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zaman (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) ivme genlikleri için ikinci deney gösterilmiştir. Sonuçların ilk deneyle büyük ölçüde uyumludur. Ancak daha az sıçrama olmuştur.



**Şekil 5.28.** 120 g'dan 123 g'a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri

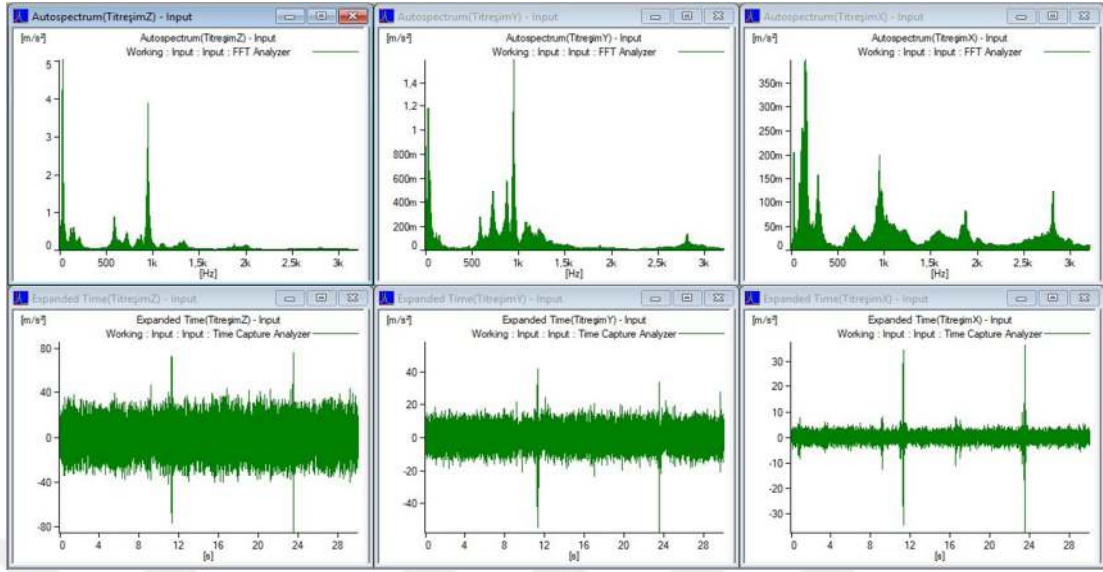
Şekil 5.28’de 120 g’dan 123 g’a referans yük geçiş anında durağan durumda frekans (Üst satır: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zaman (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) ivme genlikleri gösterilmiştir. İvme genliklerinde sadece bir kez sıçrama gözlenmiştir.



**Şekil 5.29.** 120 g’dan 130 g’a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri

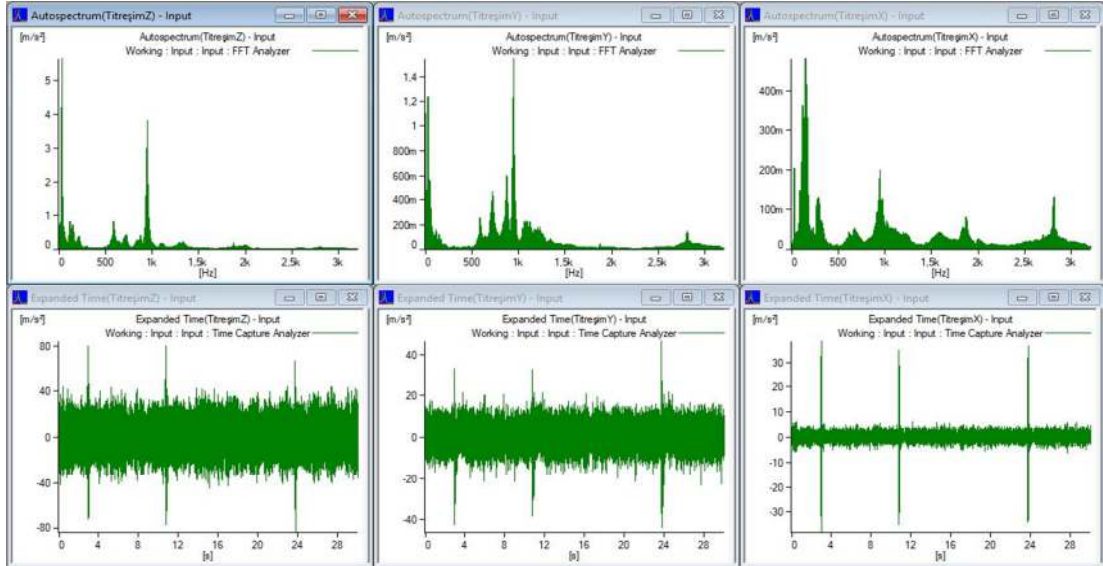
Şekil 5.29’da 120 g’dan 130 g’a referans yük geçiş anında durağan durumda akış devam ederken frekans (Üst satır: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zaman (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) ivme genlikleri gösterilmiştir. İvme genliklerinin tüm yönlerde arttığı görülmüştür.





**Şekil 5.30.** 120 g'dan 135 g'a Referans Yük Geçiş Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri

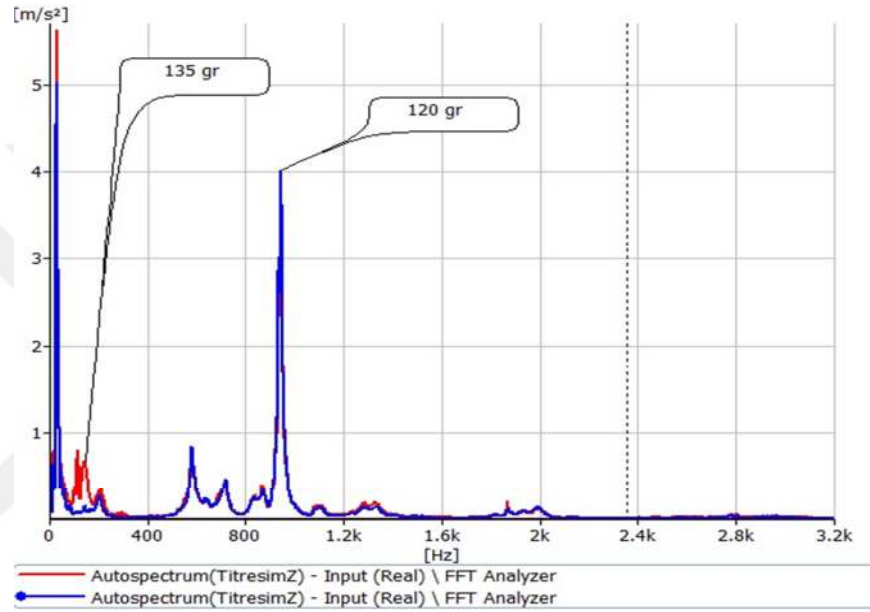
Şekil 5.30'da 120 g'dan 135 g'a referans yük geçiş anında durağan durumda akış devam ederken frekans (Üst satır: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zaman (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) ivme genlikleri gösterilmiştir. İvme genliklerinde sıçramaların arttığı gözlenmiştir.



**Şekil 5.31.** 135 g Referans Yük Anında Durağan Durumda Akış Devam Ederken Frekans ve Zamana Bağlı İvme Genlikleri

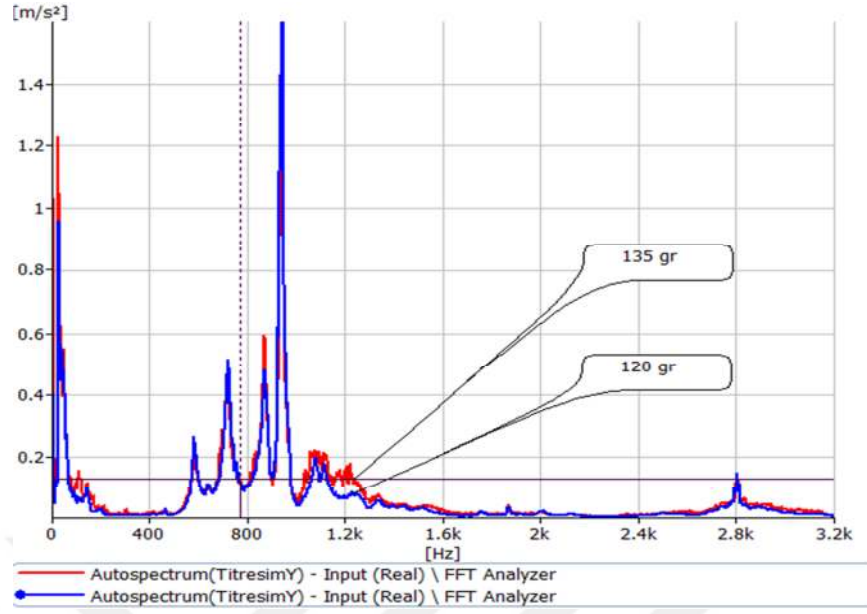
Şekil 5.31’de 135 g referans yük anında durağan durumda akış devam ederken frekans (Üst satır: Soldan sağa sırasıyla Z,Y,X) ve zaman (Alt sıra: Soldan sağa Z,Y,X) ivme genlikleri gösterilmiştir. İvme genliklerinde sıçramaların daha fazla arttığı gözlenmiştir.

Deneyde kullanılan rüzgâr tünelineki motor devri 1400 d/dk dır. Bu değer frekans grafiklerinde yaklaşık 24 Hz civarında ilk frekans olarak karşımıza çıkmaktadır.



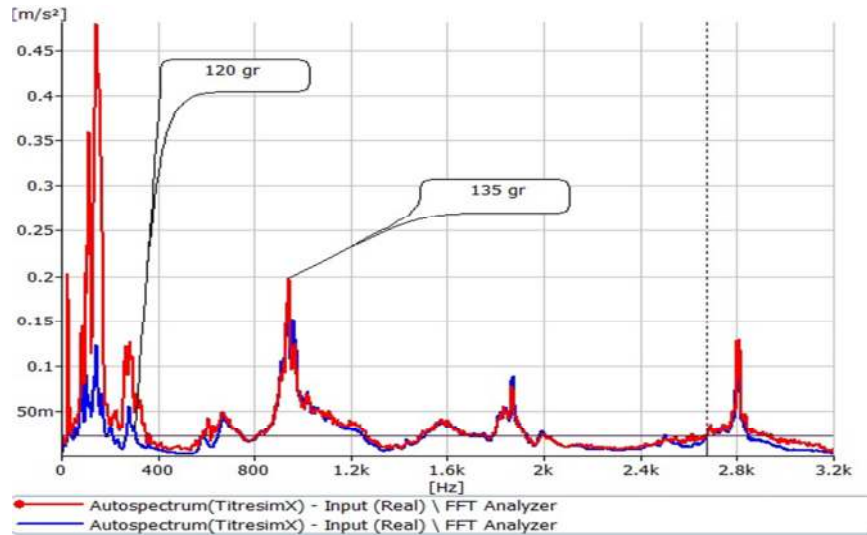
**Şekil 5.32.** 135 g (Kırmızı) ve 120 g (Mavi) Yüklerde Z Yönündeki Frekans Karşılaştırması

Şekil 5.32’de referans yük değeri 120 g dan 135 g’a geçtiğinde tünel içerisinde akış devam ederken 135 g’da Z yönünde daha fazla doğal frekans değeri oluşmuş ve ilk frekans değerinin genliğinde artış olmuştur.



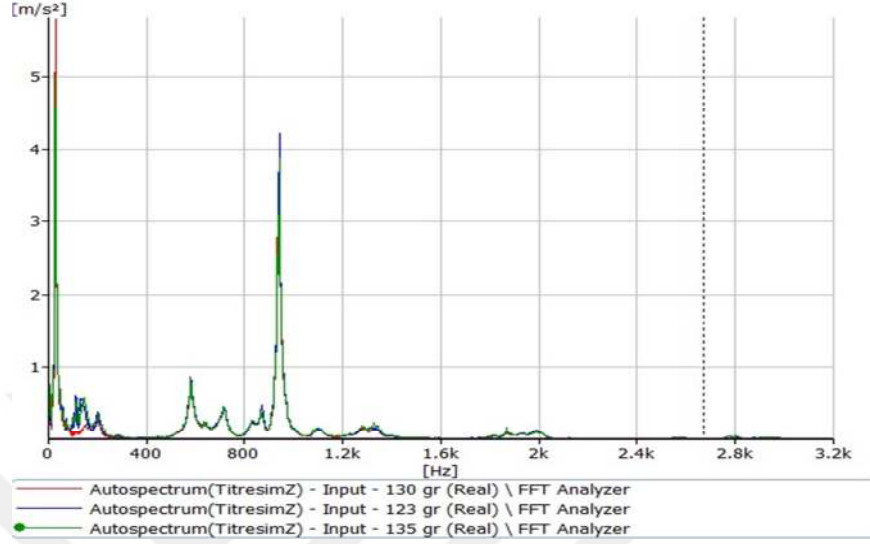
**Şekil 5.33.** 135 g (Kırmızı) ve 120 g (Mavi) Yüklerde Y Yönündeki Frekans Karşılaştırması

Şekil 5.33’de referans yük değeri 120 g dan 135 g’a geçtiğinde tünel içerisinde akış devam ederken 135 ve 120 g’da Y yönünde doğal frekans değerlerinde uyum görülürken bazı frekans genliklerinde ve 120 g lık referans yük değerindeki genliklerde artış görülmüştür.



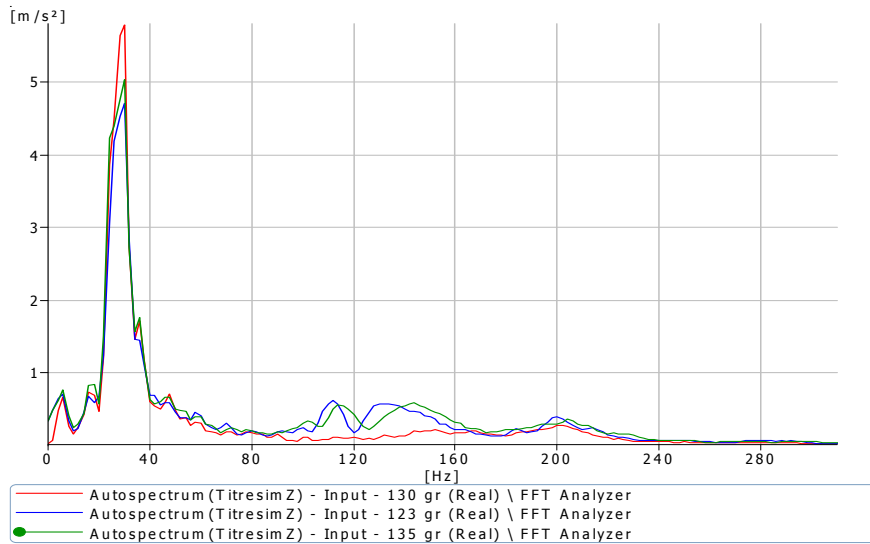
**Şekil 5.34.** 135 g (Kırmızı) ve 120 g (Mavi) Yüklerde X Yönündeki Frekans Karşılaştırması

Şekil 5.34'de referans yük değeri 120 g dan 135 g'a değıştiğinde tünel içerisinde akış devam ederken 135 g'da X yönünde doğal frekans genlikleri açık şekilde baskındır.



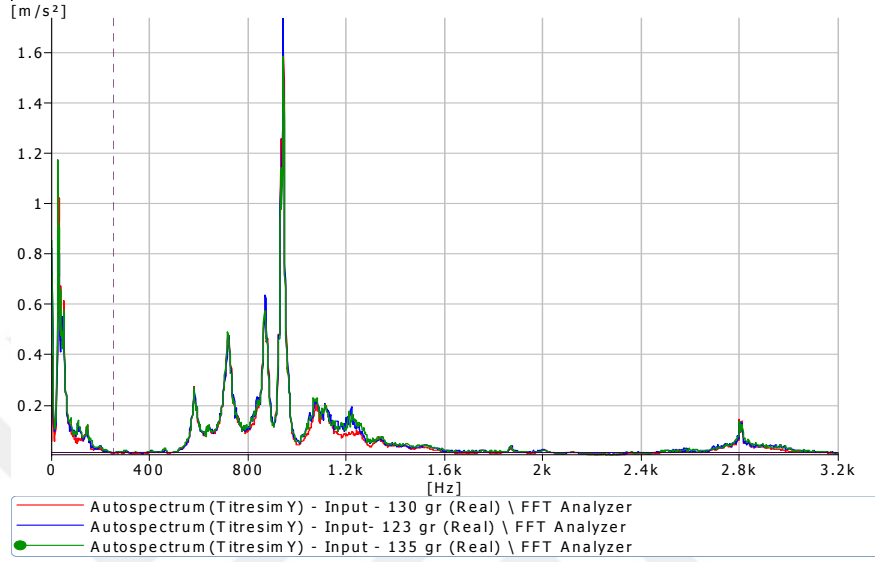
**Şekil 5.35.** 130 g, 123 g Ve 135 g Yük Değerlerinde OAR Orta Noktasında Akış Devam Ederken Z Yönündeki Frekans Karşılaştırması

Şekil 5.35'de farklı referans yük değerlerinde Z yönünde frekans grafiğinde belirgin bir değışiklik görülmemiştir.



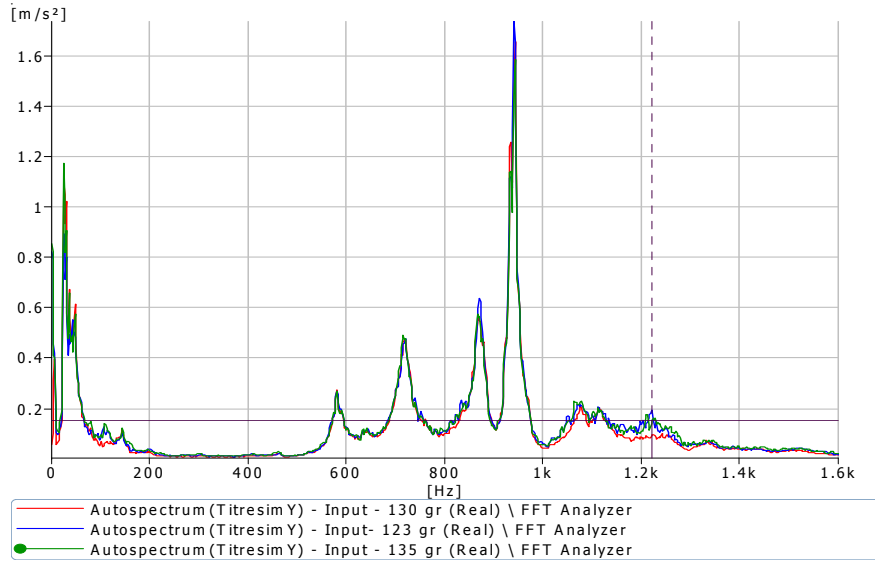
**Şekil 5.36.** 135 g (Kırmızı), 130 g (Mavi) Ve 123 g (Yeşil) Yüklerde Z Yönündeki Frekans Karşılaştırması

Farklı referans yük değerlerinde Z yönünde 0-300 Hz frekans genlikleri karşılaştırması Şekil 5.36'da daha büyük ölçekli olarak gösterilmiştir. En yüksek genlik 130 g'da gözlenmiştir.



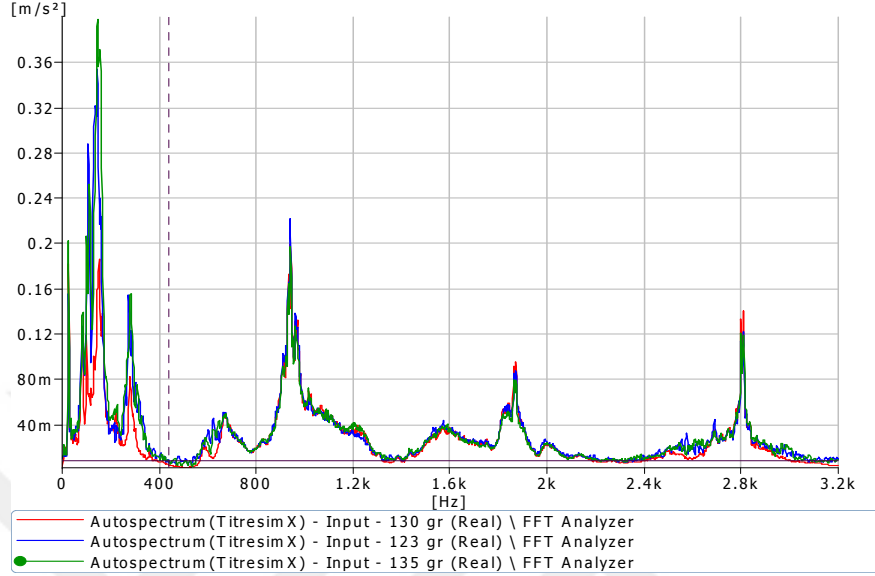
Şekil 5.37. 135 g (Kırmızı), 130 g (Mavi) ve 123 g (Yeşil) Yüklerde Y Yönündeki Frekans Karşılaştırması

Şekil 5.37'de farklı referans yük değerlerinde Y yönünde frekans grafiğinde belirgin bir değişiklik görülmemiştir.



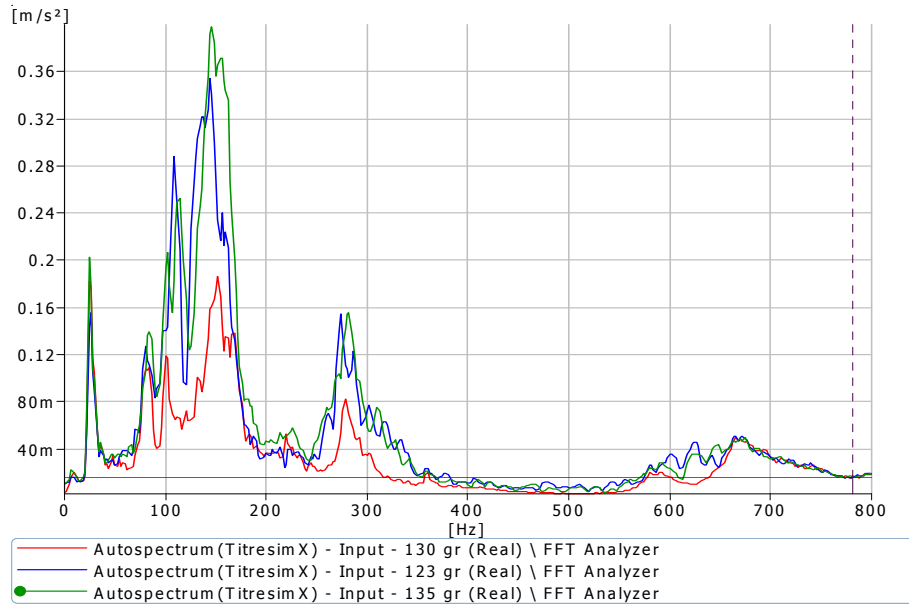
Şekil 5.38. 135 g (Kırmızı), 130 g (Mavi) ve 123 g (Yeşil) Yüklerde Y Yönündeki Frekans Karşılaştırması

Şekil 5.38’de farklı referans yük değerlerinde Y yönünde 0-1600 Hz aralığında frekans grafiğinde belirgin bir değişiklik görülmemiştir.



Şekil 5.39. 135 g (Kırmızı), 130 g (Mavi) ve 123 g (Yeşil) Yüklerde X Yönündeki Frekans Karşılaştırması

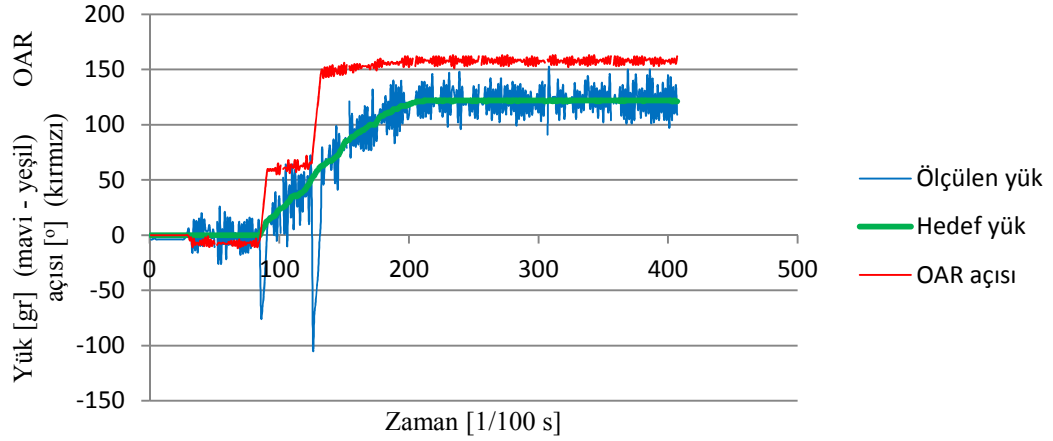
Şekil 5.39’da farklı referans yük değerlerinde X yönünde frekans grafiğinde belirgin bir değişiklik görülmezken 130 g’lık yükün genliği daha düşük izlenmiştir.



Şekil 5.40. 135 g (Kırmızı), 130 g (Mavi) ve 123 g (Yeşil) Yüklerde X Yönündeki Frekans Karşılaştırması

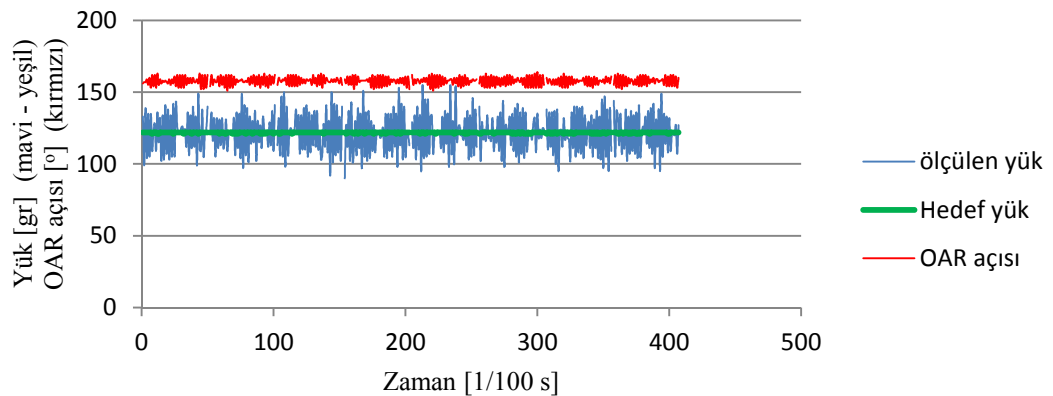
Şekil 5.40'da farklı referans yük değerlerinde X yönünde 0-800 Hz frekans aralığında daha büyük ölçekli olarak grafikte belirgin bir değişiklik görülmezken 130 g'lık yükün genliği daha düşük olduğu açıkça izlenmiştir.

### 5.3. OAR'ın Kontrol Deneyi

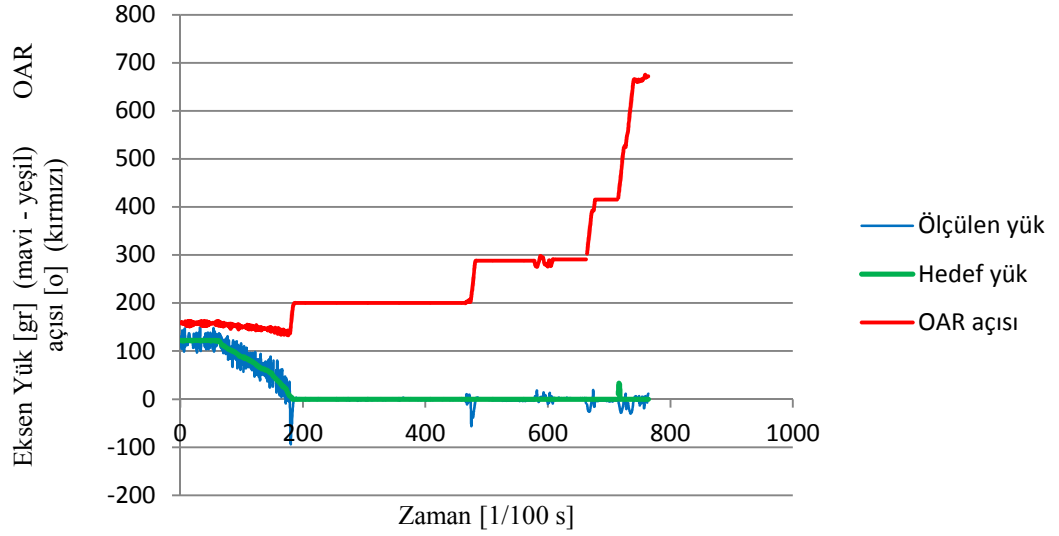


**Şekil 5.41.** Rüzgâr Tünelinde Akış Esnasında 0 g Dan 120 g Hedef Yük (Yeşil) İçin, Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi

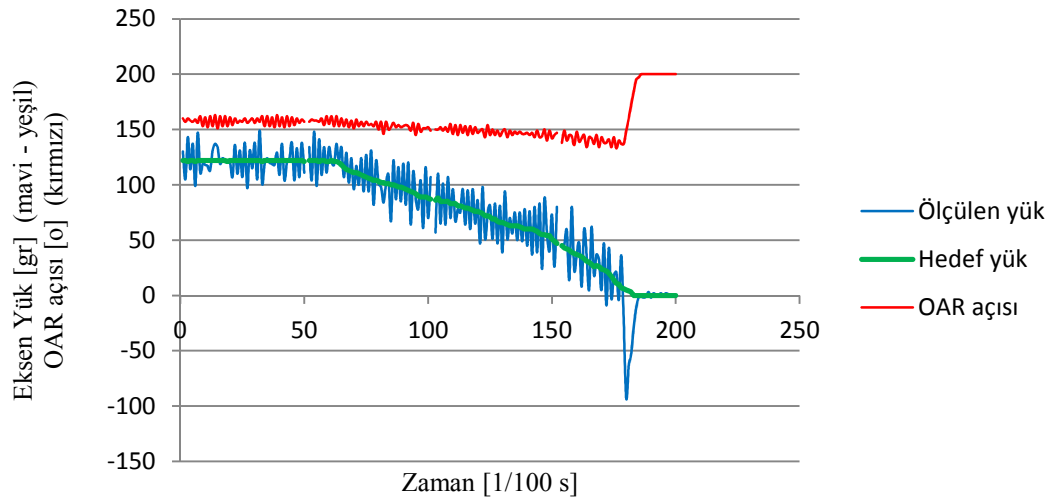
Rüzgâr tünelinde akış devam ederken 0 gr dan 120 g hedef yüke geçiş (yeşil) sürecinde ölçülen yük (mavi) ve OAR açısı (kırmızı) ham veri değişimi Şekil 5.41'de gösterilmiş olup, 120 g referans yüke ulaştıktan sonraki bölümü Şekil 5.42'de daha büyük ölçekli olarak gösterilmiştir.



**Şekil 5.42.** Rüzgâr Tünelinde Akış Esnasında 120 g Hedef Yük Anında (Yeşil), Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi



(a)

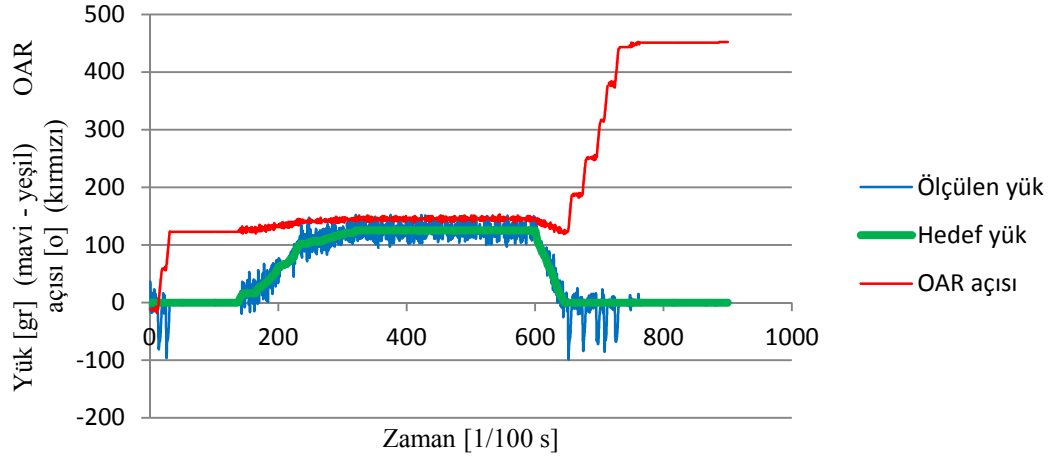


(b)

**Şekil 5.43.** Rüzgâr Tünelinde Akış Devam Ederken 120 g Dan 0 g Hedef Yük (Yeşil) İçin, Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi

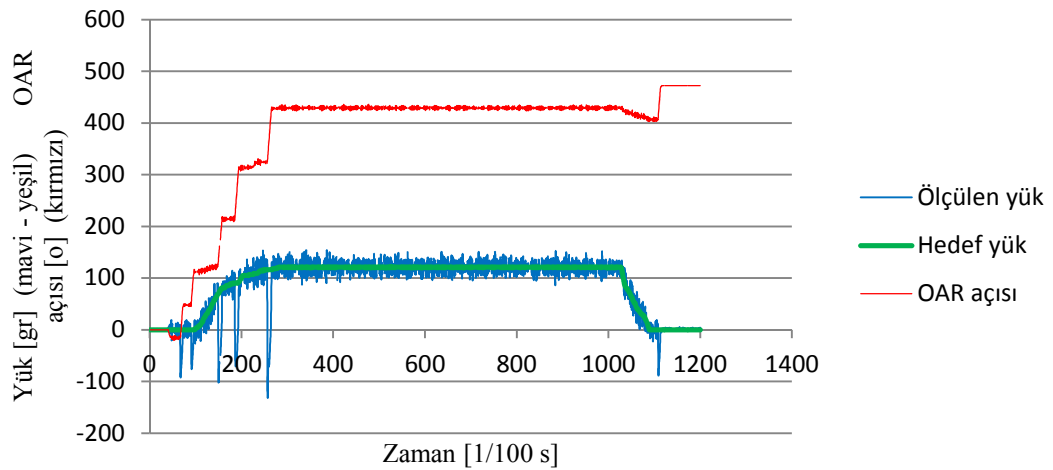
Rüzgâr tünelinde akış devam ederken 120 g dan 0 g hedef yüke geçiş (yeşil) sürecinde ölçülen yük (mavi) ve OAR açısı (kırmızı) ham veri değişimi Şekil 5.43 (a) ve Şekil 5.43 (b)'de gösterilmiştir. Deneyde OAR'ın hücum açısının referans yük değerini yakalamakta başarılı olduğu görülmektedir.





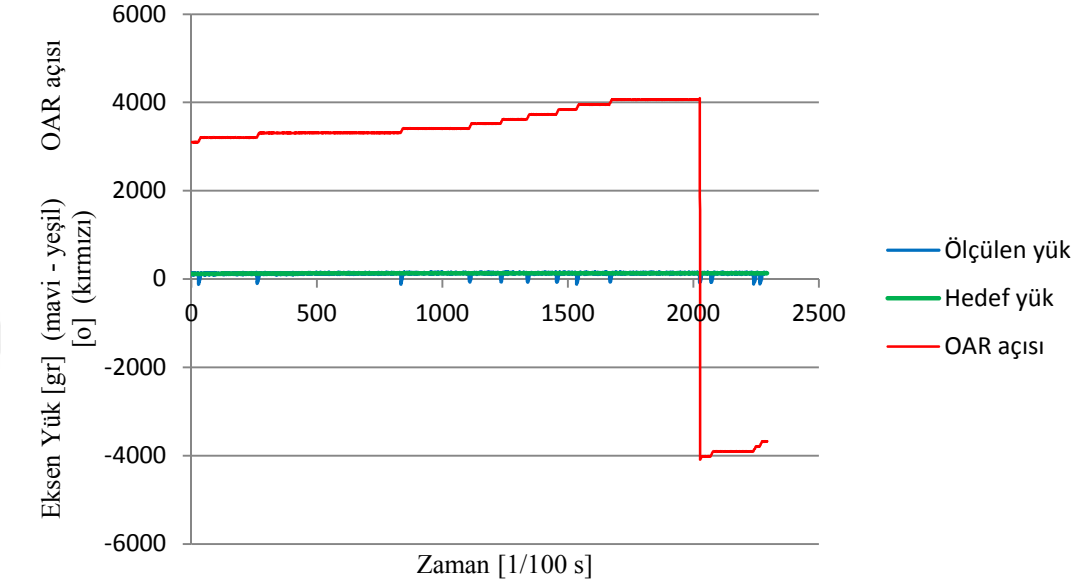
**Şekil 5.44.** Rüzgâr Tünelinde Akış Devam Ederken 0 g Dan 120 g ve Tekrar 0 g Hedef Yük (Yeşil) İçin, Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi

Rüzgâr tünelinde akış devam ederken 0 g dan 120 g hedef yüke geçiş (yeşil) ve tekrar 0 g'a geçiş sürecinde ölçülen yük (mavi) ve OAR açısı (kırmızı) ham veri değişimi Şekil 5.44'de gösterilmiş olup, 120 g referans yüke ulaştıktan sonraki bölümünde OAR'ın tur atması nedeniyle hücum açısının tur attıktan sonra sabitlendiği görülmektedir.

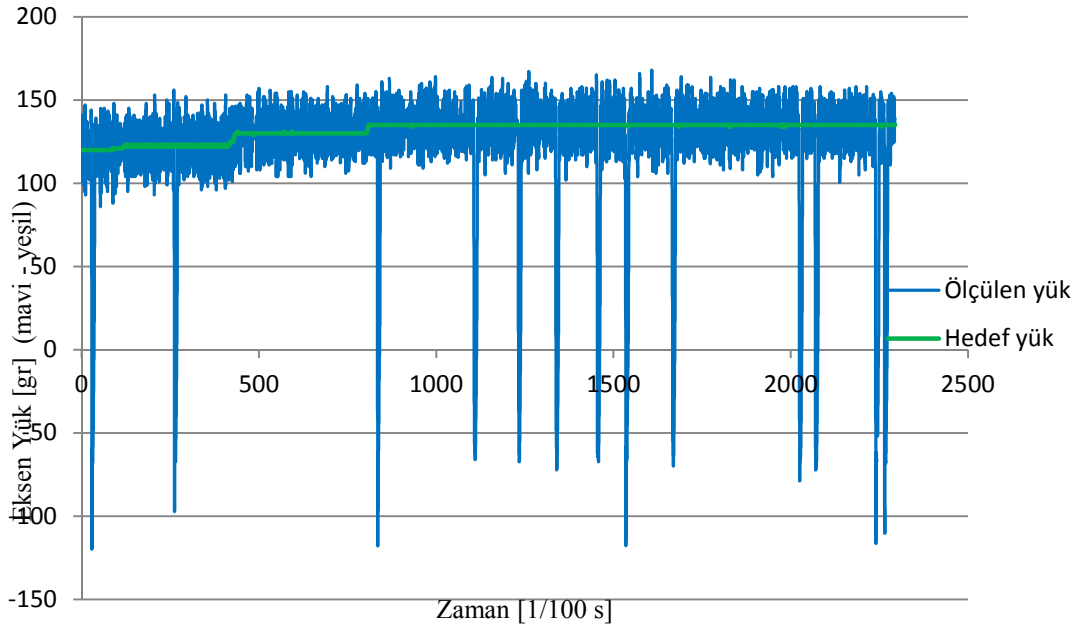


**Şekil 5.45.** Rüzgâr Tünelinde Akış Devam Ederken 0 g Dan 120 g ve Tekrar 0 g Hedef Yük (Yeşil) İçin, Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi

Şekil 5.45’de Şekil 4.44’de yapılmış olan deney tekrarlanmıştır. Bu deneyde OAR’ın hücum açısını referans yükü yakalamak konusunda başarılı olduğu, 120 g’dan 0 g’a geçişte açının değişerek referans yükün yakalandığı görülmektedir.



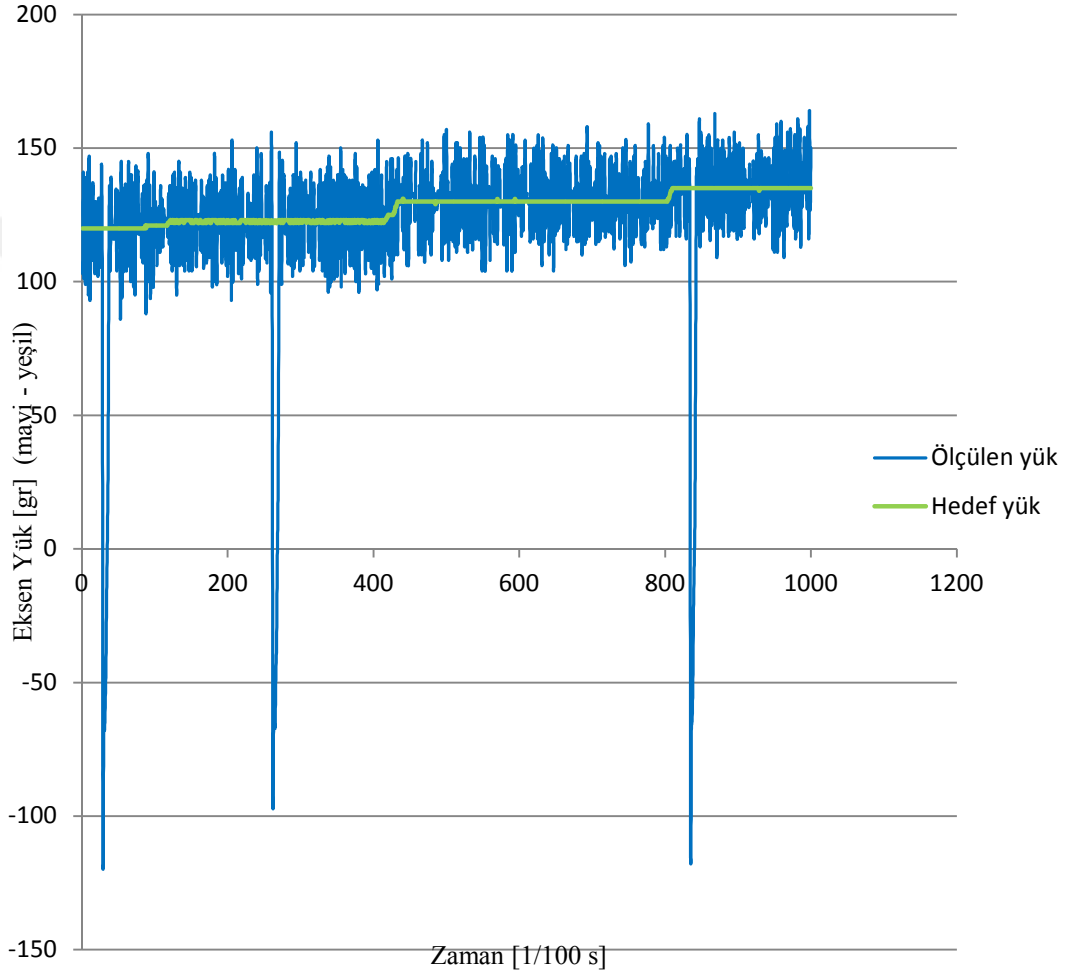
(a)



(b)

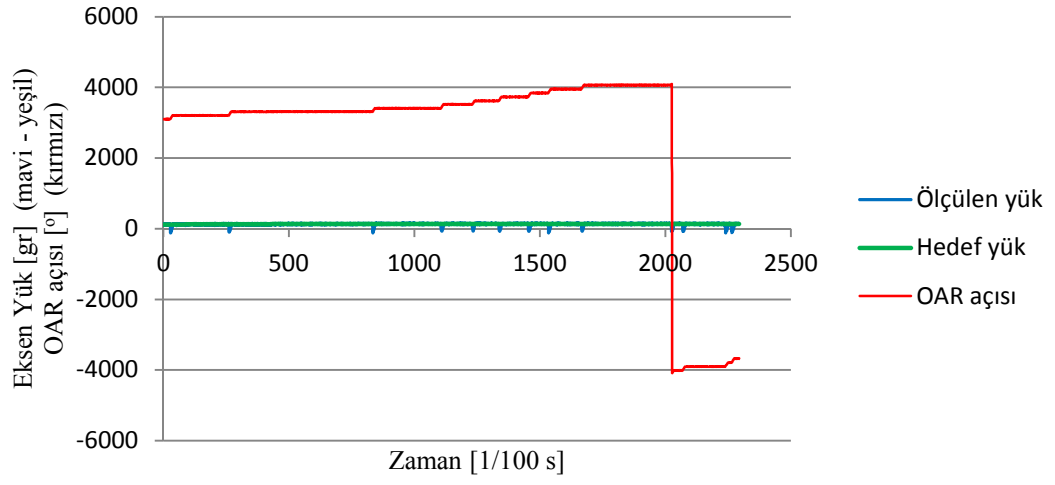
Şekil 5.46. Rüzgâr Tünelinde Akış Devam Ederken 120 g’dan 123 g Hedef Yük (Yeşil) İçin, Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi

Şekil 5.46 (a)'da rüzgâr tüneline akış devam ederken 0 g sabit referans yük girilerek OAR'ın hücum açısı izlenmiştir. OAR üzerinde oluşan titreşim sıçramalarının OAR hücum açısını belirleyen adım motorun tur atmasına sebep olmuştur. Şekil 5.46 (b)'de ise ölçülen yük değeri ile hedef yük değeri grafiği yakınlaştırılmış olup, titreşim sıçramalarının yoğun olduğu görülmektedir.

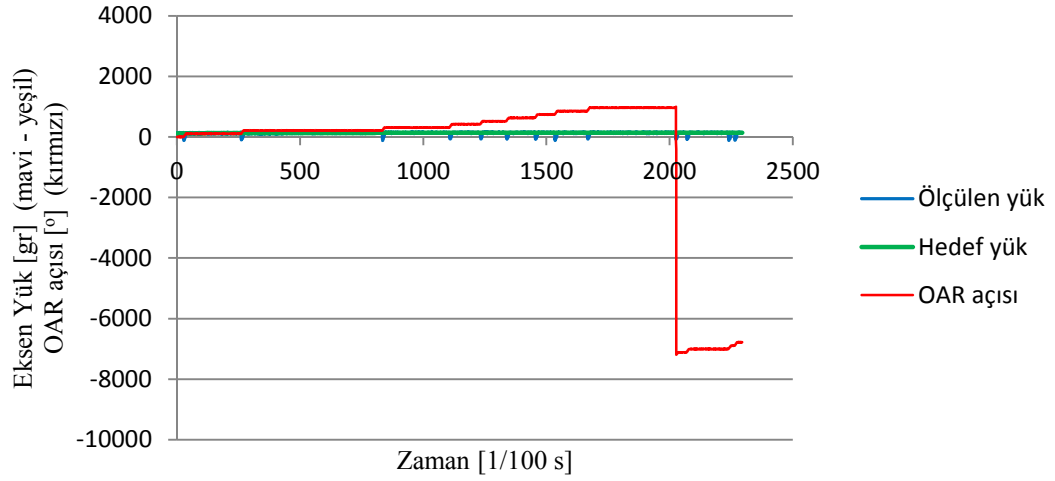


**Şekil 5.47.** Rüzgâr Tüneline Akış Devam Ederken Kademeli Olarak Sırasıyla 120 g'dan 123 g, 130 g ve 135 g Hedef Yük (Yeşil) Geçişleri İçin, Ölçülen Yük (Mavi) ve OAR Açısı (Kırmızı) Ham Veri Değişimi

Şekil 5.47'de rüzgâr tüneline akış devam ederken kademeli olarak sırasıyla 120 g'dan 123 g, 130 g ve 135g hedef yük (yeşil) değerlerine geçişler yapılmıştır. Bütün yük değeri aşamalarında OAR'ın hücum açısının değişerek hedef yüke yakın değerlerde kaldığı görülmektedir.



(a)



(b)

**Şekil 5.48.** Kademeli Referans Yük Geçişleri

Şekil 5.48 (a)'da kademeli referans yük geçişlerini tüm deney kaydı gösterilmiştir. Deney, başlangıcında OAR 8 tam tur ve 221 ° açı taramış ve toplamda 3101 ° açı değerinde başlamıştır. Şekil 5.48 (b)'de başlangıç açı değeri sıfırlanarak tüm geçiş süreci yeniden kolay bir karşılaştırma yapılması için yeniden çizilmiştir.

## 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

CH10CM kanat profili temel alınarak ters imal edilen OAR prototipi üzerinde rüzgâr tüneli ve çekiç testleri yapılmış ayrıca sisteme verilen referans yük değerini korunması için kanat hareketleri incelenmiş ve en sonunda simülasyon çalışmasıyla aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. OAR referans yük değişimleri hücum açısı değişimi gerektirir.
2. Yük değişimlerinde OAR titreşimleri genliklerinde ani sıçramalar olur.
3. Yüksek hücum açılarında referans yük değerlerin sabitlemek, OAR titreşimlerinde yine ani sıçramalara neden olur.
4. Yüksek referans yük değerlerinden daha düşük yük değerlerine geçerken ivme genliklerindeki sıçramalar daha azdır. Hava akışının titreşimi baskıladığı düşünülmüştür.
5. Sayısal ve deneysel modal analizlerden elde edilen doğal frekans değerleri arasındaki farkın büyük olmasının sebepleri; OAR'ın parçalı imal edilmesi ve montaj sırasında kullanılan yapıştırıcı malzemedeki kaynaklanan ara yüz oluşumu, sayısal analiz için girilen malzeme parametrelerinin doğru belirlenememesi ve bunların sonucunda OAR'ın sönümleme özelliğinin değişmesidir.
6. Arduino kullanılarak OAR'ın hücum açısı istenilen referans yük değerine ulaşılması için hücum açısı değişimi sağlanabilir.

Doğal frekans değerlerine karşılık gelen rüzgâr tünelineki hava akış hızı değiştirilip OAR'ın rezonans değerlerinde referans yük – hücum açısı değişimini nasıl yaptığı irdelenebilir.

Hedef yük için kanat açısında görülen salınım hareketinin azaltılması için yeni kontrol yöntemleri geliştirilebilir.

Araç hızı arttıkça OAR üzerindeki aerodinamik davranışların çok hızlı değişmesi OAR hücum açısının da çok hızlı cevap vermesini gerektirmektedir. Bu çalışmada gelecek çalışmalara temel teşkil edecek olan basit bir kontrol işlemi sunulmuştur.

Servo motor ve geri beslemeli kontrol sistemi kullanılırsa daha iyi sonuçlar elde edilebileceği düşünölmektedir.



## KAYNAKLAR

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Spoiler\\_\(car\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Spoiler_(car)) (Erişim Tarihi: 21.03.2019)
2. <https://physics.stackexchange.com/questions/140969/benefits-of-rear-spoiler-in-cars> (Erişim Tarihi: 26.03.2019)
3. <https://jalopnik.com/spoiler-alert-a-history-of-downforce-5659723> (Erişim Tarihi: 26.03.2019)
4. <https://www.quartoknows.com/blog/quartodrives/the-1966-charger-and-its-spoiler> (Erişim Tarihi: 01.04.2019)
5. <https://www.quora.com/What-are-the-diff-varieties-of-car-spoiler> (Erişim Tarihi:05.04.2019)
6. Isa, H.B.M., Design&Fabrication Of Rear Car Spoiler For Proton Wire Model, Master Thesis, University Of Malasia, Pahang, 2007.
7. Krzysztof, K., et al., Flow control for a car-mounted rear wing, International Journal of Mechanical Sciences, 152, 384–399, 2019 .
8. See-Yuan, C., et al., Experimental study of yaw angle effect on the aerodynamic characteristics of a road vehicle fitted with a rear spoiler, Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics, 184, 305–312, 2019.
9. Vivek, Y., Shankar, M., Effect of Spoilers on aerodynamic properties of a car, International Journal of Scientific Research and Review, 7(3), 271-280, 2019.
10. Ahangarnejad, A., Melzi S., Numerical analysis of the influence of an actively controlled spoiler on the handling of a sports car, Journal of Vibration and Control, 24(22), 5437-5448, 2018.
11. Cheng, Yuang, Mansor, S., Influence of rear-roof spoiler on the aerodynamic performance of hatchback vehicle, MATEC Web of Conferences, Vol. 90, 01027, 2017.
12. Das, R. C., Riyad M., CFD Analysis of Passenger Vehicleat Various Angle of Rear End Spoiler, 10th International Conference on Marine Technology, Bangladesh, 160-165, 2017.
13. Kumar, Dr. M.V., Rao, B.A., Mallaiah, Dr. G., Design Analysis and Manufacturing of a Car Rear Spoiler for Drag Reduction, International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, 4(6)., 2394-1588 , 2017.

14. Han, M.W., et al., Woven type smart soft composite for soft morphing car spoiler, *Composites Part*, Vol. 86, 285-298, 2016.
15. Sadettin, H., et al., Effects of rear spoilers on ground vehicle aerodynamic drag, *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, 24(3), 627 – 642, 2014.
16. Corno, M., et al., Active Control of Aerodynamic Surfaces for Ride Control in Sport Vehicles, *The International Federation of Automatic Control*, 47(3), 7553-7558, 2014.
17. Hetawala, S., et al., Aerodynamic Study of Formula SAE Car, *Procedia Engineering*, Vol. 97, 1198 – 1207, 2014.
18. Kyei, S., Composite Car Rear Spoiler, Degree Thesis, Arcada University, Helsinki, 2014.
19. Kumar, G. N., Reddy, G., Shekar, K., Dynamic Response of NACA 0018 for Car Spoiler using CFRP Material, *International Journal of Current Engineering and Technology*, 4 (3), 2347 - 5161, 2014.
20. Hassan, R., et al., Numerical Study on Aerodynamic Drag Reduction of Racing Cars, *Procedia Engineering*, Vol.90, 308-313, 2014.
21. Çakır, M., CFD Study On Aerodynamic Effects Of a Rear Wing/Spoiler On a Passenger Vehicle, Master Thesis, Santa Clara University, California, 2012.
22. Hu, X., Wong, E., A Numerical Study On Rear-spoiler Of Passenger Vehicle, *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 5(9), 1800-1805, 2011.
23. Tsai, C., et al., Computational aero-acoustic analysis of a passenger car with a rear spoiler, *Applied Mathematical Modelling*, Vol.33, 3661–3673, 2009.
24. Fukuda, H., et al., Improvement of vehicle aerodynamics by wake control, *JSAE Review*, Vol. 16, 151-155, 1994.
25. <http://wingsofaero.in/chuch-hollinger-ch-10-48-13-high-lift-low-reynolds-number-airfoil/ch10sm/>
26. Baird, J.C., Chem. 277 Quantum Chemistry, Brown University, Providence RI, USA, <http://www.chem.brown.edu/chem277/quantum.html>, Nov. 1995.
27. National Aeronautics And Space Administration, Open Return Wind Tunnel, <http://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/tuncret.html>, 6 March.2014.



28. Önen B., Çınar A., Bilgisayar Destekli Rüzgâr Tüneli Simülasyonu ve Akış Analizi, 2.Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, 331-342, Balıkesir, Kasım, 2010.
29. <https://maker.robotistan.com/step-motor-nedir/> (Erişim Tarihi: 09.07.2019)



## **EKLER**

### **Yazılımlar**

#### **Arduino ile kontrol yazılımı**

Motor kontrolü için Arduino yardımıyla aşağıdaki yazılım geliştirilmiştir.

```
int reading=0;

int analogpin=A1;

int steppin=5;

int dirpin=8;

int aci=0;

int pos=0;

int ref=0;

int refpin=A0;

int button=0;

int buttonpin=11;

unsigned long previousMillis = 0;

const long interval = 100;

void setup() {

pinMode(buttonpin,INPUT_PULLUP);

pinMode(dirpin,OUTPUT);

Serial.begin(115200);
```

```

}

void loop() {

  reading=analogRead(analogpin);

  reading=reading-593;

  unsigned long currentMillis = millis();

  if (currentMillis - previousMillis >= interval) {

    previousMillis = currentMillis;

    Serial.print(reading);

    Serial.print(",");

    Serial.print(pos/8);

    Serial.print(",");

    Serial.print(ref);

    Serial.println(",");

  }

  ref=analogRead(refpin)/3;

  button=digitalRead(buttonpin);

  if(button==LOW)

  {

    if(ref>reading+5)

    {

```

```
motorileri();  
  
}  
  
if(ref<reading-5)  
{  
  
  motorgeri();  
  
}  
  
}  
  
if(button==HIGH)  
{  
  
  delay(1);  
  
}  
  
//delay(5);  
  
}  
  
void motorileri(){  
  
  digitalWrite(dirpin,HIGH);  
  
  analogWrite(stepin,255);  
  
  delayMicroseconds(400);  
  
  analogWrite(stepin,0);  
  
  pos=pos+1;  
  
  delayMicroseconds(300);
```

```
}  
  
void motorgeri(){  
  
digitalWrite(dirpin,LOW);  
  
analogWrite(stepin,255);  
  
delayMicroseconds(400);  
  
analogWrite(stepin,0);  
  
pos=pos-1;  
  
delayMicroseconds(300);  
  
}
```

### **Grafik yazılımı**

Deney sırasında verilen kayıt edilmesi için C Shop diliyle aşağıda detayları verilen yazılım yapılmıştır.

```
using System;  
  
using System.Collections.Generic;  
  
using System.ComponentModel;  
  
using System.Data;  
  
using System.Drawing;  
  
using System.Linq;  
  
using System.Text;  
  
using System.Threading.Tasks;
```

```
using System.Windows.Forms;
```

```
using rtChart;
```

```
using System.Diagnostics;
```

```
using System.IO.Ports;
```

```
using System.IO;
```

```
namespace kayChartTest
```

```
{
```

```
public partial class Form1 : Form
```

```
{
```

```
public Form1()
```

```
{
```

```
InitializeComponent();
```

```
}
```

```
kayChart serialDataChart;
```

```
kayChart serialDataChart1;
```

```
kayChart serialDataChart2;
```

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
```

```
{
```

```
//seri haberleşme
```

```
SerialPort aSerialPort = new SerialPort();//seriport oluşturuyor
```

```

aSerialPort.PortName=comboBox1.Text;//seriportlar combobox a yükleniyor

aSerialPort.BaudRate = 115200;//baudrate haberleşme hızı belirleniyor

aSerialPort.Parity = Parity.None;

aSerialPort.StopBits = StopBits.One;

aSerialPort.DataBits = 8;

aSerialPort.Handshake = Handshake.None;

//serihaberleşme

//// veri alınması başlıyor

aSerialPort.DataReceived += new
SerialDataReceivedEventHandler(serialDataReceivedEventHandler);

if(!aSerialPort.IsOpen)
{
    aSerialPort.Open();
}
}

private void serialDataReceivedEventHandler(object sender,
SerialDataReceivedEventArgs e)
{
    SerialPort sData = sender as SerialPort;

    string recvData = sData.ReadLine();

```

```

        serialData.Invoke((MethodInvoker)delegate
serialData.AppendText(recvData); });

// gelen string değerimizi split ile parçalıyoruz;

string[] parca = recvData.Split(',');

if(parca!=null)

{

serialDataChart.TriggeredUpdate(Convert.ToInt32(parca[0].ToString()));//ağırlık
serialDataChart1.TriggeredUpdate(Convert.ToInt32(parca[1].ToString()));//pozisyon
serialDataChart2.TriggeredUpdate(Convert.ToInt32(parca[2].ToString()));//referans

}

}

private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)

{

comboBox1.DataSource = SerialPort.GetPortNames();//seriport

serialDataChart = new kayChart(chart1, 1000);//ağırlık

serialDataChart1 = new kayChart(chart1, 1000);//pozisyon

serialDataChart2 = new kayChart(chart1,1000);//referans

serialDataChart.serieName = "Yük";

serialDataChart1.serieName = "Açı";

serialDataChart2.serieName = "Referans";

}

```



```

private void serialData_TextChanged(object sender, EventArgs e)
{
    serialData.SelectionStart = serialData.Text.Length;

    serialData.ScrollToCaret();

    if (serialData.Lines.Length > 50)
    {
        //StreamWriter classından dosya isimli bir nesne oluşturalım
        StreamWriter dosya;

        // dosyamızın sonuna birşeyler eklememek için açıyoruz..
        dosya = File.AppendText("e://" + textBox5.Text + ".txt");

        // dosyanın sonuna birşey ekliyoruz..

        for (int i = 0; i <= 50; i++)
        {
            dosya.WriteLine(serialData.Lines[i].ToString());
        }

        // Dosyamızı kapatıyoruz.

        dosya.Close();

        //Console.WriteLine("Dosyanın sonuna başarı ile ekledik...");

        serialData.Text = "";
    }
}

```

```
}  
  
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)  
  
{  
  
}  
  
}  
  
}
```



## ÖZGEÇMİŞ

Rıza Çağatay ARSLAN, 1984 yılında Yozgat'ın Merkez İlçesinde doğmuştur. Orta ve lise öğrenimini sırasıyla Yozgat Anadolu Lisesinde tamamlamıştır. 2004 yılında Doğu Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği bölümünde lisans eğitimi başlamış olup 2009 yılında başarıyla bitirmiştir.

2010 yılında YOZGAT BOZOK Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır.

Eğitim hayatının yanı sıra Yozgat İl Özel İdaresi Proje ve Yapım İşleri Bürosunda Kontrol Mühendisi olarak iş hayatını devam ettirmektedir.

### **İletişim Bilgileri:**

**Adres** :Karatepe Mah. Şehit Bayram Karataş Cad. Yemencity Sitesi D/Blk.  
No:11 66100  
YOZGAT

**Tel** : 0 542 646 0319

**E-Posta** : rcagatayarslan@hotmail.com