



**BİNEK ARAÇLAR İÇİN TAMPONA ENTEGRE
AKTİF KANATÇIK SİSTEMİ
GELİŞTİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tunahan SARIKILIÇ

Eskişehir 2023

**BİNEK ARAÇLAR İÇİN TAMPONA ENTEGRE AKTİF KANATÇIK SİSTEMİ
GELİŞTİRİLMESİ**

Tunahan SARIKILIÇ

Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdem ÖZYURT

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ocak 2023

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Tunahan SARIKILIÇ'ın BİNEK ARAÇLAR İÇİN TAMPONA ENTEGRE AKTİF KANATÇIK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ başlıklı çalışması 04/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Makine Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvan Adı Soyadı

İmza

Üye

: Dr.Öğr. Üyesi Erdem ÖZYURT

Üye

: Dr.Öğr. Üyesi Özgür POYRAZ

Üye

: Doç.Dr. Koray KILIÇAY

Prof. Dr. Murat TANIŞLI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

04/01/2023

DANIŞMAN ONAYI

DaniŐmanlıđını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Tunahan SARIKILIÇ, BİNEK ARAÇLAR İÇİN TAMPONA ENTEGRE AKTİF KANATÇIK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ başlıklı tez çalışmasını tamamlamıŐtır. HazırlamıŐ olduğu tez tarafımda incelenmiŐ ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun grlmŐtr.

Tez DaniŐmanı

Dr. Öğr. Üyesi Erdem ÖZYURT

ÖZET

BİNEK ARAÇLAR İÇİN TAMPONA ENTEGRE AKTİF KANATÇIK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

Tunahan SARIKILIÇ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ocak 2023

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdem ÖZYURT

Günümüz dünyasında enerjinin ön planda tutulduğu bu günlerde taşıtlardaki yakıt tasarrufunun öneminin günden güne artmasıyla taşıtların yakıt ekonomisinde iyileştirme sağlayan yenilikçi teknolojilere de talepler her geçen gün artmaktadır. Yakıt tüketiminin artmasıyla birlikte, motorlu taşıtlardan yakıtların yanmasıyla açığa çıkarak havaya yayılan kirletici egzoz emisyonları ciddi önem arz etmektedir. Taşıt motorunun optimum sıcaklıklarda çalışmasını sağlayarak yakıt tüketiminde ve kirletici egzoz emisyonlarında iyileştirme sağlanabilmektedir.

Otomotiv mühendisleri bu konuda açılıp kapanabilen aktif ızgaralar tasarlayarak çözüm bulmaya çalışmışlardır. Sistem kontrollü aktif kanatlarla, motora gelen soğutma havasını anlık değiştirerek, motor sıcaklığını kontrol edip, yakıt tüketimini iyileştirebilmektedir. Motorun aşınma oranlarının en yüksek soğuk çalıştırma anında olmasıyla, aktif ızgara sisteminin sayesinde motorun ömründe artış olmakla birlikte, soğuk havalarda araç içerisinde kaloriferle daha hızlı ısıtılabilmesi sistemin en büyük avantajlarından. Çalışmada, sistemin prototipi alınarak belirli koşullara göre kontrol algoritmasının uygulanmasıyla, yol testleri yapılmıştır.

Çalışmada aktif ızgara sistemine sahip olmayan araç için tasarlanmış olan ızgaranın, motorun ısınması için geçen süre ve motorun bu esnadaki yakıt tüketimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda kullanılacak olan 3 boyutlu yazıcıyla, yeni nesil eklemeli imalat yöntemlerinin otomotiv sektöründeki uygulamalarının mevcut örneklerine ek olarak uygulanabilirliği de ispatlanmış olmuştur. AGS uygulanmadan ve 4 farklı açı değerlerinin (0°, 30°, 60°, 90°) etkisi gözlemlenmiştir. Durağan ve 50 km/h hızlarındaki testler analiz edilmiştir. Test sonuçlarına göre, taşıtın tamponunda bulunan ön ızgaralardaki açıklıkların azaltılmasının motor bölgesine giren hava miktarını azalttığından araç termal yönetimini ve aerodinamiği iyileştirdiği, dolayısıyla yakıt tasarrufu sağladığı fikriyle tutarlıdır.

Anahtar Sözcükler: Aktif Ön Iızgara, Sistem Kontrolü, Motor Verimi, Araç Isı Yönetimi, Yakıt Tüketimi.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF BUMPER INTEGRATED ACTIVE GRILLE SYSTEM FOR PASSENGER CARS

Tunahan SARIKILIÇ

Department of Department of Mechanical Engineering

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, January 2023

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Erdem ÖZYURT

In today's world, where energy is at the forefront, the demands for innovative technologies that improve the fuel economy of vehicles are increasing day by day, with the importance of fuel saving in vehicles increasing day by day. By enabling the vehicle engine to operate at optimum temperatures, improvements in fuel consumption and pollutant exhaust emissions can be achieved.

Automotive engineers have tried to find a solution in this regard by designing active grilles that can be opened and closed. With system-controlled active grilles, it can instantly change the cooling air coming to the engine, control the engine temperature and improve fuel consumption. In the study, road tests were carried out by taking the prototype of the system and applying the control algorithm according to certain conditions.

In the study, effect of the grille, which is designed for the vehicle that doesn't have an active grill system, on the time it takes for the engine to warm up and on the fuel consumption of the engine at this time has been investigated. The effect of 4 different angle values (0° , 30° , 60° , 90°) was observed without applying AGS. Tests at stationary and 50 km/h speeds were analysed. The test results are consistent with the idea that reducing the openings in the front grilles in the vehicle's bumper reduces the amount of air entering the engine area, thus improving vehicle thermal management and aerodynamics, thus saving fuel.

Keywords: Active Grille Shutter, System Control, Engine Efficiency, Vehicle Heat Management, Fuel Consumption.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez sürecimde benden yardımlarını esirgemeyen, değerli bilgi ve deneyimlerini paylaşan, çalışmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm süreçlerde bana yardımcı olan tez danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Erdem ÖZYURT'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam esnasında bana her türlü desteği sağlayan Fiat Gürses Otomotiv A.Ş. firmasına ve tüm yöneticilerine sonsuz teşekkür ederim.

Yaşantım ve eğitim hayatım boyunca beni en iyi şekilde yetiştirmek için elinde avucunda ne varsa sonuna kadar harcamaktan çekinmeyen, isteklerimi sonuna kadar yerine getirmeye çalışan, fedakâr, bilgili ve bir o kadar da hayatı boyunca sürekli öğrenmeye devam etmiş, kendimi keşfedip benliğimi bulmam için önüme her türlü seçeneği sunup öğrenmeye teşvik etmiş, benim seçimlerime her zaman güvenmiş, saygı duyup, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen anne ve babama sonsuz teşekkür ederim.

Son olarak eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini her zaman hissettiğim, çalışmalarım boyunca tüm süreçlerde bana yardımcı olan kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tunahan SARIKILIÇ

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 ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit 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.

Tunahan SARIKILIÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	I
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	II
DANIŞMAN ONAYI.....	III
ÖZET	IV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR	VI
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar DİZİNİ	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
SİMGELER DİZİNİ.....	XIV
KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	2
1.2. Hipotez	2
2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	4
3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM.....	15
3.1. Çalışmada Kullanılan Araç	15
3.2. Temsili Araç Modelinin Bilgisayar Destekli Tasarımı (CAD)	16
3.3. AGS Sisteminin Tasarımı	18
4. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ	21
4.1. Sonlu Elemanlar Yönteminde Temel Adımlar	21
4.1.1. Ön işlem aşaması	21
4.1.2. Çözümleme aşaması	22
4.1.3. Son işlemci aşaması	22

4.2. Sonlu Elemanlar Yönteminde Problemler Nasıl Çözülür?	22
4.3. Ansys Static Structural İşlem Basamakları	26
4.3.1. Ansys workbench arayüzü.....	26
4.3.2. Malzemelerin Ansys'te tanımlanması	27
4.3.3. Modelin Ansys'e aktarılması	28
4.3.4. Kanat modelinin sonlu elemanlara bölünmesi (Meshleme).....	29
4.3.4.1. Ağ (Mesh) kalitesi	30
4.3.4.2. Toplam deformasyon sonuçlarının yakınsaması.....	31
4.3.5. Sınır şartlarının ve yüklerin tanımlanması.....	32
4.3.6. Çözümlerin tanımlanması	33
4.3.7. Analiz sonuçlarının incelenmesi.....	33
5. 3 BOYUTLU BASKI SÜRECİ VE MONTAJ AŞAMALARI.....	36
5.1. 3 Boyutlu Yazıcı Teknolojisi	36
5.2. Sistemin Baskı Aşamaları.....	38
5.3. Aktif Izgara Sisteminin Montaj Aşamaları.....	41
6. AKTİF IZGARA SİSTEMİNİN KONTROL ÜNİTESİ.....	45
6.1. Servo Motor	45
6.2. Arduino Uno	46
6.3. Potansiyometre	48
6.4. LCD Ekran Modülü	49
6.5. SD Kart Modülü	49
6.6. Voltaj Düşürücü Devre	50
6.7. Kontrol Ünitesi Muhafazası	52
6.8. Arayüz Bağlantı Ekipmanı ve Yazılımı.....	53
7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	56
8. TEST SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME	61
8.1. Referans Durum	61
8.1.1. Araç durur halde	62
8.1.2. Araç hareketli halde	62
8.1.2.1. Aktif ön ızgara sisteminin etkisi.....	62
8.2. Aktif Izgara Sistemi Kontrol Stratejisi	64

9. GELECEK ÇALIŞMALAR VE ÖNERİLER 66

KAYNAKÇA..... 68

ÖZGEÇMİŞ



TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1. Test aracının teknik özellikleri [http-3].	16
Tablo 4.1. ABS, PLA, PETG ve HIPS malzemelerinin özellikleri [30-31].....	28
Tablo 4.2. Eleman tiplerine istinaden C sabit değerleri [29].....	30
Tablo 4.3. Yakınsama yaklaşımındaki ağ çözümlerinde eleman ve düğüm istatistikleri.....	31
Tablo 4.4. Analiz sonucunda (130 km/h) kanat malzemelerinin güvenlik faktörleri.....	34
Tablo 5.1. Baskı malzemelerinin mekanik özellikleri [http-4].	38
Tablo 6.1. DSS-M15 yüksek torklu servo motorun teknik özellikleri [http-5].....	46
Tablo 8.1. Aktif ön ızgaranın sisteminin analizi.	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Bir araca monte edilmiş AGS örneği: şekil A, kapalı konumda; Şekil B, açık konumda [27].	4
Şekil 2.2. 140 km/s hızda AGS'nin konumuna karşı sürüklenme katsayısı iyileştirmesi [10]	8
Şekil 2.3. Yakıt ekonomisi simülasyonları için kullanılan SFTP-US06 sürüş döngüsünün (yeşil pencerede) yüksek hızlı kısmı [13].	9
Şekil 3.1. ESTÜ bünyesindeki Fiat Tipo SW 1.4 otomobil.	15
Şekil 3.2. AGS öncesi Fiat Tipo SW 1.4 aracın ön tamponu	16
Şekil 3.3. Fiat Egea aracının yandan taslak görünüşü	17
Şekil 3.4. Solidworks ile modellenen Fiat Egea aracın yandan görünüşü	17
Şekil 3.5. Solidworks ile modellenen Fiat Egea aracın önden görünüşü	18
Şekil 3.6. AGS sisteminin CAD montajı.	19
Şekil 3.7. AGS kanat modellemesi	19
Şekil 4.1. P aksenal yükü uygulanan parça modeli.	23
Şekil 4.2. Parçanın eleman ve düğüm (node) noktalarına ayrılması.	23
Şekil 4.3. Parçadaki düğüm noktalarının serbest cisim diyagramı gösterimi [29]	24
Şekil 4.4. Ansys Workbench arayüzü Static Structural analizi	27
Şekil 4.5. Engineering Data panelinde malzemelerin analize tanımlanması.	27
Şekil 4.6. Static Structural modülü Geometri sekmesi	28
Şekil 4.7. Ansys Mechanical Mesh paneli ayarları	29
Şekil 4.8. Kanat modelinin ağ (mesh) görüntüsü	30
Şekil 4.9. Model ağının (mesh) eleman kalitesi ve istatistikleri	31
Şekil 4.10. Farklı ağ çözümlerindeki toplam deformasyon sonuç grafiği.	32
Şekil 4.11. ABS, PLA, HIPS ve PETG malzemelerinin hız - toplam deformasyon grafiği	34
Şekil 4.12. Analiz sonucunda ABS malzemeli kanadın güvenlik faktörü	35
Şekil 4.13. Analiz sonucunda ABS malzemeli kanadın toplam deformasyon miktarı	35
Şekil 5.1. 3D baskı aşamaları [32].	36
Şekil 5.2. STL uzantısındaki üçgensel yüzeyler [33].	37
Şekil 5.3. Winware yazılımı arayüzü.	39

Şekil 5.4. Winware yazılım arayüzünde baskı parametreleri ve modelin görünüşü.....	40
Şekil 5.5. 3D baskı işlemi	41
Şekil 5.6. 3D baskı doluluğu.....	41
Şekil 5.7. Aktif ızgara sisteminin solidworks programında tasarım hali.....	42
Şekil 5.8. Aktif ızgara sisteminin baskı sonrası montaj hali.....	42
Şekil 5.9. Motor destek parçası ve motor bağlantısı.....	43
Şekil 5.10. Test aracı tamponunun montaj işlemi öncesinde hali.....	43
Şekil 5.11. Aktif ızgara sisteminin test aracı tamponuna montajlanması	44
Şekil 5.12. Sistem ile tampon arasındaki boşlukların kapatılması.	44
Şekil 6.1. AGS sisteminde kullanılan metal dişli servo motor [http-5]	45
Şekil 6.2. Arduino Uno cihazı	47
Şekil 6.3. Arduino IDE yazılımı	47
Şekil 6.4. Potansiyometre bağlantı şeması	48
Şekil 6.5. Sistemde kullanılan IIC modülüne sahip LCD ekran.....	49
Şekil 6.6. Kontrol sisteminde kullanılan SD Kart Modülü.....	50
Şekil 6.7. Kontrol ünitesi voltaj düşürücü devre şeması.....	51
Şekil 6.8. Aktif ızgara sistemi kontrol ünitesi korumasının 3 boyutlu tasarımı	52
Şekil 6.9. Aktif ızgara sistemi kontrol ünitesi koruması	52
Şekil 6.10. Araç komponentlerinin birbiri ile haberleşmesini sağlayan CAN-Bus ağı.....	53
Şekil 6.11. ELM327 arayüzü bağlantısı	54
Şekil 6.12. Multiecuscan yazılımına ait ekran görüntüleri [http-8].....	55
Şekil 7.1. Test sürüşlerinin gerçekleştiği kampüs yolu	56
Şekil 7.2. AGS yok	57
Şekil 7.3. AGS 0°.....	57
Şekil 7.4. AGS 30°.....	58
Şekil 7.5. AGS 60°.....	58
Şekil 7.6. AGS 90°.....	59
Şekil 7.7. Test aracının 50 km/h hızda motorun sıcaklık-zaman grafiği	59
Şekil 8.1. Motor sıcaklığının referans model üzerinde zamana bağlı değişimi	61
Şekil 8.2. Izgara açısının motor sıcaklığı üzerindeki etkisinin zamana bağlı gösterimi	62

SİMGELER DİZİNİ

σ	: Gerilme (N/mm ²)
F	: Kuvvet (N)
A	: Birim Alan (mm ²)
L	: Uzunluk (mm)
ε	: Birim Uzama
E	: Elastisite Modülü (N/mm ²)



KISALTMALAR DİZİNİ

AGS	: Active Grille Shutters System (Aktif Izgara Sistemi)
CAFE	: Corporate Average Fuel Economy (Birleşik Ortalama Yakıt Verimliliği)
CFD	: Computational Fluid Dynamics (Hesaplama Akışkanlar Dinamiği)
AC	: Air Conditioning (Klima)
GM	: General Motors
FTP	: Federal Test Procedure
MPG	: Miles Per Gallon
MVEG	: Motor Vehicle Emissions Group
BEV	: Battery Electric Vehicle
SFTP	: Supplemental Federal Test Procedure (Ek Federal Test Prosedürü)
SAWTC	: Şanghai Otomotiv Rüzgâr Tüneli Merkezi
CWT	: The Climatic Wind Tunnel
Mph	: Miles Per Hour (Mil Bölü Saat)
CRFM	: Kondenser/Radyatör/Fan Modülleri
DOE	: Deneysel Tasarım
3D	: 3 boyutlu
WLTP	: Hafif Taşıtlar için Dünya Geneline Uyumlu Test Prosedürü
ASME	: American Society of Mechanical Engineers (Amerikan Makine Mühendisleri Birliği)
SAE	: Society of Automobile Engineers (Amerikan Otomotiv Mühendisleri Birliği)
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
Stl	: Stereolithography
ABS	: Akrilonitril Bütadien Stiren
PLA	: Polylactic Acid
PETG	: Polietilen Tereftalat Glikol
HIPS	: High Impact Polystyrene
TPU	: Thermoplastic polyurethane
FDM	: Fused Deposition Modelling
LCD	: Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Görüntü)

SD Card	: Secure Digital Memory Card
SPI	: Serial Peripheral Interface
GND	: Ground (Topraklama)
PWM	: Pulse Width Modulation (Sinyal Genişlik Modülasyonu)
RX	: Receive (Almak)
TX	: Transmit (İletmek)
FAT	: File Allocation Table (Dosya Yerleşim Tablosu)
OBD	: On-board Diagnostics
İdle	: Rölanti Durumu



1. GİRİŞ

Yakıt tüketimine ilişkin mevzuatlar zamanla daha katı hale gelmektedir, bu yüzden tüm otomotiv endüstrisi yakıt ekonomisini mümkün olan her yönden iyileştirmek için gelişmeler uygulamaktadır. Avrupa Birliği mevzuatı tarafından belirlenen yeni otomobiller için emisyon azaltma hedeflerine göre, CO₂ emisyonunun 2021 yılına kadar kilometre başına 95 grama düşürülmesi gerekmektedir. 2016 yılında satılan yeni otomobillerin ortalama emisyon düzeyi ile karşılaştırıldığında, bu azalma oranı yaklaşık %24'tür. ABD Kongresi ayrıca, hafif ticari kamyonlar, binek otomobiller ve orta hizmet tipi binek araçlar için sera gazı emisyonu ve yakıt ekonomisi standartlarını düzenlemek için Enerji Politikası ve Koruma Yasası kapsamında Kurumsal Ortalama Yakıt Ekonomisi (CAFE) standartlarını oluşturmuştur. Nihai standartların 2025 model yılında mil başına ortalama 163 gram karbon dioksit seviyesine ulaşması planlanmaktadır. Sürdürülebilirliği sağlamak, yakıt tüketimini azaltmak için ileri teknolojik çözümler geliştirilmelidir [1].

Günümüz pazarlarında yakıt ekonomisinin önemi arttıkça, yakıt tasarruf teknolojilerine olan talepte artmaktadır. Yakıt tasarrufu sağlayan bu teknolojiler kütle azaltma teknikleri, kullanılan enerjinin geri dönüştürülmesi, aerodinamik ve mekanik sürtünmede iyileştirmeye yönelik çalışmalar olarak karşımıza çıkmaktadır [2]. Son zamanlarda, otomotiv endüstrisinde gelişen aktif ızgara sistemi (AGS'ler) teknolojisi, otomobillerde yakıt ekonomisi için harekete geçirici modüller olarak ön plana çıkmıştır [3]. Izgara teknolojisi, farklı pasif bir kullanımla 1920'lere kadar bazı araçlarda (örneğin 1929 Rolls Royce, 1930'lar-40'lar Packards) öncelikle termal ısınma faydaları için kullanılmıştır. Modern aktif ızgaralar (AGS) için sistemin aerodinamik sürtünme azaltma avantajları birincil güç olmuştur. Son zamanlarda öncelikli olarak lüks markalı araçlarda (örneğin Mercedes ve BMW) kullanılsa da, neredeyse tüm otomobil üreticileri, gelişen bu teknoloji için çalışmalarını sürdürmektedirler [4]. AGS, aerodinamik sürtünmeyi ve sonuç olarak yakıt tüketimini azaltmak için otomatik olarak açılıp kapanan ızgaradaki özel bir panjurdur. AGS genellikle, otoyol hızında tamamen kapalı olacaktır, bu nedenle hava motor bölmesine akarak yerine araç gövdesinin etrafında akarak aerodinamik sürtünme direncini azaltıp, performansı iyileştirir. Daha düşük motor gürültüsü ve soğuk koşullarda kabin ısınması gibi birçok avantaj sunar [1]. Binek araçlar için, ön ızgara açıklığından geçen hava akışı, soğutma paketi konfigürasyonuna ve sürüş koşullarına

bağlı olarak toplam araç aerodinamik sürtünmesinin yaklaşık %10'una katkıda bulunur [5].

Bu çalışmada, aktif ızgara (Active Grille Shutter) sistemi bilgisayar destekli tasarım programlarından Solidworks ile tasarlanarak, ANSYS yazılımında analizleri tamamlandıktan sonra ABS malzemesiyle 3D yazıcıdan bastırılıp montajlanarak araç üzerinde (0° , 30° , 60° ve 90° kanat açılarıyla) deneysel çalışmaları yapılmıştır. Çalışmalarda sistemin parçaları ve kontrolü, baskı yöntemi, kullanılan teknikler, analiz verileri ve deneysel verilerin araç üzerinde oluşturduğu etkiler gösterilmiştir.

1.1. Tezin Amacı

Son dönemlerde literatürdeki çalışmalara sıkça konu olan akış kontrol sistemlerinin bir örneği olan aktif ızgara sisteminin bilgisayar destekli tasarım ve analiz programlarını kullanarak sistem modelinin 3 boyutlu yazıcı ile baskısını alıp yurtiçinde büyük bir pazar payına sahip olan C segment Egea modeli üzerinde testlerinin yapılarak sistemin taşıta olan etkisinin sonuçlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Böylelikle gelecekte oluşabilecek teknik problemlerin ürünün tasarım ve geliştirme sürecindeyken öngörülerek çözümünü mümkün hale getirecektir. Taşıttaki test çalışmalarının sonucunda motorun termal yönetimi, yakıt tüketimi ve egzoz emisyonunda iyileşme olması beklenmektedir. Soğuk havalarda sıkça karşılaşılan gecikmeli araç içi ısınma probleminde de iyileşme sağlanması beklenmektedir.

1.2. Hipotez

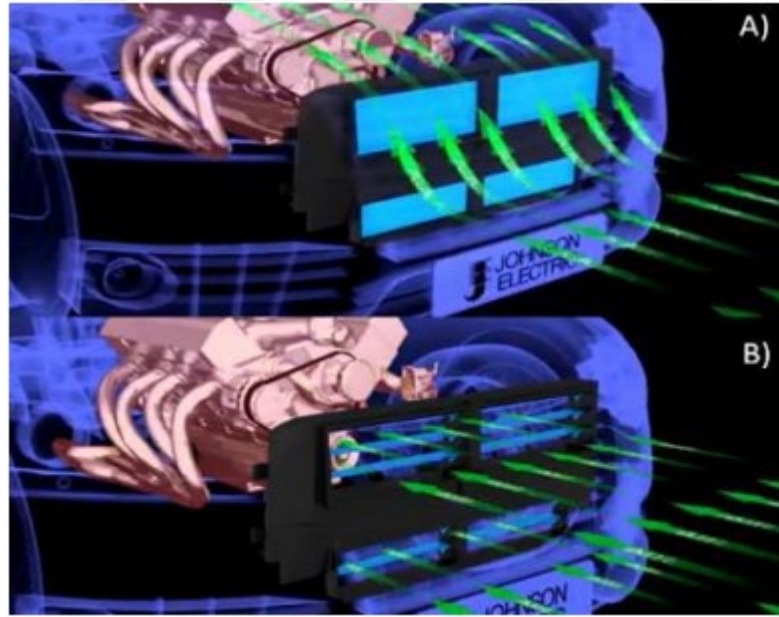
Aktif ızgara sistemi konusu geçmişte farklı şekillerdeki kullanımlarla ilk olarak 1920li yıllarda ortaya çıkmıştır. Açılıp kapanabilen kontrol edilebilir ızgaraların çalışmaları ise son 20 yıldır çalışmalara konu olmaktadır. Araçlardaki bu sistem yurtdışı piyasasında satıştayken, yurtiçi piyasasında yeni yeni kendini göstermektedir. Tez çalışmalarımda, uluslararası akademiler ve özel kuruluşların düzenli olarak kullandığı, doğruluğu deneysel olarak kanıtlanmış veya gerçek koşullarda test edilerek onaylanmış bilgisayar destekli tasarım ve analiz programlarından yararlandım. Test sonuçlarına göre, taşıtın tamponunda bulunan ön ızgaralardaki açıklıkların azaltılmasının motor bölgesine giren hava miktarını azalttığından araç termal yönetimini ve aerodinamiği iyileştirdiği, dolayısıyla yakıt tasarrufu sağladığı fikriyle tutarlıdır. Literatürdeki araştırmalar ile

paralelliği bu sistemin etkisinin olduğu fikrini pekiştirmektedir. Son dönemlerde aktif ızgara sisteminin üzerinde çalışan kişi sayısı artmış olup testlerden elde edilen sonuçlar, güvenilir kişi ve kuruluşlar aracılığıyla incelenerek onaylanmasıyla çalışmanın doğruluğu desteklenmektedir.



2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Aerodinamik performansı iyileştirmek, daha iyi yakıt ekonomisi elde etmenin başka bir yoludur. Mühendisler, aerodinamik sürtünmeyi azaltmak için taşıtların dış gövde tasarımlarında ve yeni geliştirilen teknolojiler üzerinde, iyileştirme çalışmalarına halen devam etmektedir. Son dönemlerde, otomotiv endüstrisinde aktif ızgara sistemi (AGS) teknolojisi popüler hale gelmektedir. Sistem, aracın soğutma paketinin önüne takılan özel bir panjurdur. Aerodinamik direnci ve sonuçta yakıt tüketimini azaltmak için aracın çalışma koşullarına göre otomatik olarak açılıp kapanabilen özel bir sistem olup Şekil 2.1 de görülmektedir. Aktif ızgaralar tamamen kapalıyken, hava araç gövdesinin etrafından dolaşarak, direnç azalır ve aracın aerodinamik performansını iyileştirir. Daha düşük motor gürültüsü, daha hızlı motor ve soğuk koşullarda kabin ısınması gibi birçok avantaj sunar. Ancak sıcak ortam koşullarında AC sistem çalışırken, AGS kapalıyken AC kondenserdan geçen yetersiz hava akışının etkisinin dikkate alınması gerekir. Bu durumda, AC sistemi aynı soğutma performansını elde etmek için daha fazla güce ihtiyaç duyacaktır [1].



Şekil 2.1. Bir araca monte edilmiş AGS örneği: şekil A, kapalı konumda; Şekil B, açık konumda [27].

Son zamanlarda, aktif ızgara sisteminin taşıt üzerindeki aerodinamik ve termal yönetime etkileri üzerine özellikle uluslararası literatürde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Jama H. ve diğerleri (2006) çalışmalarında, Avustralya üretimi bir Ford marka Falcon

sedan model aracı yeterli motor soğutması için minimum miktarda soğutma havasına izin verecek şekilde, dört farklı ön ızgara tasarım alanının değiştirilmesiyle Monash Üniversitesi Aero-akustik Rüzgâr Tüneli'nde testler gerçekleştirilmiştir. Testlerden elde edilen sonuçlara göre, sürüklenme katsayısını en aza indirip, soğutma girişlerini korumak için optimum yöntemin dikey şeritler olduğu sonucunu göstermiştir. Dikey şerit ızgaraların, sürtünmeyi (%7 düşüş) azalttığı ve şehir içi sürüş koşullarında yakıt tüketiminde yaklaşık olarak %1,7'lik azalma öngörülmüştür [6]. Günümüz pazarlarında yakıt ekonomisinin önemi arttıkça, yakıt tasarrufu teknolojilerinin kabul edilebilir maliyetleri de artmaktadır. Charnesky ve ark. (2011) bu makalede, ızgara sisteminin maliyetine karşı yakıt ekonomisine olan katkısı göz önüne alındığında, piyasadaki kullanımı artabilecek gelişmekte olan bir teknoloji olduğuna değinilmiştir. ızgaraların önemli bir faydası yüksek şanzıman ve motor yağı sıcaklıklarının iyileştirilmiş yönetimi ve soğuk havada iyileştirilmiş ısınma süresi gibi enerji tasarrufuyla ilgili artı yönleri vardır. GM (General Motors cruze) tarafından bugüne kadar tanıtılan ızgara sistemleri, tek bir elektromekanik aktüatöre sahip üç kanatlı sistem olmuştur. Bu çalışmada, 2011 model Chevrolet Eco Craze modeli üzerinde özetlenen yaklaşım, normal araç çalışma koşullarında soğutma hava akışının değiştirilmesi yoluyla hem mekanik hem de aerodinamik sürtünmenin azaltılmasını sağlamaktır [2].

Bir soğutma hava akışlı ızgara sistemi tasarlanırken, Coast Down prosedürüne ilişkin olarak alınabilecek üç temel yaklaşım üzerine durulmuştur.

- Yaklaşım 1) Tamamen Kapalı, Tamamen Kısıtlanmış Hava Akış Yolu,
- Yaklaşım 2) Tamamen Kapalı, Kısmen Kısıtlanmış Hava Akışı Yolu
- Yaklaşım 3) Kısmen Kapalı, Kısmen Kısıtlı Hava Akış Yolu.

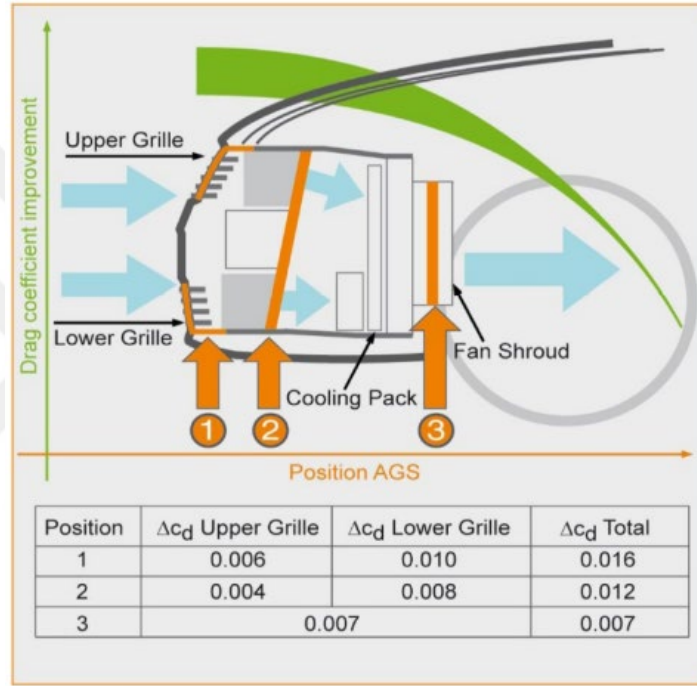
Markowitz M. (2011) çalışmasında, aktif ızgara sisteminin aerodinamik faydasını ve klima kompresörünün güç tüketimini dengeleyerek, araçtaki enerji tüketimini en aza indirmeye dair çalışmalar yapmıştır. Aktif ızgara kepenk sistemi, aerodinamik sürtünmenin ön uç soğutma sistemlerinden ve motor bölmesinden geçen hava akışıyla ilgili kısmını azaltarak veya ortadan kaldırarak bir motorlu aracın enerji tüketimini azaltabilir. Bu faydayı sağlamak için soğutma havası akışı azaltıldığından, klima sisteminin kondenserinin havalandırması da etkilenmekte ve dolayısıyla soğutma çevriminin verimliliği de etkilenmektedir. Bu, klima kompresörünün güç tüketiminin artmasına neden olabilir. Yapılacak çalışmada, aktif ızgara sisteminin toplam enerji tüketimini en aza indirecek şekilde kontrol etmektir. Bunu başarmak için araç hızı, ortam

sıcaklığı ve klima sisteminin çalışma koşulları kullanılabilir. AGS'nin çok düşük araç hızında ve rölantide kapatılmasının herhangi bir aerodinamik fayda sağlamadığı not edilebilir. Bu nedenle, bu gibi durumlarda en düşük soğutma gereksinimlerine cevap verecek şekilde açılabilir. Motor bölmesindeki ısının korunması gereken kış aylarında kabin/motor ısınma senaryoları için ek hususlar dikkate alınmalıdır. Çalışma sonucunda, klima kompresörünün güç tüketimini ve AGS'nin aerodinamik faydasını dengeleyerek toplam araç enerji tüketimini optimize etmek için aktif ızgarayı harekete geçirme yöntemi türetilmiştir. Bu optimizasyonu sağlayan veriler oluşturulmuş ve sunulmuştur. Yöntem, A/C sisteminin çalıştığı ve aerodinamik sürtünmenin AGS konumundan etkilendiği koşullarda aracın yakıt tüketiminin azaltılmasına olanak tanımaktadır [7]. Mustafa, R. ve diğerleri bu çalışmada, motor bölmesi yalıtım tekniğini ve ızgaraları kullanılarak bileşenlere ek verimlilik sağlamak için motor bölmesinden atık ısının geri kazanılması için önemli bir çalışma yapılmıştır. Sonuçlar, tatmin edici doğruluk sağlayan bir termal rüzgâr tüneline ölçülen deneysel değerlerle doğrulanmıştır. Iızgaraları belirli koşullara göre harekete geçirmek için bir kontrol stratejisi uygulanıp, enerji yönetimi performansını etkileyen en önemli parametreler kullanılarak bir hassasiyet çalışması başlatılmaktadır. Farklı koşullar (test döngüleri ve ortam sıcaklığı) kullanılarak simülasyon sonuçları, -7°C'de FTP-75 prosedürüne göre %2,5'e varan orta düzeyde bir potansiyel yakıt tüketimi düşüşü ortaya koymuştur. Sonuçların analizi, ısınmaya kıyasla geliştirilmiş aerodinamik özelliklerin yakıt tüketimini nasıl etkilediğini göstermektedir. Simülasyon sonuçlarına göre, motor bölmesi kapsülleme ve ızgara kontrolü kombinasyonu, yakıt tüketimini ve emisyonları azaltabildiğini göstermiştir [8]. Xu B. Ve diğerleri (2013) bu makalede, çeşitli ön ızgara açıklığı ve motor soğutma fanı güç kombinasyonları için yakıt ekonomisi / güç aktarma organı soğutma kapasitesi üzerine bir çalışma sunmaktadır. Çalışmada orta boy sedanın, üç farklı ön ızgara açıklık alanında (197 cm², 498 cm² ve 809 cm²) ve üç farklı motor fanı güç seviyesinde (270W, 480W ve 720W) yakıt ekonomisi ve aerodinamik sürüklenme açısından General Motors Aerodinamik Laboratuvarı'nda (GMAL) test edilmiştir. Yakıt ekonomisini (MPG) hesaplamak için MATLAB Simulink kullanılarak tam bir araç modeli oluşturulmuştur. Modelde, aerodinamik rüzgâr tüneline testinin yanı sıra FTP ve MVEG dinamometre test sonuçlarından gelen girdileri kullanılmıştır. Araç yakıt ekonomisinde en büyük kayıp, ön ızgara açıklığı ve motor soğutma fanı gücü daha büyük olan testte gözlemlenmiştir. Yakıt verimliliğindeki en büyük kazanç, daha küçük ön ızgara açıklığı ve küçük motor soğutma fanı gücü ile gelir.

Ancak bu konfigürasyonun, özellikle rölantide/düşük hızda sürüş koşullarında güç aktarma organı soğutma gereksinimini karşılaması zordur. Daha küçük ön ızgara açıklığı ve daha yüksek motor soğutma fanı gücü konfigürasyonu, yakıt ekonomisinde 0,07 MPG iyileştirme gösterir. Soğutma havası akış hızı gereksinimini karşılama kabiliyeti göz önüne alındığında, bu konfigürasyon uygunluğu tespit edilmiştir [5].

Chiara F. ve Canova M. (2013) araştırmalarında, otomotiv sistemleri için enerji yönetimi ve geri kazanımı alanındaki en son teknoloji ve teknoloji trendlerine odaklanan kapsamlı bir literatür incelemesini özetlemektedir. Araç gövdesinin daha iyi düzenlenmesi aerodinamik direnci de azaltabilir. Örneğin, aktif bir ızgara panjurunun kullanılması, soğutma sisteminin ve AC sisteminin talebine göre ızgaradan geçen hava akışını kontrol ettiği için aerodinamik sürtünmenin azalmasına katkıda bulunur. Aktif ızgara sisteminin kontrolü, aerodinamik faydaları en üst düzeye çıkarmak ve soğutma fanının ek güç tüketimini en aza indirmek için tasarlanmıştır. Aktif ızgara sistemi, ortam havasının motor bölmesinden yüksek bir araç hızıyla çekilmesi sırasında oluşan konveksiyonla ısı transferini sınırlamak için kullanılır. Ortamda kaybedilen ısı miktarını (soğuk çalıştırma koşullarında faydalıdır) ve araçtaki aerodinamik sürtünmeyi azalttığı belirlenmiştir. Sonuçta, aracın yakıt ekonomisini %2,6'ya varan oranda etkilemektedir. Yakıt tüketimindeki azalmaya ilişkin tahminlerin çoğu, aktif ızgaralar nedeniyle azalan hava direncinden kaynaklanmaktadır; buna ek olarak, motorun ısı kaybını azaltmaktan elde edilen faydaları da bulunmaktadır. Araç alt sistemleri (motor, şanzıman ve şasi) ile ilişkili yakıt enerjisi kullanımı ve tüketiminin anlaşılmasının yanı sıra sistem düzeyinde enerji yönetimi, geri kazanım yoluyla yakıt ekonomisini iyileştirmedeki fırsatlar ve potansiyel zorluklara ilişkin bir genel bakış sağlanır. Son olarak, enerji tüketimi, enerji geri kazanımı ve hasat yönetimi için en önemli çözümlere genel bir bakış sunularak, bunların yakıt ekonomisini iyileştirme, teknik açıdan hazır olma ve zorluklara yönelik potansiyelleri tartışılmaktadır. Mümkün olan her yerde, deneysel verilere veya simülasyonlara dayanan yakıt ekonomisi iyileştirmelerine ilişkin mevcut ve gelecekteki teknolojilerin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması için fırsat sağladığı bildirilmektedir [9]. Pfeifer C. (2014) araştırmasında, Adaptif hava kanat sistemlerinin araçtaki aerodinamik etkilerini, soğutma sistemindeki davranışlarını, CO₂ emisyon oranlarını ve araç termal yönetimine olan etkisini incelemiştir. Izgaraların aerodinamik faydası, araçtaki konumuna bağlıdır. Aktif ızgara sistemi günümüzde genellikle Şekil 2.2'deki, ön ızgara açıklığı ile soğutma sistemi arasındaki 'pozisyon 2' konumunda uygulanmaktadır.

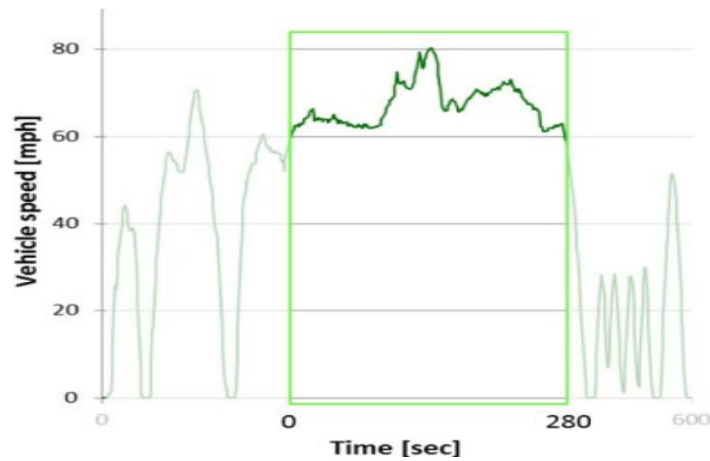
AGS'nin konumuyla ilgili sürtünme azaltmayı dikkate almanın yanı sıra, konumu da termoakustik motor kapsüllemenin önemli bir parçası olarak düşünülmelidir. Gelecekteki uygulamalar, elektrikli ve hibrid taşıtların, benzinli ve dizel araçlara göre AGS'yi yalnızca gelişmiş aerodinamik için değil, bunlara ek pillerin soğutulması için de uygulanacağı öngörülmektedir. AGS'yi diğer yalıtım parçalarıyla bir termoakustik motor kapsüllemeye birleştiren çalışmalar, daha fazla yakıt tasarrufu ve CO₂ emisyonlarının azaltılması için büyük potansiyel olduğunu göstermektedir [10].



Şekil 2.2. 140 km/s hızda AGS'nin konumuna karşı sürüklenme katsayısı iyileştirmesi [10].

YANG W. ve diğerleri (2016) çalışmalarında, araç motor bölümünün soğutma sistemini analiz etmek için CFD tekniğinin nasıl kullanılacağını göstermektedir. Performansı iyileştirmek için analiz sonucuna dayalı olarak bazı iyileştirme planları ortaya konulmuştur. Otomobilin ön kabini için CFD simülasyon analiziyle bazı eksiklikler bulunmuş ve bu eksiklikleri optimize etmek için otomobilin ön kabini için termal yapıya bazı optimizasyonlar yapılmıştır. Çalışmada, motor bölümündeki hava akışını yeniden düzenlemek için kılavuz plakaları (plaka açılı 3° aralıklı) yerleştirilir. Üst ve alt ızgara arasında, radyatöre hava girişini azaltacak büyük bir girdap vardır. Hava akışını yönlendirmek için üst ve alt ızgaranın ortasına kılavuz plaka takılarak girdap etkili bir şekilde önlenir [11]. Nordin J. (2017) tez çalışmasında, akülü elektrikli araçlar (BEV)

için soğutma direncini azaltma hedefiyle alternatif kaput altı soğutma akışı çözümlerini araştırmıştır. Çalışmada kullanılan DrivAer modeli, aerodinamik araştırmalar için Münih Teknik Üniversitesi (TUM) tarafından Audi AG ve BMW Group ile birlikte geliştirilen genel bir binek otomobil modelidir. Taşıtta en düşük aerodinamik sürtünme tipik olarak kapalı ön ızgaralarla ve motor bölmesinden soğutma havası geçmediğinde elde edilir. Güç aktarma sistemi aşırı ısınabileceğinden ve sürekli hasara neden olabileceğinden, üreticiler kaput altı soğutma ihtiyacı azaldığında hava akışını azaltmak için aktif ızgara sistemlerini kullanır. Çalışmada, aracın ısı eşanjörlerini (seri ve paralel) bir dizi farklı hava giriş ve çıkış konfigürasyonu ile konumlandırmaya yönelik iki farklı yaklaşımla, toplamda 15 tasarım konfigürasyonu CFD simülasyonları kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar benzer şekilde düşük direnç katsayıları gösterse de kavramlarla ilgili tartışma dikkate alındığında, paralel ısı eşanjörleri kavramının avantajlı olduğu tespit edilmiştir [12]. Cho Y. ve diğerleri (2017) bu yazıda, taşıtların yakıt ekonomisini iyileştirmek için optimal bir Aktif Izgara Sistemine tasarım çerçevesi sunmuştur. İki bağımsız AGS ünitesi ile birlikte aktif ısı eşanjörleri ve soğutma fanları olan SUV tipi taşıt düşünülmüştür. Hem araç aerodinamik güç tüketimi hem de kaput altı soğutma performansı, aktarma organları ısı eşanjörü modelleriyle tam olarak eşleştirilmiş yüksek kaliteli bir akış çözücü olan PowerFLOW kullanılarak çözümlenmiştir. Önerilen tasarım sürecini uygulamak ve optimize edilmiş bir AGS çalışmasının yakıt ekonomisi üzerindeki etkisini sunmak için bir sürüş çevrimi kullanılmıştır. Şekil 2.3'de gösterildiği gibi, SFTPUS06 sürüş çevriminin 60 ile 80 mil/saat arasındaki yüksek hızlı kısmı, bir test sürüşü çevrimi olarak seçilmiştir [13].



Şekil 2.3. Yakıt ekonomisi simülasyonları için kullanılan SFTP-US06 sürüş döngüsünün (yeşil pencerede) yüksek hızlı kısmı [13].

SFTP-US06 sürüş çevriminin hız rejimi için, güç aktarma organları soğutma gereksinimini karşılayan AGS çalışmasının optimizasyonu, ortam sıcaklığına bağlı olarak % 1,3–1,5 oranında yakıt ekonomisinde iyileştirme sağlanmıştır [13]. Liu X. ve arkadaşları (2017) bu çalışmada, Tongji Üniversitesi Şanghay Otomotiv Rüzgar Tüneli Merkezinde (SAWTC) bir ticari aracın, tampondan motor kalkanına kadar olan hava akışının aerodinamik optimizasyonu üzerine çalışmalar yapmıştır. Testler hem soğutma modülü hem de araç üzerinde yapılmıştır. Sonuçları değerlendirmek için, soğutma havası hacim akışı ve homojenliği karşılaştırılmıştır. Sistemin etkisini doğrulamak için sırasıyla CWT'de termal denge deneyi ve SAWTC'de aerodinamik testler yapılmıştır. Açık fan muhafazalı aktif ızgara panjurlu (FHAGS) araçta, soğutma havası akışının geçiş alanında yaklaşık %1.2 oranında artış ve %8 daha iyi soğutma havası hacmi akışı sağlanmıştır. Termal denge deneyi ile sistemin avantajı doğrulanmıştır [14]. Larson, L. ve arkadaşları (2017) çalışmalarında, 2013 Lincoln MKZ AWD 3.7L sedan model aracının soğutma ve AGS sürtünme davranışını, bir programın geliştirilmesi sırasında var olabilecek tasarım hususlarına göre karakterize etmek için çalışmalar yapmışlardır. Soğutma direncinin yol simülasyon teknikleriyle, seçilmiş durumlarda hem durağan hem de hareketli yol koşullarında incelenmiştir. Tüm deneyler 80 mph (128 km/h) de gerçekleştirilmiştir. Araçta gövde altı koruma kaplaması, ısı eşanjörü direnci, soğutma paketi konfigürasyonu, araç tutumu, AGS sızdırmazlığı, motor bölmesi çıkış yolları, motor bölmesi tıkanması ve aktif ızgara sistemi konumunun etkisini incelemek için değişiklikler yapılmıştır. Soğutma ve AGS direncinin hareketli zemin koşullarında daha düşük olma eğiliminde olduğu, ancak araç konfigürasyonuna bağlı olarak değişebileceği gösterilmiştir. Bu makale, sırasıyla deneysel ve sayısal odakları olan iki bölümlü bir dizinin ilkinin temsil etmektedir [15]. Larson, L. ve arkadaşları (2017) çalışmalarında, 2013 Lincoln MKZ AWD 3.7L sedan model aracının soğutma ve AGS sürtünme davranışını, daha önce yürütülen bir dizi deneysel çalışmadan elde edilen bilgilerle, hangi hava akışı alanı özelliklerinin CFD/test tutarsızlıklarına bulunduğunu anlamak için bir CFD doğrulama çalışması yapılmıştır. Çalışmada birkaç test noktasını doğrulamak için Kafes Boltzmann Büyük Girdap Simülasyonu (LES) yöntemi kullanılmıştır. Test noktaları, soğutma paketi konfigürasyonlarını, gövde altı ve araç tutum değişikliklerini kapsamaktadır. Seçilen test noktaları, hem statik hem de hareketli yer rüzgar tüneli koşullarında karşılaştırılmıştır. Kuvvet ve moment katsayılarına ek olarak, seçilmiş durumlar için yerel basınçlar, ısı eşanjörü hava akış hızları ve gövde altı hız büyüklükleri ölçülmüştür. Rüzgâr tüneli

sonuçlarına kıyasla CFD sonuçlarında, tüm soğutma direnci ve AGS sürüklenme tahminleri için sırasıyla %21 ve %34 ortalama hatalar görülmüştür. Mutlak sürüklenme değerleri dikkate alındığında ise, kapalı soğutma, açık AGS ve kapalı AGS durumları için ortalama hatalar sırasıyla %3.1, %4.7 ve %3.9'dir. Soğutma paketi fanının dahil edilmemesi ve rüzgar tüneli etkileşim etkilerinin modellenmemiş olması hatalı tahminlerin olası nedenleri olduğu savunulmuştur. Bu makalede, deneysel ve sayısal çalışmalarla, iki parçalı bir çalışmanın ikinci bölümünü temsil etmektedir [16]. Zhang C. ve arkadaşları (2018) çalışmalarında, radyatör performansı ve soğutma direnciyle ilişkili kaput altı hava akışı özelliklerini araştırmak için hesaplamalı akışkanlar (CFD) çalışmaları uygulanmıştır. Çeşitli ön uç konfigürasyonlarına sahip Hyundai Veloster modeli otomobil için radyatör performansının ve soğutma direncinin aerodinamik analizleri, 3D CFD simülasyonları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, soğutma hava akışı modelinin uygun şekilde manipüle edilmesiyle, radyatör performansının ve toplam araç sürtünmesinin aynı anda iyileştirilmesinin sağlanabileceği gösterilmiştir. İncelenen araba konfigürasyonu için dikey bir (CRFM) Kondenser/Radyatör/Fan Modülleri'nin zayıf bir radyatör performansına ve yüksek soğutma direncine sahip olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, CRFM'nin değiştirilmiş oryantasyonu ve ızgara açıklıklarıyla birlikte bir hava kanalı ekleyerek kaput altı hava akışının optimize edilebileceği gösterilmiştir. Bu konfigürasyon hem otoyol hızlarında hem de rölanti koşullarında üstün performans sağlayacaktır.

Spesifik olarak, otoyol hızında, bir hava kanalı tasarımı akış hızını ve yukarı akış yüzeyi üzerindeki hava akışı homojenliğini artırarak radyatörün soğutma performansını iyileştirebilir. Araç rölanti durumunda, hava kanalı sıcak hava devridaim problemini önemli ölçüde azaltabilir ve bu da ısı eşanjörü performansında, özellikle de kondansatör performansında kayda değer bir iyileşme ile sonuçlanabilir. Sonuç olarak, geniş bir hava kanalı ile yan ızgara sızdırmazlığının kombinasyonu hem radyatör performansı hem de aracın toplam sürtünmesi açısından kaput altı hava akışı yönetiminde kayda değer bir gelişme sağlayabilir ve böylece genel yakıt ekonomisinde iyileşme sağlayacaktır [17]. Vemuri, S. ve Raza, M., (2018) çalışmalarında, bir sisteme dayalı araç için soğutma yeteneğine sahip ön uç kavramlarının hızlı bir şekilde geliştirilmesi sürecini ve süreci yürütmek için ise geliştirilmiş bir aracı (Soğutma için Araç Parametrik Modeli) açıklamaktadır. Süreç, soğutmayı etkileyen araç ön ucuyla ilgili çeşitli parametrelerin izin verilen aralıklarının önceden tanımlarını içermektedir. Araç, Isight tarafından sağlanan

Yaklaşım Modeli kullanılarak mimari alan üzerinde tek boyutlu (1D) termal denge yöntemleri aracılığıyla Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) simülasyonları yoluyla hava akışını ve motor soğutma suyu sıcaklığını karakterize etmeye dayanmaktadır. Yaklaşıklık için gereken örnekleme noktalarının sayısı, Deneysel Tasarım (DOE) yöntemleri kullanılarak en aza indirilir. Çalışma sonucunda, ön ızgara açıklığı, ön uç alanı, radyatör ve fan paketi kombinasyonları şeklinde yeni araç ön uç konseptlerinin geliştirilmesi için gereken süreyi önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahip bir yöntem sunulmuştur [18]. Gong C. ve diğerleri (2020) bu çalışmalarında, iki farklı aracın giriş ızgaralarının akış ve ısı transfer özelliklerini araştırmak için üç boyutlu (3B) bir hesaplama modeli önerilmişlerdir. Emme ızgaralarının modelleri, aracın ısı transfer modelini basitleştirmek için ısı dağıtma ünitesi düşünülerek Roewe 950 ve Toyota Mirai olmak üzere iki aracın gerçek boyutlarına göre yapılmıştır. Sonuçlar, Mirai model aracın, Roewe 950 model araca kıyasla giriş havası akış hızının yaklaşık %10 daha yüksek olduğunu, ısı transfer kapasitesinin ise yaklaşık %7 daha yüksek olduğunu sonucuna ulaşılmıştır. Mirai'nin soğutma sıvısı çıkış sıcaklığı, Roewe 950'den daha düşüktür. Mirai'nin üstün performansı, yakıt hücreli araçlarda emiş ızgarası alanının artırılması ve radyatör tasarımının optimize edilmesi gerektiğini göstermiştir. Bu çalışmada, radyatör kanadının 23°'lik optimal bir pencere açılma açısı, maksimum bir ısı transfer katsayısı sağlamıştır [19]. Eberz T. ve Newnham P. (2020) Ford Kuga'nın aerodinamik gelişimi, modern süreçlerin ve teknolojilerin yüksek beklentileri nasıl karşılayabileceğinin güzel bir örneğidir. Aerodinamik hedefe ulaşmak için gereken bileşenler, aktif ızgara panjuru (AGS), gövde altı panelleri ve tekerlek rüzgarlıkları aracılığıyla soğutma hava akışı yönetimi ve bileşen sonuçları kararlaştırıldı. Geliştirmenin ilk aşamasında, en verimli oranları bulmak için sanal rüzgar tüneline kullanmaya odaklanıldı. İkinci aşamada ise teknik detayların optimizasyonuna yönelindi. Prototiplerin yardımıyla, WLTP sertifikalı bir rüzgar tüneline seri üretim için nihai optimizasyon ve onayın yanı sıra homologasyon sertifikası gerçekleştirildi. Araçtaki C_D değerleri, önceki modele kıyasla önemli ölçüde azaltılarak, aerodinamik hedeflere ulaşıldı. Optimizasyon çalışmaları, C_D değeri ve CO_2 emisyonlarının verimli bir şekilde iyileştirilmesine katkıda bulunmuştur [20].

Aktif ızgara sisteminin, taşıtın aerodinamiğindeki etkilerini tespit etmek üzerine; Mamat R. ve arkadaşları (2008) bu çalışmada, araç gövdesi üzerindeki dış hava akışının ızgara alanında negatif basınç oluşturduğu Land Rover Freelander modelinin hava giriş sisteminin etkisine odaklanılmıştır. Gerçek bir hava giriş sistemi, ızgara alanındaki ilk

hava hızının sıfır olduğu sabit akışlı bir test tezgahında test edilmiştir. Izgara ve manifold kanalındaki akış davranışları için bir CFD incelemesi yapılmıştır. CFD sonuçları, sabit akış test tezgahının deneysel sonuçlarıyla doğrulanmıştır. Ön ızgara sisteminin, motorlara daha fazla hava emerek performansı iyileştirmesi için yeni geometrik tasarımlar yapılabileceği sonucuna ulaşılmıştır [21]. Bellman ve arkadaşları (2010), ASME 4. Uluslararası Enerji Sürdürülebilirliği Konferansında (Amerika) taşıtların yakıt ekonomisindeki rolü üzerine yaptıkları çalışmalarda, %1'lik yakıt ekonomisinin tam olarak yılda 245 milyon galon tasarruf sağlayabileceğine, CO₂ ve GNG emisyonlarının iyileştirilmesine, motordan elde edilen enerjinin araçtaki dağılımlarına ve Aktif Akış Kontrol Sisteminin, taşıtların aerodinamik sürüklenmesini iyileştirebileceği sonuçlarını göstermiştir. Simülasyonlarda, piyasada bulunan şebeke oluşturucu "GAMBIT" ve CFD çözücü "FLUENT" kullanılmıştır. Simülasyonlarda üç genel kara aracı konfigürasyonu ele alınmıştır. Deneysel verilerinde mevcut olduğu üç jenerik kamyon/araba şeklindeki gövde vakası ele alınmıştır. Çalışmada sunulan hesaplama sonuçları, aktif akış kontrolü kullanılarak kamyon benzeri gövdelerin sürüklenmesinde önemli bir azalmanın sağlanabileceğini açıkça göstermektedir [22]. Baeder ve diğerleri (2012) çalışmalarında, "interferansı" soğutma havası ile dış aerodinamik arasındaki etkileşim olarak tanımlamış ve bunu genel aerodinamik sürüklenmeye temel unsur olarak tanımlamıştır. Izgaradaki ve motor bölmesindeki yönlendirilmiş soğutma havası akışının, ızgaradaki basıncı arttırırken araç üzerindeki aerodinamik sürtünmeyi azaltabileceğini kanıtlamaya çalışmışlardır. Çalışmada iki farklı tasarımla aracın kuyruk geometrisinin basınç düşüşünü etkilediğini gösterilmiştir. Bunlar SAE blöf gövdesi ve ölçekli gerçek gövdedir. Farklı SAE gövde konfigürasyonları üzerinde rüzgâr tüneli testlerinde deneysel veriler elde edilip sonrasında hesaplama sonuçları ile iyi bir uyum sağlanmıştır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) simülasyonları için, motor bölmesi içindeki soğutma akışını yönlendirmek için üç kanal açısı (90, 45 ve 0) ile birlikte dört kuyruk ucu tasarımı uygulanmıştır. Radyatör, beş seviyeli akış direnci kullanılarak bir "petek" tasarımı ile simüle edilmiştir. Araştırmanın analitik kısmı, potansiyel teori kullanılarak formüle edilmiştir. Deneysel, simülasyon ve potansiyel teori sonuçlarının tutarlı olduğu ve ızgara girişi hariç tüm yüksek basınçlı alanlarda basıncı azaltmak için girişim etkilerinin motor bölmesinde belirli yönlerde yoğunlaşabileceği sonucuna varılmıştır [23]. Datta ve diğerleri çalışmalarında, hava akışının yanlış dağılımına maruz kalan bir otomotiv iklimlendirme sisteminin çapraz akışlı, mikro kanallı bir kondansatörünün performansı

deneysel olarak incelenmiştir. %30, %40 veya %50 alan blokajına sahip üniform, yan, orta veya periferik bloklu farklı yukarı akış ekranları yerleştirilerek hava akışında kötü dağılımı oluşturulmuş ve çeşitli parametreler üzerinde toplamda 52 deney gerçekleştirilmiştir. Bloke durumda kondenser soğutmasının bozulmasını değerlendirmek için kızılötesi görüntüleme kullanılmıştır. Kondenser performansında önemli bir azalma olmasına rağmen, tıkanıklığın artmasıyla soğutucu akışının arttığı gözlemlenmiştir. Sistemin soğutma kapasitesi ve performans katsayısı, normal çalışma durumuna göre %50'lik bir alan tıkanıklığı için sırasıyla %8,16 ve %16,8 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Yan ve orta blokajın etkisinin daha şiddetli olduğu, periferik blokajın ise minimal etki gösterdiği kaydedilmiştir [24]. Yılmaz Ş. ve arkadaşları (2014) bu çalışmada, aktif ızgara sisteminin, otomobile uygulanması CFD araçları kullanılarak yapılmıştır. Yapılan analizlerin temelinde iki koşul olarak ızgaraların kapalı ve açık olması incelenmiştir. Taşıtın CAD modeli 3 ana bölümden oluşmuştur. Bunlar; aracın dış geometrisi, motor bileşenleri ve soğutma sistemidir. Analizler esnasında ticari yazılım olan FLUENT TM ve Hypermesh TM kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, Cd değerlerinde %7,58'lik gelişme gözlemlenmiştir ve bu değer teorik olarak %2,5'lik yakıt tasarrufu sağlayacağı öngörülmüştür [25]. Kremheller, A. (2014), bu makalede, tam ölçekli rüzgar tüneli testi ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği simülasyonlarını (CFD) kullanarak yeni Nissan Qashqai'nin aerodinamik geliştirme süreci hakkında bilgi verilmiştir. Aracın kaput ve ön cam açısı optimizasyonu, tavan eğimi, plan görünüm köşe yarıçapı, sınır katmanı tetik kenarına sahip arka kombinasyon lambası ve entegre kanatçıklı büyük bir arka spoiler dahil olmak üzere temel aerodinamik özellikleri geliştirilmiştir. Araçta alt tampon açıklığına giren soğutma havası miktarını minimumda sınırlamak için aktif bir ızgara sistemi tasarlanmıştır. Rüzgâr tüneline, ilgili soğutma direncini tahmin etmek için üst ızgara ve alt tamponun soğutma açıklığı tamamen kapatılmıştır ve soğutma sisteminin neden olduğu sürüklemeye karşılık gelen sürtünmede %5'lik bir azalmayla sonuçlanmıştır [26].

3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM

Bu bölümde ilk olarak çalışmaların yapılacağı araç hakkında bilgiler verilmiştir. İkinci aşamada ise aktif ızgara sisteminin tasarım sürecini ve prototipin üretimine değinilmiştir.

3.1. Çalışmada Kullanılan Araç

Çalışmada kullanılan test aracı, 2015 İstanbul Motor Show lansmanında İtalyan otomotiv devi Fiat tarafından sunulan Fiat Egea C segment otomobilidir [http-1]. İtalya Fiat Chrysler Automobiles Style Centre da tasarlanarak, Tofaş Ar-Ge ortak girişimleriyle geliştirilen C segmenti Egea, World Class Manufacturing de altın kademeye yükselen, en teknolojik tesislerden birisi olan Tofaş Bursa fabrikasında üretilerek Avrupa, Orta Doğu ve Afrika bölgelerindeki 40 ülkeye ihraç edilmektedir. Tofaş Bursa fabrikasında üretilen C segmenti otomobil Türkiye’de Egea ismiyle piyasaya sunulurken, Avrupa piyasasında Tipo ismiyle, Meksika – Orta Doğu piyasasındaysa Dodge Neon ismiyle satışa çıkarılmıştır [http-2].

Bu projede Şekil 3.1 de görülen, TOFAŞ tarafından Mesleki Eğitime Destek Programı kapsamında Eskişehir Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliğine hibe edilmiş olan Fiat Tipo SW 1.4 araç kullanılacaktır. Bu çalışmadaki AGS sistemi Şekil 3.2’deki aracın ön tamponuna entegre edilecektir. Araç ile ilgili temel teknik özellikler Tablo 3.1’de yer almaktadır.



Şekil 3.1. ESTÜ bünyesindeki Fiat Tipo SW 1.4 otomobil.



Şekil 3.2. AGS öncesi Fiat Tipo SW 1.4 aracın ön tamponu.

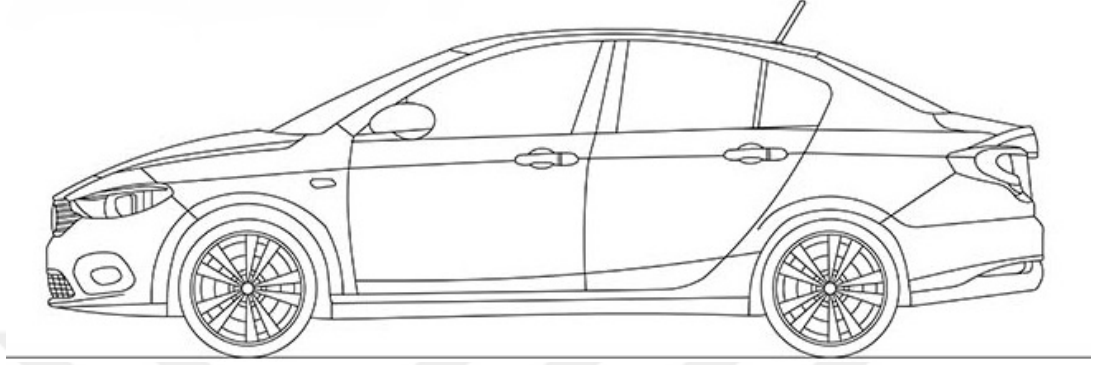
Tablo 3.1. Test aracının teknik özellikleri [http-3].

Özellik	Değer
Marka	Fiat
Model	1.4V 16V Fire
Motor hacmi	1368 cc I4
Yakıt tipi	Benzin
Güç	95 PS or 94 bhp or 70 kW @ 6000 rpm
Tork	127 Nm or 93 lb.ft @ 4500 rpm
Vites kutusu	6 ileri manuel
CO ₂ Emisyonu	132 g/Km
Çekiş	Önden Çekiş (FWD)

3.2. Temsili Araç Modelinin Bilgisayar Destekli Tasarımı (CAD)

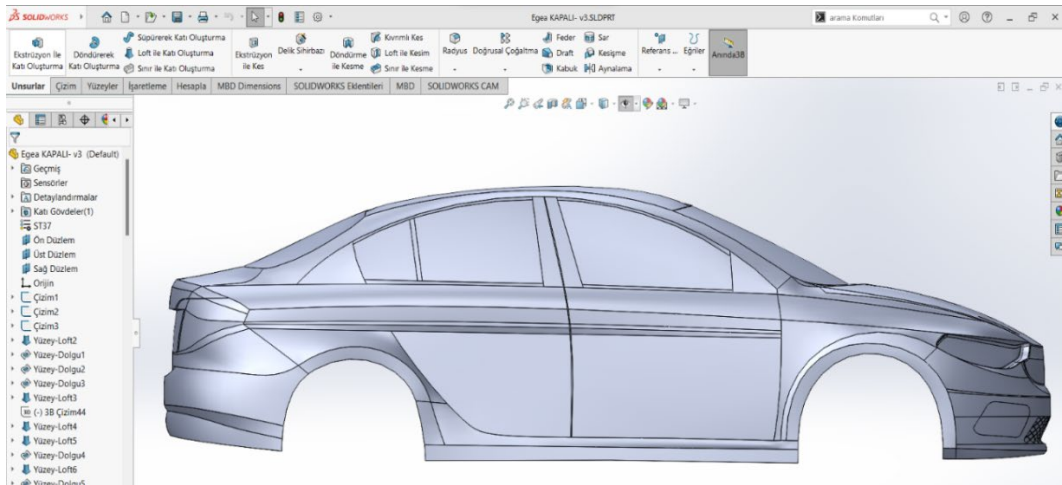
Computer Aided Design (CAD), türkçe anlamıyla bilgisayar destekli tasarım programları 2 boyutlu çizimleri ve 3 boyutlu modellerin tasarımıyla üretim öncesi dijital olarak oluşturularak üretim için gereken fikirlerin tasarıma dönüştürüldüğü yazılımlardır. Bilgisayar destekli tasarım programlarıyla fikirler doğrultusunda tasarlanmış ürünleri pazara daha hızlı sunabilmemiz için tasarımları paylaşmayı, doğrulamayı, simüle etmeyi ve değiştirmeye olanak sağlamaktadır. Bilgisayar destekli tasarım programları ilk olarak araştırma amaçlı kullanılmaktaydı. 1970'ler itibariyle havacılık ve otomotiv firmaları kendi tasarım programlarını geliştirerek çoğu sektörün kullanımına sunmuştur. Günümüzde birçok bilgisayar destekli tasarım programı mevcuttur, bu programlardan popüler olanlarıysa Catia, SolidWorks, SketchUp ve Autocad yazılımlarıdır. 2 ve 3

boyutlu tasarım oluşturmaya ve görselleştirmeye imkân sağlayan bilgisayar destekli tasarım programları süreçlerin geliştirilmesine ve optimizasyonuna katkıda bulunarak verimlilik sağlamaktadır.

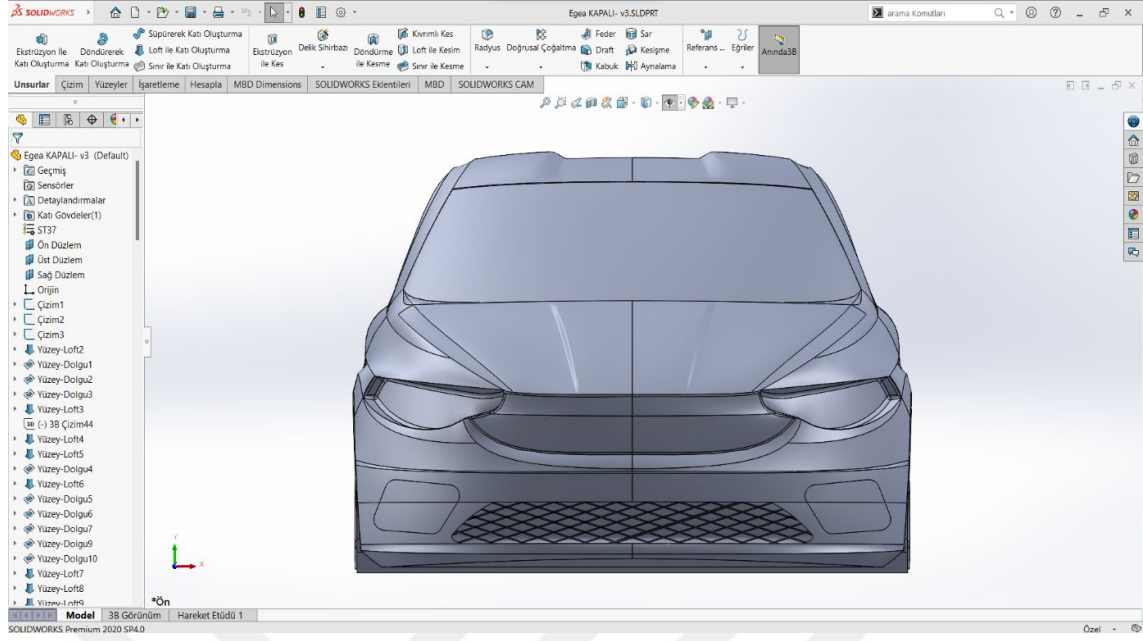


Şekil 3.3. Fiat Egea aracının yandan taslak görünüşü.

İlk olarak Şekil 3.3'teki Fiat Egea model aracın modellenmesi için çalışmanın tasarım aşamasında gerekli olan taslak çizimleri (ön, arka, yan ve üst görünüş) elde edilmiştir. Aracın taslak çizimleri bilgisayar destekli tasarım programına aktarılarak, uygun düzlemlerde bir araya getirilerek, tasarım aşamasına geçilir. Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te görüldüğü üzere bu çalışmada bilgisayar destekli tasarım programlarından SOLIDWORKS kullanılarak, Fiat Egea aracın taslak çizimlerinden yararlanarak gerçek boyutlarında modellenmesi yapılmıştır.



Şekil 3.4. Solidworks ile modellenen Fiat Egea aracın yandan görünüşü.



Şekil 3.5. Solidworks ile modellenen Fiat Egea aracın önden görünüşü

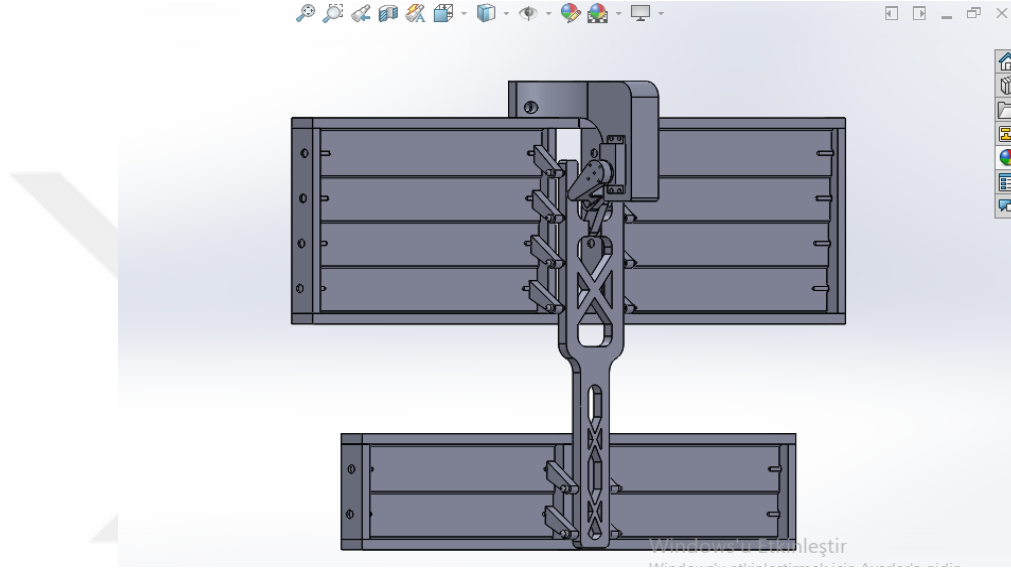
3.3. AGS Sisteminin Tasarımı

Otomotiv endüstrisinde mühendisler aerodinamiği iyileştirmek için araçların gövde tasarımlarında ve yeni teknolojiler üzerinde çalışmalarına büyük bir hızla devam etmektedir. Günümüzde, otomotiv endüstrisinde aktif ızgara sistemi (AGS) teknolojisi günden güne popüler hale gelmektedir. AGS sistemi, aracın soğutma paketinin önüne takılan özel bir panjurdur. Aerodinamik direnci ve yakıt tüketimini iyileştirmek için taşıtın çalışma koşullarına göre otomatik olarak açılıp kapanabilen kanatlara sahip sistemdir. Aktif ızgaralar tamamen kapalıyken, hava araç gövdesinin etrafından dolaşarak, direnç azalır ve aracın aerodinamik performansını iyileştirir.

Aktif ızgara sisteminin aracın ön tamponuna entegrasyonu ve radyatör bölgesinde alanın kısıtlı olması dolayısıyla sistemin tasarımında büyük zorluklarla karşılaşmaktadır. Aktif ızgara tasarımında sistem üst ızgara ve alt ızgara olmak üzere 2 gruptan oluşmaktadır. Ön tampon ızgaralarındaki düzensiz geometrik eğimli yüzeyler ana çerçeve ve kanatlar için tasarımı zorlaştırmaktadır. Sistemin ön tampona entegre edilmesi dolayısıyla sarsılma problemlerine karşın bağlantı noktalarının önemi ekstra artmaktadır. Bu zorlu süreçlere karşın optimum tasarım ve sorunsuz hareket iletim mekanizması için çalışmalar yapılmıştır.

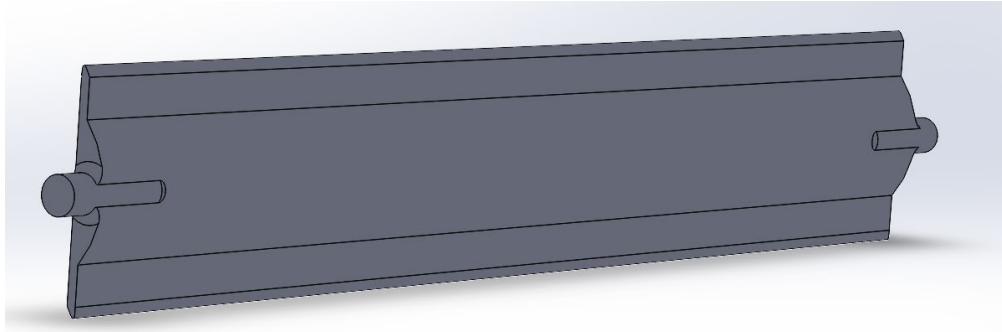
Testte kullanılacak aracın ön tampon ızgara ölçüleri alınarak optimum aktif ızgara sistemi tasarımı için ana dış çerçeve, yataklar, kanatlar, servo motor desteği, hareket

iletim kolu ve bağlantıların modelleme aşamalarına geçilmiştir. Bu çalışmada, bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımlarından Solidworks kullanılarak aktif ızgara sisteminin 3 boyutlu modellemesi yapılmıştır. Sistemdeki en önemli hususlardan birisi de servo motorun dairesel hareketini doğrusal harekete çevirerek kanatlara ileten hareket mekanizmasıdır. Şekil 3.6 da görüldüğü üzere aktif ızgara sistemi 33 ana parçadan oluşmaktadır.



Şekil 3.6. AGS sisteminin CAD montajı.

Şekil 3.7 deki görselde sistemin kapalı durumdayken rüzgâra karşı direnci göz önüne alınarak uygun formda farklı kanat tasarımları yapılmıştır.



Şekil 3.7. AGS kanat modellemesi.

Tasarlanan kanatlar sürüş anında anlık duruma göre rahat açılıp kapanabilmeli, rüzgâra karşı direnç göstererek sızdırmazlık sağlamalı ve üretim metotları düşünülerek uygun bir formda olmalıdır.



4. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ

ANSYS yazılımı mühendislerin mukavemet, titreşim, akışkanlar mekaniği ve ısı transferi ile elektromanyetik alanlarında fiziğin tüm disiplinlerinin birbiriyle olan etkileşimini simüle etmekte kullanılabilen genel amaçlı bir sonlu elemanlar yazılımıdır.

Testlerin simülasyonu ile modelin üretim öncesinde çalışma koşullarında test edilmesine imkân sunmaktadır. Bununla birlikte tasarımın, programda kullanılan simülasyonlarla olası problemlerin önceden tespiti, ömür hesapları, zayıf bölgelerin belirlenerek iyileştirilmesi gibi imkanlar sunmaktadır.

ANSYS yazılımının hem kendi bünyesindeki Spaceclaim modülü kullanılarak geometriler tasarlanabilmekte hem de başka CAD programlarından tasarlanan modellerin alınmasına olanak sağlamaktadır. Yine aynı ön işlem içinde hesaplama için gerekli olan sonlu elemanlar modeli yani mesh de oluşturulmaktadır. Modele gerekli yüklemelerin ve sınır koşullarının tanımlanmasıyla analizler yapılır. Analiz sonucunda veriler sayısal ve grafik olarak alınabilir.

ANSYS yazılımı ile özellikle temas algoritmalarının çeşitliliği, zamana bağımlı yükleme özellikleri ve nonlinear malzeme modelleri sayesinde yüksek mühendislik seviyedeki analizleri hızlı, güvenilir ve pratik bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu yüzden parçanın üretimine geçmeden önce gereken son kontrolleri yapılarak optimum tasarım bu sayede bulunabilir [28].

ANSYS yazılımının yaygın olarak kullanıldığı alanlar aşağıda gruplanmıştır.

- Yapısal analizler (dinamik, static, linear, nonlinear),
- Akış analizleri,
- Isı transfer hesaplamaları,
- Multifizik hesaplamalar,
- Elektro-manyetik hesaplamalar.

4.1. Sonlu Elemanlar Yönteminde Temel Adımlar

4.1.1. Ön işlem aşaması

Ön işlemci aşamasında parçanın sonlu elemanlar modeli oluşturulmaktadır. Ön işlemci aşaması, çözümü yapılacak mekanik parça ya da yapının geometrisinin oluşturulması, malzeme özelliklerinin tanımlanması, modelin ağ yapısının (eleman sayısı,

şekli, yoğunluğu) oluşturulması, sınır koşulları ve yüklerin uygulanmasıyla sonlu elemanlar modelinin oluşturulduğu modüldür. Bu aşamada analiz için gereken parametreler hazırlanarak, kontroller yapılmaktadır.

4.1.2. Çözümleme aşaması

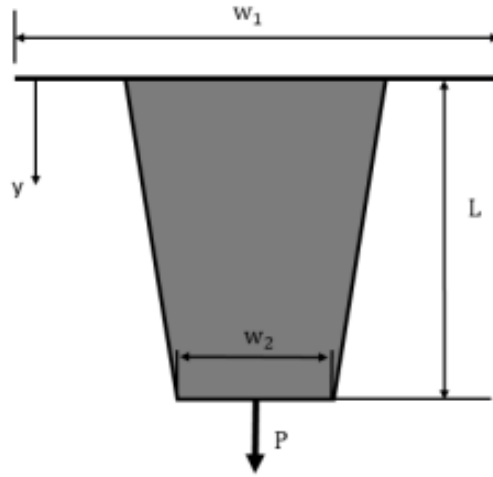
Çözümleme aşamasında, programa girilen parametrelere göre modelin analizi gerçekleştirilmektedir. Programa tanımlanamayan eleman tipine sınır koşullarını uygulayarak denklemler oluşturulur ve sistemin çözümü gerçekleştirilir. Çözüm sonuçları son işlemciye aktarılır.

4.1.3. Son işlemci aşaması

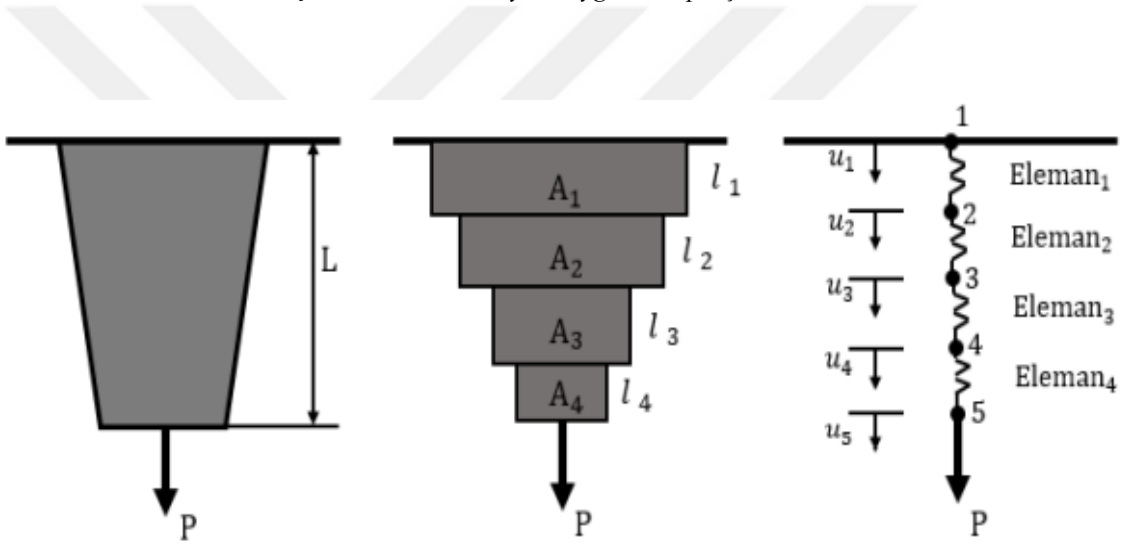
Son işlemci aşamasında, çözümleme aşamasından elde edilen analiz sonuçlarının değerlendirilmesi için grafiksel görünüm (yer değişimi, gerilim dağılımı, şekil değişimi vb.) elde edilir. Bu aşamada grafikler yardımıyla parça üzerine uygulanan yükler ve sınır şartları sonucunda deformasyonlar ve gerilmelere bakılarak, farklı çözüm yöntemleriyle karşılaştırılarak doğrulanmalı ve farklı sonuçlar ile karşılaştırılması durumunda analiz tekrar başlatılmalıdır.

4.2. Sonlu Elemanlar Yönteminde Problemler Nasıl Çözülür?

Sonlu elemanlar metodu, temel olarak geniş bir sistemi sonlu eleman adı verilen daha küçük parçalara ayırarak bu denklemin çözüldüğü uzayın ayrıklaştırılarak küçük bölgelere bölünmesiyle çözümlenmektedir. Sınır değer probleminin bu formülasyonu sonucu bir cebirsel denklem sistemi elde edilir. Sonlu elemanlar metodunda problemin çözüm aşamalarını, aşağıdaki örnek problem üzerinden anlatımı sağlanacaktır. Şekil 4.1'deki aksenal P yükü altındaki parça modelini, Şekil 4.2 de gösterildiği üzere parçalara ayırarak çözüm matrisinin oluşturulması sağlanacaktır.



Şekil 4.1. P aksenal yükü uygulanan parça modeli.



Şekil 4.2. Parçanın eleman ve düğüm (node) noktalarına ayrılması.

Çubuktaki ortalama gerilme σ :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.1)$$

Gerilme, birim alana (A) gelen kuvvettir (F) ve N/mm^2 birimiyle ifade edilmektedir.

Eksenel yük uygulanan parça birim uzama (ϵ) ile ifade edilir. İngilizcede “Strain” olarak ifade edilmektedir. Parçanın birim uzunluktaki uzama miktarı olarak tanımlanmaktadır. Denklemden ilk uzunluk olan “ l ” başına, uzunluktaki değişimi Δl olarak milimetre cinsinden tanımlanmaktadır.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (4.2)$$

Hooke Yasasının ifadesi:

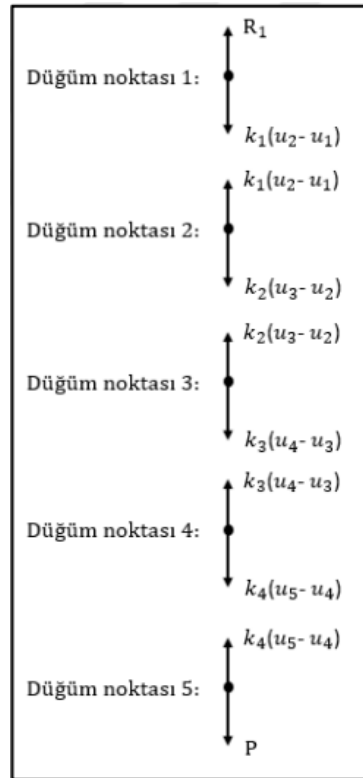
$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (4.3)$$

Denklemden ifade edilen “E” elastisite modülü olarak N/mm² birimiyle tanımlanmaktadır. Elastisite modülü ise malzemenin dayanımının ölçüsü olarak ifade edilir. Denklemler birleştirilip sadeleştirildiğinde ise,

$$F = \left(\frac{AE}{l}\right) \Delta l \quad (4.4)$$

Elde edilen Denklem 4.4 denklemi, lineer yay denklemine (F=kx) benzer bir denklemdir. Merkezci bir kuvvetin etkisinde ve kesit alanının üniform olduğu elemanın eşdeğer rijitliğini aşağıdaki yay olarak modellenenabilir. Burada k_{esd} katsayı birimi N/mm olarak ifade edilir.

$$k_{esd} = \frac{AE}{l} \quad (4.5)$$



Şekil 4.3. Parçadaki düğüm noktalarının serbest cisim diyagramı gösterimi [29].

Statik dengede düğüm noktalarına etkiyen kuvvetlerin toplamları sıfır olmak zorundadır. Statik dengeyle ilgili aşağıda denklemler sunulmuştur.

$$\text{Düğüm (Node) 1} \quad R_1 - k_1(u_2 - u_1) = 0 \quad (4.6)$$

$$\text{Düğüm (Node) 2} \quad k_1(u_2 - u_1) - k_2(u_3 - u_2) = 0 \quad (4.7)$$

$$\text{Düğüm (Node) 3} \quad k_2(u_3 - u_2) - k_3(u_4 - u_3) = 0 \quad (4.8)$$

$$\text{Düğüm (Node) 4} \quad k_3(u_4 - u_3) - k_4(u_5 - u_4) = 0 \quad (4.9)$$

$$\text{Düğüm (Node) 5} \quad k_4(u_5 - u_4) - P = 0 \quad (4.10)$$

Denklem 4.6'daki "R₁" ifadesi tepki kuvveti olarak (Newton birimi) ifade edilir. Denklemdaki "u" ifadesi noktalara ait yer değiştirmeleri ifade etmekte olup milimetre birimi ile ifade edilir. Yukarıda verilen denklemlerin matris biçiminde ifadeleri aşağıda sunulmuştur:

$$\begin{bmatrix} k_1 & -k_1 & 0 & 0 & 0 \\ -k_1 & k_1 + k_2 & -k_2 & 0 & 0 \\ 0 & -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 & 0 \\ 0 & 0 & -k_3 & k_3 + k_4 & -k_4 \\ 0 & 0 & 0 & -k_4 & k_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ P \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

Yük matrislerindeki uygulanan ve reaksiyon kuvvetlerinin ayırt edilmesi de önemlidir. Buna göre matris bağıntısı aşağıdaki şekilde yazılır:

$$\begin{bmatrix} -R_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_1 & -k_1 & 0 & 0 & 0 \\ -k_1 & k_1 + k_2 & -k_2 & 0 & 0 \\ 0 & -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 & 0 \\ 0 & 0 & -k_3 & k_3 + k_4 & -k_4 \\ 0 & 0 & 0 & -k_4 & k_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ P \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

Denklemdaki bağlantı aşağıda sunulan şekilde ifade edilebilir:

$$\{R\} = [k] \cdot \{u\} - \{F\} \quad (4.13)$$

Şu şekilde ifade edilir,

$$\{\text{Reaksiyon Matris}\} = [\text{Rijit Matris}] * \{\text{Yer değiştirme Matrisi}\} - \{\text{Yük Matrisi}\} \quad (4.14)$$

1 numaralı düğüm (node) noktasının yer değiştirmesinin sıfır olduğu bilinmektedir. 1 numaralının dışında, bilinmeyen 4 adet yer değişim noktası bulunmaktadır. R₁ olarak

ifade edilen tepki kuvveti de bilinmeyenler arasındadır. Çözümde 5 adet bilinmeyen bulunmaktadır. Bilinen sınır şartı kullanılarak denklemdaki ilk satır $u_1 = 0$ olacak biçimde yeniden yazılmaktadır. Sınır şartı $u_1 = 0$ uygulanmasıyla, denklemdaki bilinmeyen tepki kuvvetini ortadan kaldırmakta ve sadece 4 adet yer değişim noktasının bilinmeyen olduğu denklem sistemi oluşmasını sağlamaktadır. Sınır şartlarının uygulanmasıyla matris denklem 4.15 elde edilir:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -k_1 & k_1 + k_2 & -k_2 & 0 & 0 \\ 0 & -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 & 0 \\ 0 & 0 & -k_3 & k_3 + k_4 & -k_4 \\ 0 & 0 & 0 & -k_4 & k_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ P \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

$$[K] \cdot \{u\} = \{F\} \quad (4.16)$$

$$\{Rijit\ Matris\} * \{Yer\ de\ g\ i\ s\ t\ i\ r\ m\ e\ Matrisi\} = \{Yük\ Matrisi\} \quad (4.17)$$

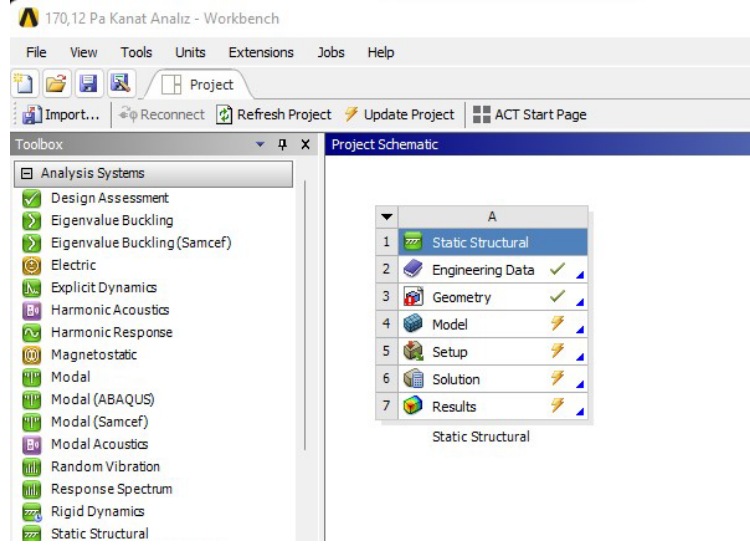
Düğüm noktasındaki yer değiştirmeler matrisin çözümüyle elde edilmektedir. Düğüm noktaları çözüldükten sonra denklem 4.13 deki tepki kuvvetinin çözümü sağlanmaktadır. Sonlu elemanlar metodunun ana çözüm mantığı bu şekilde olup, buradaki örnek tek boyutlu eleman örneğidir. Bu yöntem 2 ve 3 boyutlu elemanlarda da uygulanmaktadır [29].

4.3. Ansys Static Structural İşlem Basamakları

Bu bölümde araç modeli üzerinde ANSYS Static Structural yazılımının işlem basamaklarının anlatımı yapılmıştır.

4.3.1. Ansys workbench arayüzü

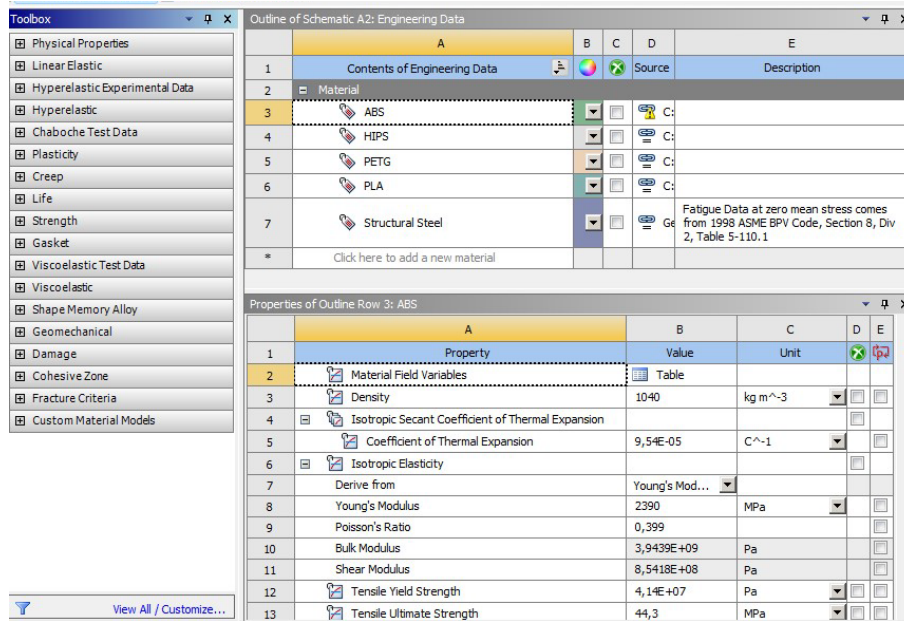
Şekil 4.4 de gösterildiği gibi Ansys Workbench yazılımı çalıştırılarak programın arayüzünden Static Structural analiz sistemi seçilir.



Şekil 4.4. Ansys Workbench arayüzü Static Structural analizi.

4.3.2. Malzemelerin Ansys'te tanımlanması

Şekil 4.4'teki görüldüğü üzere malzemelerin analize tanımlanması Ansys Workbench arayüzünde açılan Static Structural modülünden "Engineering Data" bölümüne girilerek tanımlanmaktadır. Şekil 4.5 de açılan Engineering Data bölümünün sol kısmındaki "Toolbox" panelinden malzemelerin analiz için gereken mekanik özellikleri analize tanımlanır.



Şekil 4.5. Engineering Data panelinde malzemelerin analize tanımlanması.

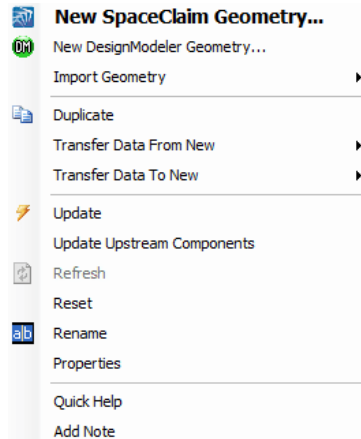
Burada sisteme Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS), Polylactic Acid (PLA), Polietilen Tereftalat Glikol (PETG) ve High Impact Polystyrene (HIPS) malzemelerinin analiz için gerekli mekanik özellikleri tanımlanmıştır. Malzemelerin mekanik özellikleri Tablo 4.1. de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. ABS, PLA, PETG ve HIPS malzemelerinin özellikleri [33-34].

Özellikler/Malzemeler	PLA	ABS	PETG	HIPS
Young's Modülü (MPa)	3450	2390	2950	1930,5
Poisson Oranı	0,39	0,399	0,33	0,41
Akma Mukavemeti (MPa)	54,1	41,4	53	19,3
Teget Çarpanı	0,1	0,1	0,1	0,1
Kesme Modülü (MPa)	1241	854,1	1109	684,59
Esneklik Modülü (MPa)	5227,3	3943,9	2892,2	3575,1
Yoğunluk (kg/m ³)	1250	1040	1375	1041

4.3.3. Modelin Ansys'e aktarılması

Kanat modeli ANSYS Spaceclaim modülünde tasarlanabileceği gibi diğer bilgisayar destekli tasarım programlarıyla da tasarlanıp uygun formatta (STEP, IGES gibi) kaydedilerek, Ansys'e aktarımı sağlanabilir. Şekil 4.6 daki Static Structural modülünde Geometry'ye sağ tıklanarak Import Geometry > Browse sekmesi açılır. Burada analiz uygulanacak model seçilir. Model seçildikten sonra Design Modeler açılarak, üst paneldeki Generate sekmesine tıklayarak modelin analize aktarımı sağlanır.

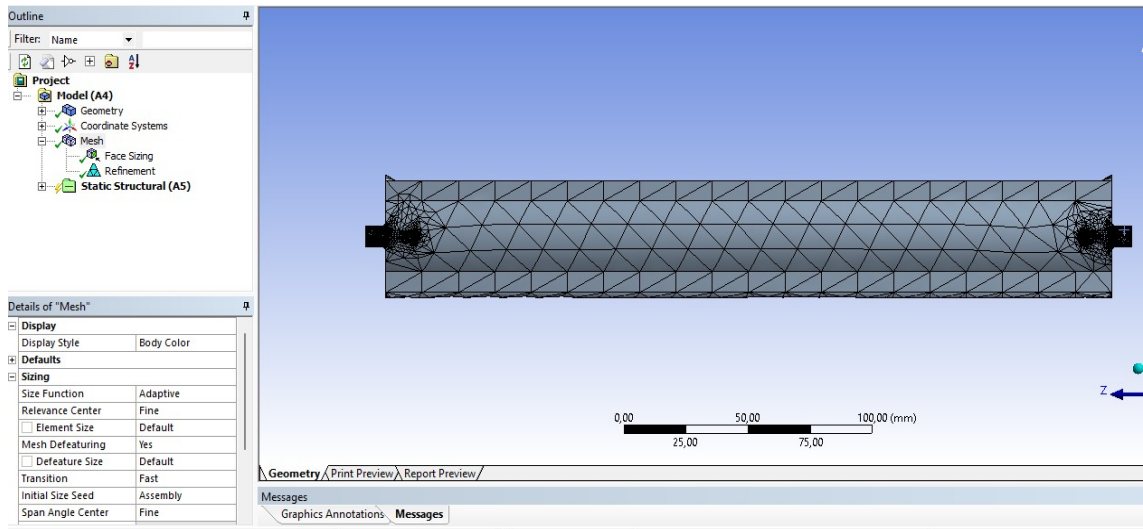


Şekil 4.6. Static Structural modülü Geometri sekmesi.

4.3.4. Kanat modelinin sonlu elemanlara bölünmesi (Meshleme)

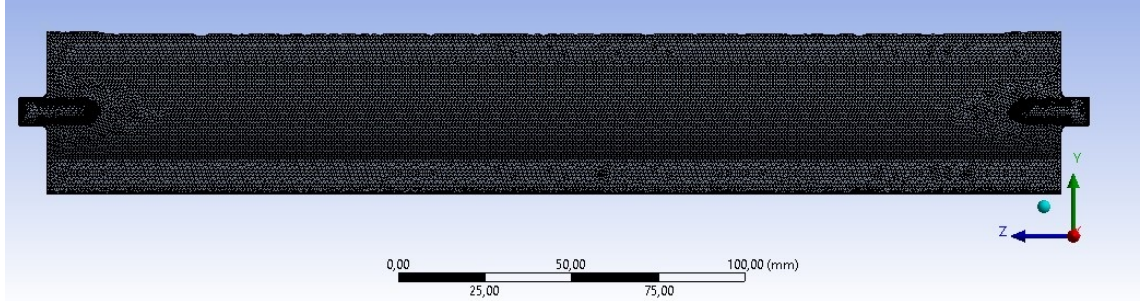
Mesh (Ağ) işlemi, model hacminin sonlu elemanlara bölünmesi işlemidir. Meshleme işlemi manuel olarak yapılabileceği gibi program yardımıyla otomatik olarak yapılabilmektedir. Modeli daha küçük elemanlara bölerek diferansiyel denklemlerin çözümlerini kolaylaştırmaktır. Meshleme işlemindeki sonuçların doğruluğu kullanılan elemanların modele uygunluğuna, tipine ve sayısına göre değişmektedir. Modele uygulanan mesh sıklığına göre bilgisayar performansına bağlı olarak analiz süresini etkilemektedir.

Ansys Static Structural modülünden Model paneli açılır. Şekil 4.7 de görüldüğü üzere ekranın sol alt bölümünde açılan mesh ayarlarından “Details of Mesh” bölümünden “Relevance Center” sekmesi “Fine” olarak, “Relevance” sekmesi 80 olarak tanımlanır; “Quality” bölümünden “Smoothing” sekmesi “High” olarak tanımlamaları yapılarak, mesh kalitesi düzenlenir. Bağlantı bölgelerinde daha hassas sonuç elde etmek için rafine işlemiyle sık mesh oluşturulacaktır. Mesh’e sağ tıklayarak Insert sekmesinde bulunan “Sizing” komutuyla da tasarlanan modeldeki yüzey geometri elemanlarının boyutsal ölçüsü tanımlanmıştır. Mesh’e sağ tıklayarak Insert sekmesinden “Refinement” seçilerek, ekranın sol bölümünde açılan ayarlardan “Scoping method” penceresi “Geometry Selection” olarak seçilip sonrasında yan bağlantı bölgeleri tanımlanarak, Refinement işlemi gerçekleştirilir. Bu bölgelerde ağdaki eleman sayısının yoğunluğunda artış sağlanmıştır. Üst panelden Generate Mesh işlemi yapılarak modelin mesh işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 4.7. Ansys Mechanical Mesh paneli ayarları.

Şekil 4.8 de görüldüğü üzere yapılan ağ (mesh) çözüm işleminde toplam eleman sayısı 403,657 olup, toplam düğüm nokta (nodes) istatistiği 645,719 olarak çözüm sağlanmıştır.



Şekil 4.8. Kanat modelinin ağ (mesh) görüntüsü.

4.3.4.1. Ağ (Mesh) kalitesi

Mesh işlemindeki eleman kalitesi sonuçların doğruluğu açısından oldukça önemlidir. Bu ağda bulunan eleman kalitesi 0 ile 1 değer aralığında değişmektedir. Eleman kalitesi 1 değerine yaklaştıkça iyileşmekte olup 0 değerine yaklaştıkça kalite zayıflamaktadır. Aşağıda 2 ve 3 boyutlu elemanların kalitesini hesaplamada kullanılan denklemler ve denklemlerdeki C sabit değerleri Tablo 4.2 de gösterilmiştir [29].

Kullandığımız eleman 2 boyutluysa (Üçgen veya dörtgen):

$$Eleman\ Kalitesi = C \left(\frac{Alan}{\sum(Kenar\ Uzunluğu)^2} \right) \quad (4.18)$$

Kullandığımız eleman 3 boyutluysa (Dört yüzlü veya Altı yüzlü):

$$Eleman\ Kalitesi = C \left(\frac{Hacim}{\sqrt{[\sum(Kenar\ Uzunluğu)^2]^3}} \right) \quad (4.19)$$

Tablo 4.2. Eleman tiplerine istinaden C sabit değerleri [29].

Eleman Tipi	C Sabit Değeri
Üçgen	6,92820323
Dörtgen	4,0
Dörtyüzlü	124,707658
Altıyüzlü	41,56921938

Şekil 4.9 da incelendiği üzere ortalama eleman kalitesinin 0,734 olduğu ve standard sapmanın 0,14 olduğu çözüm sonucunda tespit edilmiştir. Çözüm ağındaki eleman kalitesi incelendiğinde ağıdaki maksimum değerin 1 olduğu, minimum değerin ise 0,058 olduğu görülmektedir. Çözüm ağındaki ortalama eleman çarpıklık “Skewness” değerinin 0.4 olduğu ve çarpıklık değerinin 0.25 – 0.5 değerleri arasında olması “iyi” kategorisinde olduğunu göstermektedir.

Details of "Mesh"	
Smoothing	High
Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	5,7698e-002
<input type="checkbox"/> Max	1,
<input type="checkbox"/> Average	0,73427
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,13775

Şekil 4.9. Model ağının (mesh) eleman kalitesi ve istatistikleri.

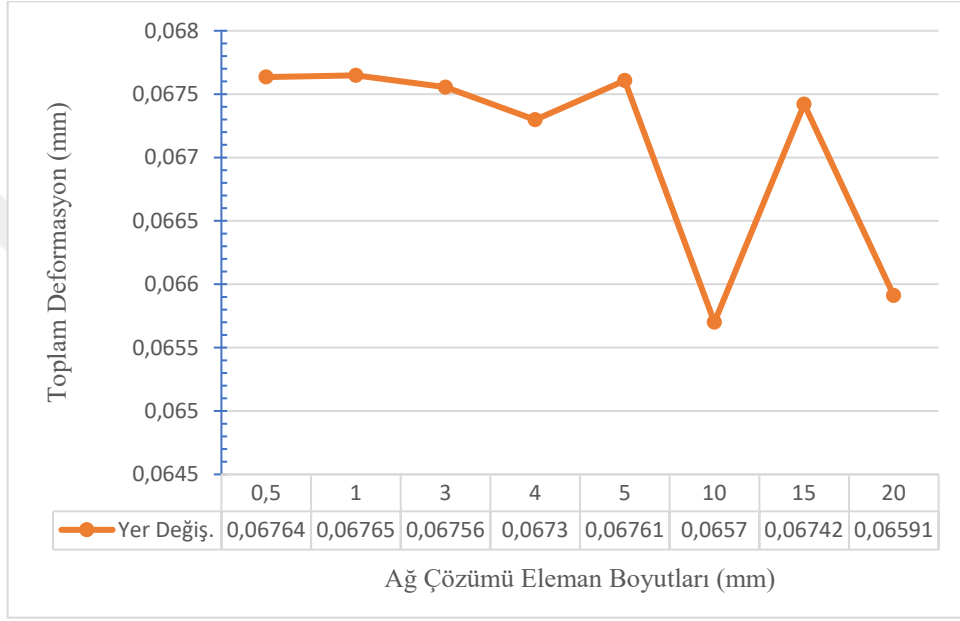
4.3.4.2. Toplam deformasyon sonuçlarının yakınsaması

Analizlerdeki ağ çözümünün kalitesi diğer bir yöntem olan yakınsama yaklaşımıyla kontrol edilmiştir. Aktif ızgara sistemindeki kanadın static analizlerinin ağ çözümlerinde farklı boyutlardaki elemanlar kullanılarak çözümlenmiştir. Kanadın toplam deformasyon (Total Deformation) analizinde toplam 8 farklı ağ çözümüyle analiz yapılmış ve deformasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Yakınsama yaklaşımındaki 8 farklı ağ çözümünde eleman ve düğüm istatistikleri Tablo 4.3 de listelenmiştir.

Tablo 4.3. Yakınsama yaklaşımındaki ağ çözümlerinde eleman ve düğüm istatistikleri.

Ağ Çözümü	Eleman Sayısı	Düğüm Sayısı
Ağ Çözümü 0,5	1.582.596	980.031
Ağ Çözümü 1	645.719	403.657
Ağ Çözümü 3	536.610	336.221
Ağ Çözümü 4	499.014	310.453
Ağ Çözümü 5	495.409	306.075
Ağ Çözümü 10	475.487	293.849
Ağ Çözümü 15	84.138	55.048
Ağ Çözümü 20	82.730	54.067

Şekil 4.10'daki grafik incelendiğinde, aktif ızgara sisteminde bulunan kanadın statik analizlerdeki 8 farklı ağ çözümünün sonuçları grafikte gösterilmiştir. Grafikte “Ağ Çözümü 5” noktasına kadar olan ağ çözümleri yakınsama değerinden uzak olup dalgalı bir grafik çizmektedir. Grafik incelendiğinde “Ağ Çözümü 3” itibariyle yakınsama sağlandığı görülmektedir. Bilgisayar performansı ve zaman açısından analizler “Ağ Çözümü 1” ağ çözümüyle yapılmıştır.



Şekil 4.10. Farklı ağ çözümlerindeki toplam deformasyon sonuç grafiği.

4.3.5. Sınır şartlarının ve yüklerin tanımlanması

Aktif ızgara sistemi aracın ön tamponuna entegre halde konumlanacağından dolayı sistemin kanatçıklarına doğrudan rüzgâr yükü etki edecektir. Bu etkiyen rüzgâr yükünün hesaplanabilmesinde basınç denklemi kullanılmıştır. Dinamik basınç, hareket halindeki bir akışkan için enerjinin korunumuyla elde edilebilen Bernoulli denkleminin terimlerinden birisi olarak tanımlanmaktadır. Sistemin kanatçıklarına etkiyen basıncın yönü akışkan hareketinin yönüyle aynı ve akış hızı arttıkça basınçta artmaktadır. Akışkanın birim hacmindeki kinetik enerjisi dinamik basınç olarak adlandırılır ve formülü aşağıda ifade edilmiştir.

$$P_d = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (4.20)$$

$P_d = \text{Dinamik Basınç (N/m}^2\text{)}$

$\rho = \text{Yoğunluk (kg/m}^3\text{)}$

$V = \text{Araç hızı (m/s)}$

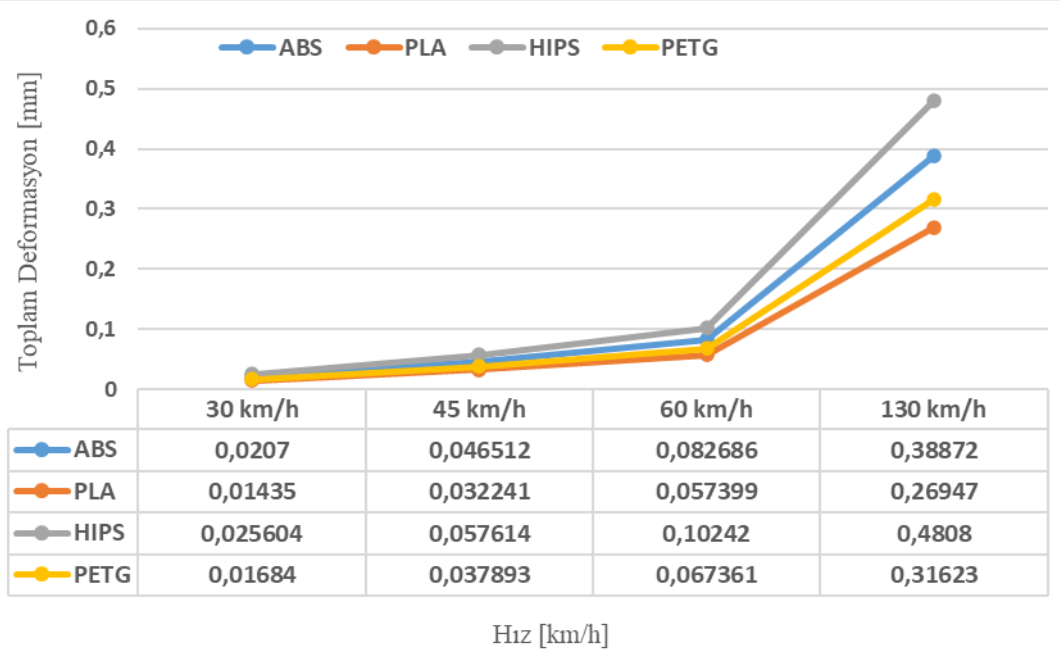
Aktif ızgara sistem kanadına aracın hızından dolayı rüzgâr yükü etki etmiştir. Rüzgâr yükünün hesabında Formül 4.20'deki dinamik basınç formülü uygulanmıştır. Basınç yönü akışkanın hareket yönüdür ve akışkanın hızı arttıkça artmıştır. Statik analizde kanat üzerine 30 km/h (42,53 Pa), 45 km/h (95,7 Pa), 60 km/h (170,12 Pa) ve 130 km/h (798,65 Pa) uygulanmıştır. Burada kanat üzerine uygulanan hızlar, aracın şehir içi ve otoyollardaki yasal hız limitleri değerlendirilerek uygulanmıştır. Kanadın yan yüzeylerinde bulunan silindirik yapıdaki ana dış çerçeveye bağlantı sağlayan bölgeler ise Ansys Mechanical'in sol penceresinde bulunan proje ağacından "Static Structural"a sağ tıklayarak "insert" sekmesinden "Cylindrical Support" seçilerek, kanadın destek bağlantı noktaları analize tanımlanır.

4.3.6. Çözümlerin tanımlanması

Statik analizde gereken analizler Ansys Mechanical'in sol penceresinde bulunan proje ağacından "Solution"a sağ tıklayarak "insert" sekmesinden "Total Deformation", "Maximum Principal Stress", "Equivalent Stress" ve "Safety Factor" seçilerek analize tanımlanır. Gerekli tanımlamalardan sonra kontrol edilerek analiz çözdürülür.

4.3.7. Analiz sonuçlarının incelenmesi

Tasarımı yapılmış olan AGS kanatlarının baskı öncesi uygun malzemeler ile Ansys Workbench yazılımı kullanılarak Statik Structural modülünden analizler yapılmıştır. Analiz sonucunda ABS, PLA, HIPS ve PETG malzemelerinin Şekil 4.11 de görüldüğü gibi farklı hızlardaki Total Deformation (Toplam Deformasyon) sonuçları grafiksel olarak gösterilmiştir.



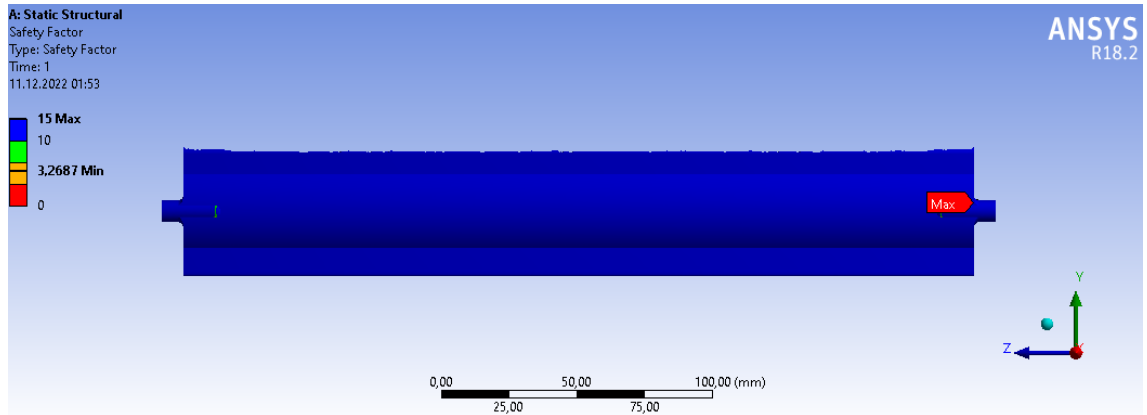
Şekil 4.11. ABS, PLA, HIPS ve PETG malzemelerinin hız - toplam deformasyon grafiği.

Aracın tamponunda bulunan kanatlar havanın uyguladığı kuvvete dayanıklı ve iyi ısıl özelliklere sahip olmalıdır. Grafikte görüldüğü gibi analiz sonucunda Polilaktik Asit (PLA) malzemesinin Toplam Deformasyon (mm) oranı minimum olarak, Yüksek Darbeli Polistiren Levha (HIPS) malzemesinin oranı ise maksimum olduğu görülmektedir. PLA malzemesinin analiz sonuçlarında deformasyon oranı minimum olarak çözümlenmiştir fakat yetersiz mekanik termal özellikleri nedeniyle baskı aşamasında tercih edilmemiştir. Tablo 4.4 de gösterilen analiz sonuçlarına (130 km/h) göre PLA malzemeli kanat en yüksek güvenlik faktörüne sahip olurken, HIPS malzemeli kanat en zayıf güvenlik faktörüne sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.4. Analiz sonucunda (130 km/h) kanat malzemelerinin güvenlik faktörleri

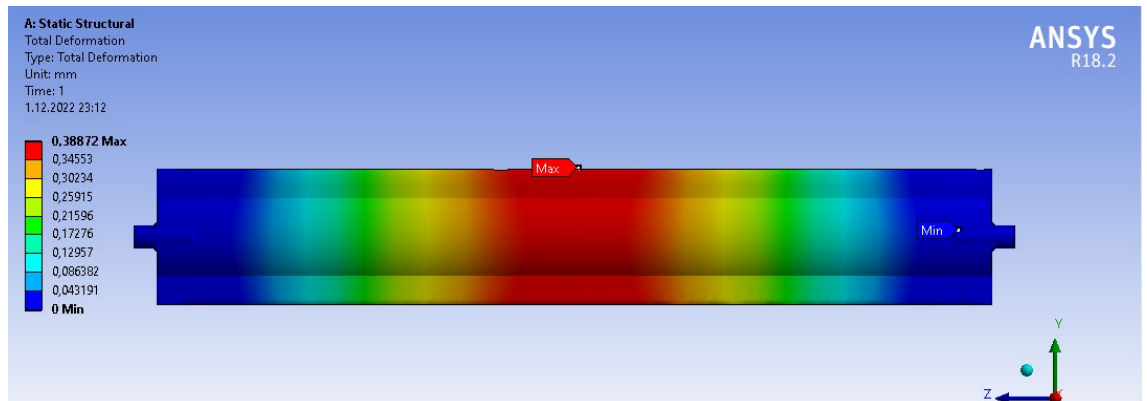
Malzeme	Güvenlik Faktörü
ABS	3,26
PLA	5,79
PETG	5,37
HIPS	2,11

PETG ve ABS malzemelerinin deformasyon miktarları incelendiğinde test koşullarını karşıladığı tespit edilmiştir. Baskı aşaması sürecinde PETG ve ABS malzemesinin uygunluğu onaylanmıştır fakat ABS filamentinin bulunması dolayısıyla baskı işleminde ABS malzemesi tercih edilmiştir. Şekil 4.12'te görüldüğü gibi ABS kanadın güvenlik faktörü test koşullarını karşıladığı (3.26) tespit edilmiştir. ABS malzemeli kanadın mekanik termal özelliklerinin avantajı ön plana çıkmaktadır.



Şekil 4.12. Analiz sonucunda ABS malzemeli kanadın güvenlik faktörü.

Şekil 4.13 de görüldüğü üzere ABS malzemeli kanadın deformasyon bölgeleri görülmektedir. Deformasyon oranı kanadın orta bölgesinde en yüksek olduğu, kenar bölgelerde ise minimum seviyede olduğu tespit edilmiştir.



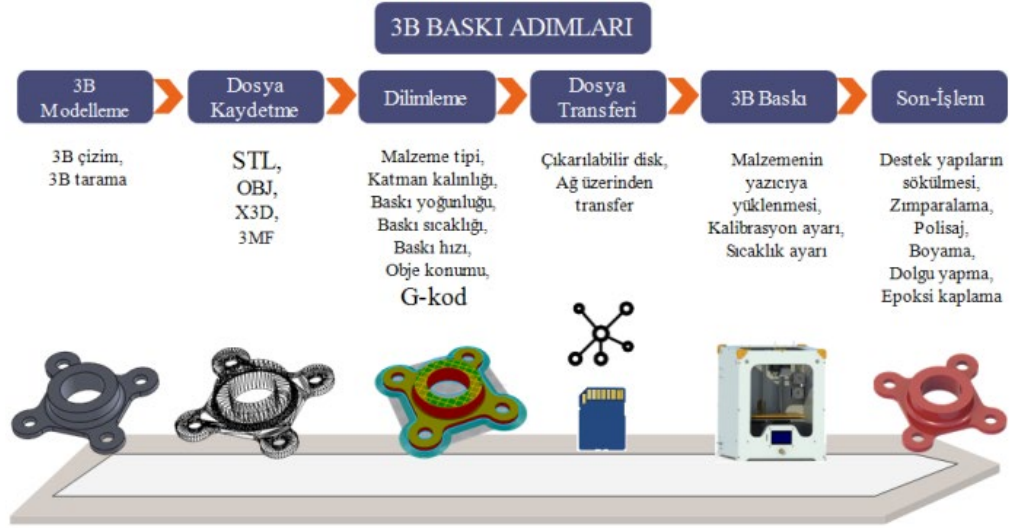
Şekil 4.13. Analiz sonucunda ABS malzemeli kanadın toplam deformasyon miktarı.

5. 3 BOYUTLU BASKI SÜRECİ VE MONTAJ AŞAMALARI

Aktif ızgara sisteminin tasarım ve analiz süreçlerinden sonra ilk olarak sistemin 3 boyutlu baskı süreçleri anlatılmıştır. İkinci aşamada ise üretilen sistem parçalarının test aracına montajlama sürecinden bahsedilmiştir.

5.1. 3 Boyutlu Yazıcı Teknolojisi

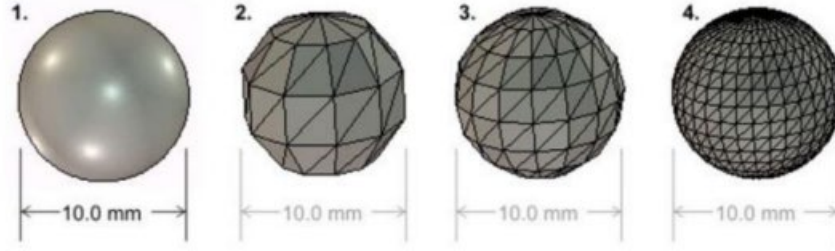
3D yazıcı teknolojisi, bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımlarıyla tasarlanan 3 boyutlu modellerin plastik, organik malzemeler, metal ve kompozit kullanılarak katmanların birbiri üzerine eklenmesiyle oluşturulan eklemeli imalat yöntemidir. Genellikle katmanlı imalat (Additive Manufacturing) olarak bilinen bu teknoloji kullanılan diğer metodlarla karşılaştırıldığında malzemenin israf miktarı bakımından daha ön plana çıkmaktadır. 3D katmanlı imalat, tasarlanan prototipi mümkün olduğunca hızlı üretebilmek için endüstride kullanılan hızlı prototipleme yöntemidir. Geliştirilen ilk yöntem 3B Systems şirketinin 1980 yıllarında çalışmaları sonucu Stereolitografi teknolojisini kullanarak piyasaya çıkmıştır. 3D baskı işleminde izlenen aşamalar Şekil 5.1 de gösterilmiştir [32].



Şekil 5.1. 3D baskı aşamaları [32].

Tasarlanan CAD modeli Şekil 5.2'deki görselde ilk olarak Stereolithography (*stl) uzantısına dönüştürülerek, modelin yüzeylerini üçgensel olarak tanımlanır. Bu üçgenler modelin düz yüzeylerinde büyük iken modelin eğimli yüzeylerinde daha küçük olarak

tanımlanır. Dönüştürülen stl dosyası daha sonra 3B dilimleme programına aktarılır ve modelin dilimleme işlemiyle kesit alanlarına ayrılarak G kodu oluşturulur. Dilimleme programı modelin katman kalınlığını, baskı hızını, doldurma oranını, sıcaklığını, kullanılan malzemeyi ve modelin baskı tablası üzerindeki konum ayarlarına bağlı olarak G kodunu oluşturmaktadır.



Şekil 5.2. STL uzantısındaki üçgensel yüzeyler [33].

Katmanlı imalat teknolojileri de kendi içerisinde işlenen malzemeye ve sistemin çalışma prensibine göre ayrılmaktadır, geliştirilen bu yöntemler şunlardır;

- Fused Deposition Modelling (FDM)
- Selective Laser Melting (SLM)
- Stereo Lithography (SLA)
- Selective Laser Sintering (SLS)
- Ink Jet Printing (IJP)
- Laser Cladding Process (LCP)
- 3D Printing (3DP)
- Laminated Object Manufacturing (LOM)
- Laser Chemical Vapour Deposition (LCVD).

Dilimleme programından alınan G kodları, baskı işlemi için yazıcıya aktarılır fakat baskı öncesinde 3D yazıcı için bazı kritik öneme sahip noktaların kontrol edilmesi gerekmektedir. Yazıcının kalibrasyon ayarlamaları ve baskı malzemesi yüklenerek işlem başlatılır.

Baskı sonrasında model tabladan alınarak yazıcı teknolojisine bağlı olarak farklı işlemler uygulanabilmektedir. Bazı parçalar direkt kullanıma hazır olurken, bazı metal baskıların gerilme giderme tavlama işlemine ihtiyaç olabilmektedir. Bazı parçalara ise

baskı sonrasında yüzey özelliklerini iyileştirmek için temizleme, boyama, parlatma, polisaj, yüzey buharlaştırma ve renklendirme gibi işlemler yapılabilmektedir.

Son zamanlarda, 3D eklemeli imalat yöntemleriyle yeni ürün tasarım metotları günden güne değişmeye başlamıştır. Bu çalışmadaki modelin baskı işleminde Fused Deposition Modelling (FDM) teknolojisi kullanılmıştır. FDM teknolojisi baskı işlemlerinde geniş termoplastik malzeme (genellikle ABS, PLA ve karbon fiber filament) yelpazesıyla, model gereksinimlerine uygun olarak farklı malzemeler sunmaktadır. Baskı işlemlerinde en çok kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri ile ilgili karşılaştırma tablosu Tablo 5.1’de sunulmuştur.

Tablo 5.1. Baskı malzemelerinin mekanik özellikleri [http-4].

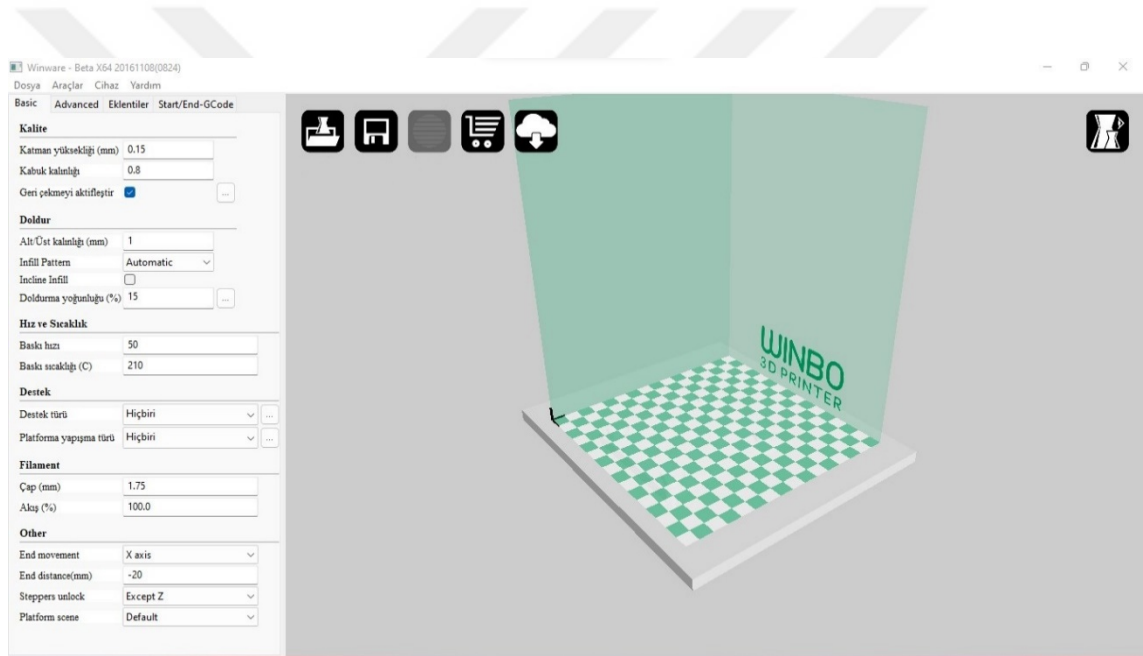
	ABS	Esnek TPU	PLA	HIPS	PETG
Kopma Noktası	40 MPa	26-43 MPa	65 MPa	32 MPa	53 MPa
Sertlik	5 / 10	1 / 10	7.5 / 10	10 / 10	5 / 10
Dayanıklılık	8 / 10	9 / 10	4 / 10	7 / 10	8 / 10
Maksimum çalışma sıcaklığı	98 °C	60-74 °C	52 °C	100 °C	70 °C
Isıl genleşme katsayısı	90 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	157 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	68 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	80 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$	60 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$
Yoğunluk	1.04 gr/cm ³	1.19-1.23 gr/cm ³	1.24 gr/cm ³	1.03 gr/cm ³	1.23 gr/cm ³
Fiyat (\$/kg)	10-40	30-70	10-40	24-32	20-60
Esneklik	-	✓	-	-	-
Darbe dayanımı	✓	-	-	✓	-
Isı direnci	✓	-	-	✓	-
Yorulma direnci	-	✓	-	-	✓

5.2. Sistemin Baskı Aşamaları

Tasarımı yapılmış olan AGS kanatlarının baskı öncesi uygun malzeme seçimi için Ansys Workbench yazılımı kullanılarak Statik Structural modülünden analizler yapılmıştır. ANSYS analizler sonucunda AGS sisteminin uygun malzemesi belirlenerek (ABS malzemesi) 3D yazıcı ile parçaların baskı aşamasına geçilmiştir.

3 boyutlu (3D) yazıcı teknolojisi, bilgisayar ortamında tasarlanan 3 boyutlu modellerin termo plastik malzemeleri kullanarak katmanlı imalat (Additive

Manufacturing) üretim metoduyla katı nesnelere oluşturan cihazlardır. Aktif ızgara sisteminin parçaları ilk olarak bilgisayar destekli grafik tasarım (CAD) programı olan Solidworks ile tasarlanarak en yaygın baskı formatı olan stereolithografi (.stl) formatına dönüştürülerek kaydedilir. Aktif ızgara sisteminin üç boyutlu baskı sürecinde Winbo marka Super Helper 155L cihazı kullanılmıştır. Şekil 5.3 de görüldüğü üzere Winbo markasının Winware yazılımı kullanılarak baskı işlemleri kontrol edilmiştir. Winware yazılımının arayüzü oldukça basit olmakla birlikte, baskı işlemi için hafıza kartı (SD) ya da bilgisayar kablo bağlantısı ile cihazdan baskı almak mümkündür. Baskı işleminde, Winware yazılımının üst kısımda bulunan dosya simgesine tıklayarak baskı için gereken .stl dosyası programa aktarılır.



Şekil 5.3. Winware yazılımı arayüzü.

Şekil 5.4'teki arayüze aktarılan model üzerinde gereken ayarlamaları yapmak için (döndürme, ölçeklendirme, slime, platformda merkezleme vs.) model ile birlikte ekranın sağ üst kısmında çıkan simgeler kullanılarak gerekli ayarlamalar yapılır. Ekranın sol yan bölümünde bulunan panelden yazıcıya 3 boyutlu baskı işlemi için gereken (katman yükseklik, baskı hızı, baskı sıcaklığı, destek türü, doldurma yoğunluğu, vs.) değerler girilir. Girilen değerlere göre baskı süresi ve kullanılan filament miktarı program tarafından hesaplanarak arayüzde gösterilmektedir. Programa baskı için gerekli değerler girildikten sonra üst kısımda bulunan üçüncü simge olan dilimleme simgesine tıklanarak

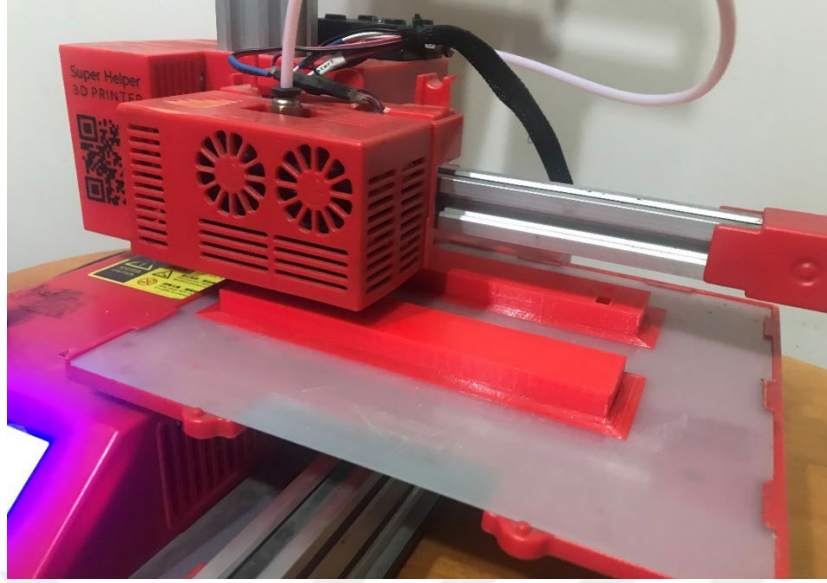
modelin G kodu oluşturulur. G kodu modelin baskısı için yazıcıya nasıl bir yol izleyeceği, hareket hızı gibi kodları tanımlamaktadır.

G kodu (Geometrik kod) hazırlanan modelin SD kart aracılığıyla baskı işlemi yapılabileceği gibi USB aracılığıyla yazıcının bilgisayara bağlantısı ile de baskı işlemi yapılabilmektedir. Bilgisayardan baskı işlemini yapmak için “Dosya” → “Yazdır” menüsü takip edilerek, kod yazıcıya aktarılır ve yazıcının otomatik olarak başlangıç konumuna hareketi sağlanırken aynı zamanda yazıcının uç kısmındaki “nozzle” adıyla isimlendirilen bölgenin belirlenen eritme sıcaklığına ulaşması sağlanır. Nozzle yeterli baskı sıcaklığına ulaşmasıyla filamenti eriterek g koduna göre baskı işlemini gerçekleştirir.



Şekil 5.4. Winware yazılım arayüzünde baskı parametreleri ve modelin görünüşü.

Şekil 5.5 ve Şekil 5.6 da bu aşamada Winbo Super Helper 155L model 3D yazıcısı kullanılarak parçaların %50 doluluk oranıyla baskıları yapılmıştır.



Şekil 5.5. 3D baskı işlemi.

AGS sisteminin baskı işleminde ABS filament kullanılarak 33 ana parçanın baskısı yapılmıştır.

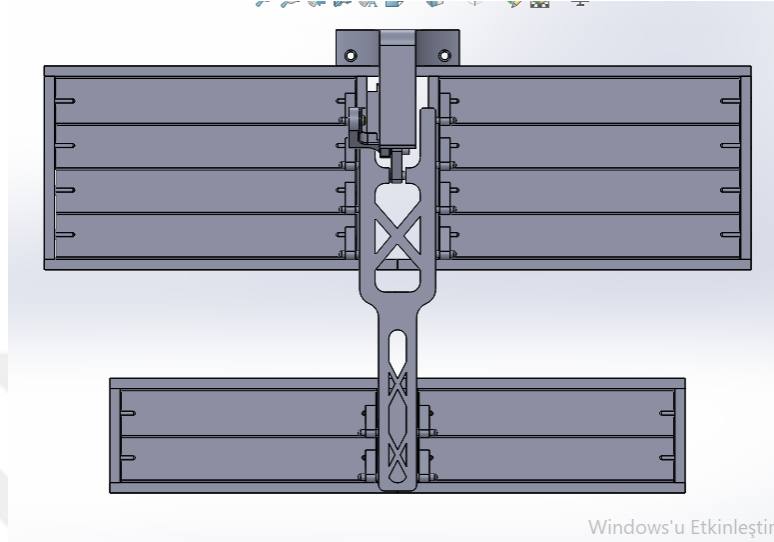


Şekil 5.6. 3D baskı doluluğu.

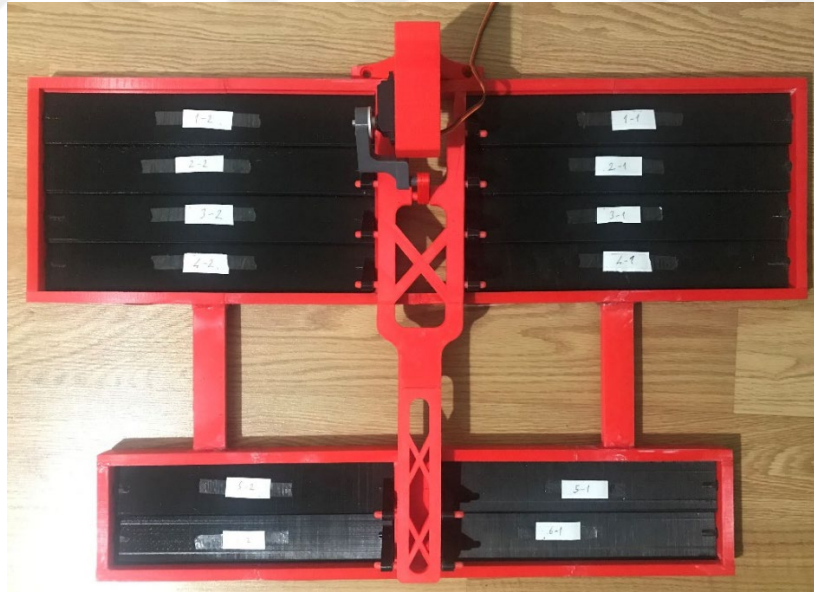
5.3. Aktif Izgara Sisteminin Montaj Aşaması

Aktif ızgara sistemi, Winbo Super Helper 155L model 3D yazıcısı kullanılarak 33 parçadan baskı işlemleri yapılmıştır. Baskı sonrası parçalar birleştirme noktalarından

birleştirilerek sistemin çalışır hale gelmesi sağlanmıştır. Şekil 5.7'deki görselde aktif ızgara sisteminin bilgisayar destekli tasarım programlarından SolidWorks ile tasarım hali görülmektedir. Şekil 5.8 de ise aktif ızgara sisteminin 3 boyutlu baskı işlemi sonucundan son hali gözükmektedir.



Şekil 5.7. Aktif ızgara sisteminin solidworks programında tasarım hali.



Şekil 5.8. Aktif ızgara sisteminin baskı sonrası montaj hali.

Şekil 5.9 da aktif ızgara sisteminin st kısmında bulunan, motorun bulunduğu motor destek parçası, servo motorun ölçülerinde tasarlanarak motorun yuvaya tam oturması

sağlanmıştır. Motorun yuvadan çıkma ihtimaline karşı yan kısımlardan vidalar ile tutturup sabitlenmiştir.



Şekil 5.9. Motor destek parçası ve motor bağlantısı.

Sistem parçaların baskı süreci sonrası, montajlama işlemi yapılarak kanat hareketlerinin rahat hareket edip etmediği kontrol edilmiştir. Şekil 5.10 da aktif ızgara sisteminin test aracı tamponuna montaj işlemi öncesinde tampon görseli gösterilmiştir. Şekil 5.11 de ise aktif ızgara sisteminin test aracı tamponuna montaj işlemi sonrası tampon görseli gösterilmiştir.

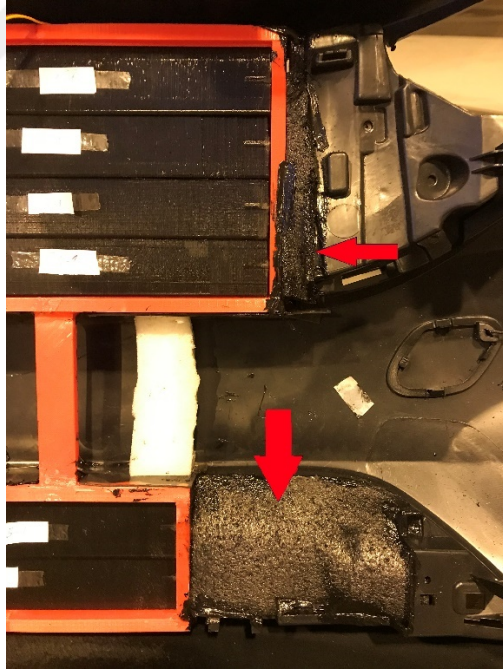


Şekil 5.10. Test aracı tamponunun montaj işlemi öncesinde hali.



Şekil 5.11. Aktif ızgara sisteminin test aracı tamponuna montajlanması.

Aktif ızgara sisteminin test aracı olan Fiat marka Egea model araç tamponuna montaj işleminin yapılmasıyla tampon ile sistem arasında bazı boşluklar oluşmuştur. Bu boşluklar Şekil 5.12 da gösterilen köpükler yardımıyla tamamen kapatılmıştır.



Şekil 5.12. Sistem ile tampon arasındaki boşlukların kapatılması.

6. AKTİF IZGARA SİSTEMİNİN KONTROL ÜNİTESİ

Bu bölümde aktif ızgara sisteminin kontrolü için Servo Motor, Arduino Uno, Potansiyometre, 16 x 2 Mavi LCD Ekran Modülü, Voltaj Düşürücü Devre, SD Kart Modülü, Arayüz bağlantı ekipmanı ve yazılım anlatılmıştır.

6.1. Servo Motor

Servo motor robotik uygulamaları, en fazla kullanılan kontrol elemanlardan bir tanesidir. Piyasada birçok model marka ve çeşitte bulunmaktadır. Arduino ile kullanılan servo motorlar genelde 0 ile 180 derece arasında hareket edebilen elemanlardır. Servo motorların dişli sistemine ve kalitesine göre değişmektedir. Hareket ettirebileceği ağırlık özelliklerine göre seçilir. 10 kgf.cm özellikte olan bir servo motorda anlatılmak istenen 10 kg'lık yükü, mil ekseninden 1 cm ileride tutabileceği maksimum değeri ifade etmektedir. Bu duruma kavrama torku da denir [34].

Servo motorlarda Şekil 6.1 de gösterildiği olduğu gibi genelde 3 kablo bulunmaktadır. Kabloların ikisi güç kaynağı (5V ve GND hattı) için olup diğer kablo ise arduino tarafından PWM (Sinyal Genişlik Modülasyonu) sinyalleri uygulanarak servo motorun hangi açılarda duracağı iletilir. Servo motorlar maliyetine göre plastik dişliler ve metal dişliler olarak ikiye ayrılmıştır. Arduino IDE yazılımının kendi servo.h kütüphanesinden faydalanarak yazılımlar yapılmıştır. Birden çok servo motor kullanımında sistemin düzgün çalışması için ayrı bir güç kaynağı servo motorlara bağlanması daha verimli olacağı dikkate alınmıştır. Güç kaynağı olarak aracın aküsü kullanılmıştır. Yapılan projede servo motor ile bağlantı gerçekleştirileceği zaman servo motor milinin duruş açısı dikkate alınmıştır. Bağlantı yaparken servo motoru milini olması gereken açığa getirmek ve bağlantıyı yapmak gerekmiştir.



Şekil 6.1. AGS sisteminde kullanılan metal dişli servo motor [http-5].

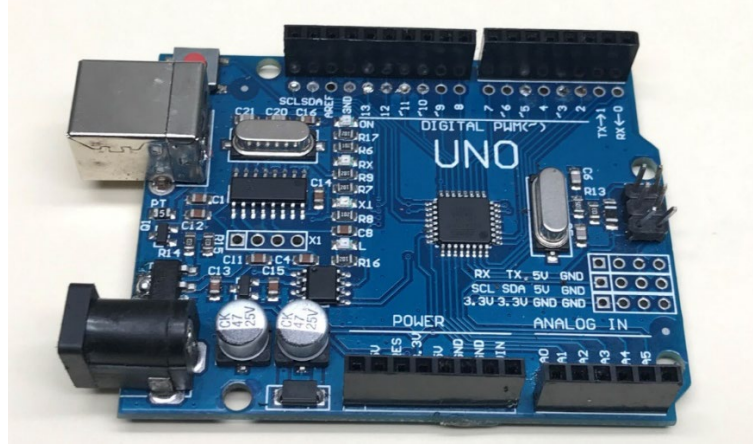
DSS-M15 Yüksek Torklu Servo Motor 180 derece – 15 kg*cm Metal Dişli Yüksek kaliteli, iç dişlilerinin tamamı metal olan 180 derece hareket kapasitesine sahiptir. Piyasada metal dişli olarak satılan servo motorların büyük çoğunluğunun iç dişlileri plastiktir. Bu nedenle ürünler genel olarak beklentileri tork bakımından karşılamamıştır. Bu ürün ise tablo 6.1’de özellikleri görüldüğü üzere tamamen metal dişlilerden oluşmakta ve kullanıcılarına yüksek tork sağlamıştır. Arduino projeleri başta olmak üzere, çeşitli elektronik projeler ve endüstriyel uygulamalarda uygun olduğundan bu servo motor seçilmiştir.

Tablo 6.1. DSS-M15 yüksek torklu servo motorun teknik özellikleri [http-5].

Sıra	Tanımlamalar	Teknik Özellikleri
1	Çalışma Voltajı Aralığı	4.8 – 7.2 volt
2	Çalışma Hızı (Yüksüz, 7.2 volt)	0.16 sn / 60°
3	Çalışma Akımı (7.2 volt)	100 mA
4	Kavrama Torku (7.2 volt)	15 kg*cm
5	Akım (7.2 volt)	2 A
6	Bekleme Modu Akımı	5 mA
7	Dişli Mekanizması	Metal Dişli
8	Açı	180°
9	Boyut	54.5 x 20 x 47.5 cm

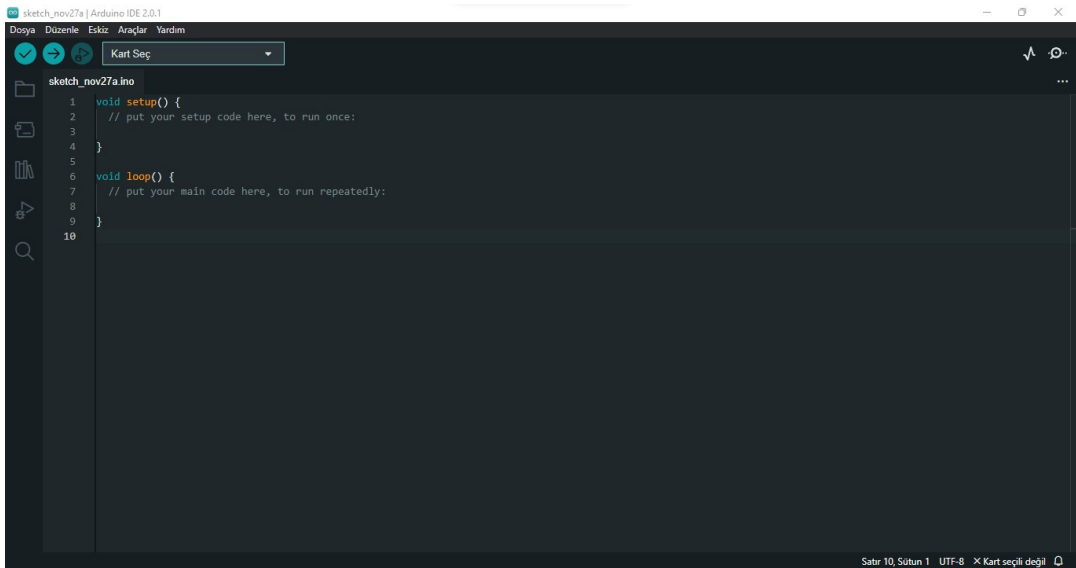
6.2. Arduino Uno

Arduino, dijital cihazlar oluşturmak için tek kartlı mikrodenetleyiciler ve mikro denetleyici kitleri tasarlayan ve üreten açık kaynaklı bir donanım ve yazılım şirketi, proje ve kullanıcı topluluğudur. Donanım ürünleri bir CC-BY-SA lisansı altında lisanslanırken, yazılım GNU Kısıtlı Genel Kamu Lisansı (LGPL) veya GNU Genel Kamu Lisansı (GPL) altında lisanslanmıştır [http-6]. Arduino kartlarının ve yazılım dağıtımının üretimine izin verilmiştir. Arduino kartları ticari olarak resmî web sitesinden veya yetkili distribütörler aracılığıyla edinilebilmektedir.



Şekil 6.2. Arduino Uno cihazı.

Arduino'yu geniş kütüphane desteği sayesinde karmaşık işlemleri kolaylaştırması, hızlı çalıştırıp sonuç alınması, benzerlerine göre fiyatının uygun olması, gereken kütüphanelerin ve yazılımlarının ücretsiz elde edilmesi gibi etmenlerden dolayı tercih edilmiştir. Bu özellikler sayesinde Arduino elektronik ve bilişim dünyasında önemli bir yere sahip olmuştur. Programlama kısmına değinilecek olursa C tabanlı bir dildir. Şekil 6.2'de görülen cihazın üzerinde 14 adet digital pin bulunmakta olup, bu pinlerden 6 adeti PWM çıkışı şeklinde kullanılabilir. Ek olarak Arduino Uno üzerinde 6 analog pini, USB bağlantısı, güç soketi, 16 MHz kristal osilatörü, ICSP başlığı ve resetleme tuşuna sahiptir. Arduino'nun güvenliği için resetlenebilir sigorta sistemi bulunmaktadır.



Şekil 6.3. Arduino IDE yazılımı.

Şekil 6.3'teki Arduino IDE yazılımı yardımıyla Arduino programlanmıştır. Yazılım indirme işlemi tamamlandıktan sonra, program açılıp, Tools > Board menüsünden kullanılan Arduino Uno modelinin seçilmesi gerekmiştir. Arduino Uno'nun dijital pinlerinden herhangi biri üzerinden haberleşmeyi, SoftwareSerial kütüphanesi sağlar. ATmega 328 mikroişlemcisi sonucunda Arduino üzerinde bulunan 0. pin RX (alınan veriler) ve 1. pin TX (iletilecek veri) pinleriyle seri haberleşme yapılmıştır [http-7]. Bilgisayar COM portu ile Arduino Uno mikroişlemcisine program yazılmış ve iletişim sağlanmıştır.

6.3. Potansiyometre

Potansiyometreler, dışarıdan çevrilebilen mil aracılığıyla değeri ayarlanabilen dirençlerdir. Elektronik devredeki akımı sınırlandırmak veya voltajı bölmek için potansiyometreler kullanılmaktadır. Devrede kullanılan potansiyometre üç bacaklı olup, bacaklardan birisi iç yapıda hareketli diğer iki bacak ise iç yapıda sabittir. İç yapıdaki hareketli ayarlanabilen orta uç sayesinde sabit iki bacakta direncin değiştirilmesiyle değişen bir çıkış gerilimi alınabilmektedir. Sistemde kullanılan Arduino Uno cihazındaki analog pin bağlantıları 10 bit çözünürlüğe sahip olduğundan dolayı sistemde okunacak değer 2^{10} olacağından potansiyometre minimum noktası olan 0 değeri ile potansiyometrenin maksimum noktası olan 1023 değeri arasını okuyacaktır. Potansiyometreler genellikle yapısında karbon direnç malzemeleri içermektedir. Potansiyometre uygulamasında buton döndürüldüğünde potansiyometreden gelen bilgiler seri porta yazılmaktadır. Potansiyometredeki değer kadar servo motor dönebilmektedir. Potansiyometre bağlantı modeli Şekil 6.4' de gösterilmiştir. İstenilen durumda potansiyometre ile kanatların açı değerleri manuel olarak kontrol edilebilmektedir.



Şekil 6.4. Potansiyometre bağlantı şeması.

6.4. LCD Ekran Modülü

LCD ekran (Liquid Crystal Display) terimi türkçe manasıyla sıvı kristal görüntü, elektrik akımıyla kutuplanan sıvı kristal moleküllerin ışığın tek yönlü olarak geçmesini sağlayarak, göz ile görebilmek için kutuplanma filtresi yardımıyla sıvı kristalin ışığı yansıtması prensibine dayalı görüntü teknolojisidir. Kullanılan teknolojideki kristal görüntülere ise piksel adı verilirken, piksellerin birleştirilmesiyle ise gerçek görüntü sağlanır. Sıvı kristal ekranlar hem boyutlarıyla hem de enerji sarfiyatlarıyla geçmişte kullanılan tüplü ekranların yerine geçmiştir.



Şekil 6.5. Sistemde kullanılan IIC modülüne sahip LCD ekran.

Sistemde kullanılan Şekil 6.5 de görülen LCD ekran modülü 2 satır 16 sütundan oluşmakta olup, modül üzerinde 16 adet pin bağlantısı bulunmaktadır. LCD ekranın Arduino bağlantısı için fazla kablo ve pin gereksiniminde dolayı IIC (Inter – Integrated Circuit) iletişim arayüz modülü kullanılarak 4 pin ile bağlantı sağlanmaktadır. IIC modülünde bulunan ekran parlaklık ve kontrast ayarlarıyla ek devrelere ihtiyaç duymadan ayarların yapılmasına imkân vermektedir. Modülün çalışma gerilimi 3.3 V – 5 V arasındadır. Izgaradaki açı değişiminin LCD ekranda gözlemlenmesi sağlanmıştır.

6.5. SD Kart Modülü

SD (Secure Digital Memory card) Kart modülü, SPI (Serial Peripheral Interface) Arduionun desteklediği seri haberleşme protokolü aracılığıyla hafıza kartlarına okuma ve yazma işlemleri yapmaya imkân veren modüldür. Hafıza kartlarıyla aktarılan bilgileri saklama, okuma, kayıt altında tutma gibi farklı işlevlerde kullanılmaktadır. Modül üzerinde 3.3 Voltluk voltaj regülatörünü bulundurur. Böylelikle 3.3 Voltluk ve 5 Voltluk

devrelerde sorunsuz kullanılma imkânı sunmaktadır. Şekil 6.6 da görüldüğü üzere modül ile Arduino arasında bağlantı için 6 adet pin bulunmaktadır. İlk pin +5 Volt (VCC) pini olup, Arduniodaki +5 Volt pinine bağlanarak güç sağlanmaktadır. MISO (Master In Slave Out) pini, SD modüldeki SPI çıkışını sağlamakta olup, MOSI pini ise, modüldeki SPI girişini sağlamaktadır. SCLK (Saat sinyali) pini, veri iletimindeki saat sinyalini ifade eder. CS (Chip Select) pini, SPI veri yolunun kontrolünü sağlar. Son olarak GND (Ground) pinlerinin bağlantısı sağlanır. SD kartlar, modüle takılmadan önce Arduino kütüphanelerine uygun olarak FAT16 veya FAT32 formatlarında biçimlendirilmesi gerekmektedir. Kontrol devresinde kullanılan SD kart modülü aracılığıyla anlık ölçüm verilerin SD karta yazılması sağlanmaktadır.



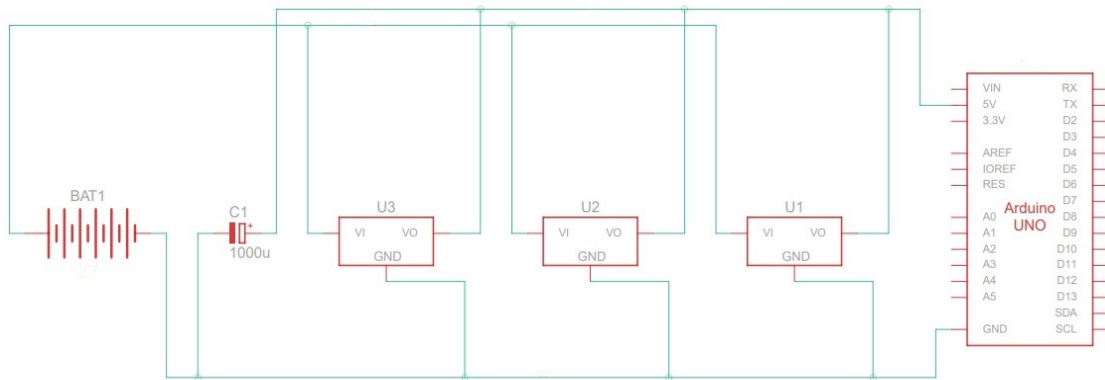
Şekil 6.6. Kontrol sisteminde kullanılan SD Kart Modülü.

6.6. Voltaj Düşürücü Devre

Voltaj regülatörü, elektronik devrelerde güç kaynağının gerilimini gereken seviyelerde tutarak, elektriksel yük gerilimin düzenleyen devre elemanıdır. Regülatörler, kaynakların yüksek gerilimini ya da düşük gerilimini ayarlayarak devre için gereken uygun gerilimi oluşturan devre elemanıdır. Voltaj regülatörü, voltajda meydana gelen dalgalanmaların sonucunda oluşabilecek cihaz arızalarına karşın devre koruması sağlamaktadır. Regülatörler giriş gerilimde minimum 7 Volt, maksimum 35 Volt arasındaki gerilim değerini çıkışta 5 Volt değerine sabitlemektedir. Devrede kullanılan 7805 voltaj regülatörü 3 (Output, Gnd ve Input) bacaklıdır. 7805 regülatörü üzerinde soğutma plakası bulunmaktadır. Regülatör, 1.5 Amper çıkış akımı sağlayabilmektedir. Gerilim ayarlanması esnasındaki enerjinin bir bölümü ısı enerjisine dönüşmektedir. Oluşan ısı enerjisi giriş gerilimiyle çıkış gerilimi arasındaki farkla doğru orantılı olup bu gerilim farkının değişimiyle oluşan ısı enerjisi de değişmektedir. Regülasyon esnasında açığa çıkan ısı enerjisi regülatör üzerindeki soğutma plakasına aktarılır. Mikrodenetleyici

cihazların (Arduino) çalışması için 9 Volt, 12 Volt, 24 Voltluk kaynaklar (bataryalar, akü, pil vs.) voltaj regülatörü kullanılarak uygun voltaj değerine ayarlanabilmektedir. Elektronik devrede kullanılan 7805 voltaj regülatörü, devre elemanlarının çalışması için gereken voltajın 12 Volttan 5 Volta ayarlanmasında kullanılmıştır.

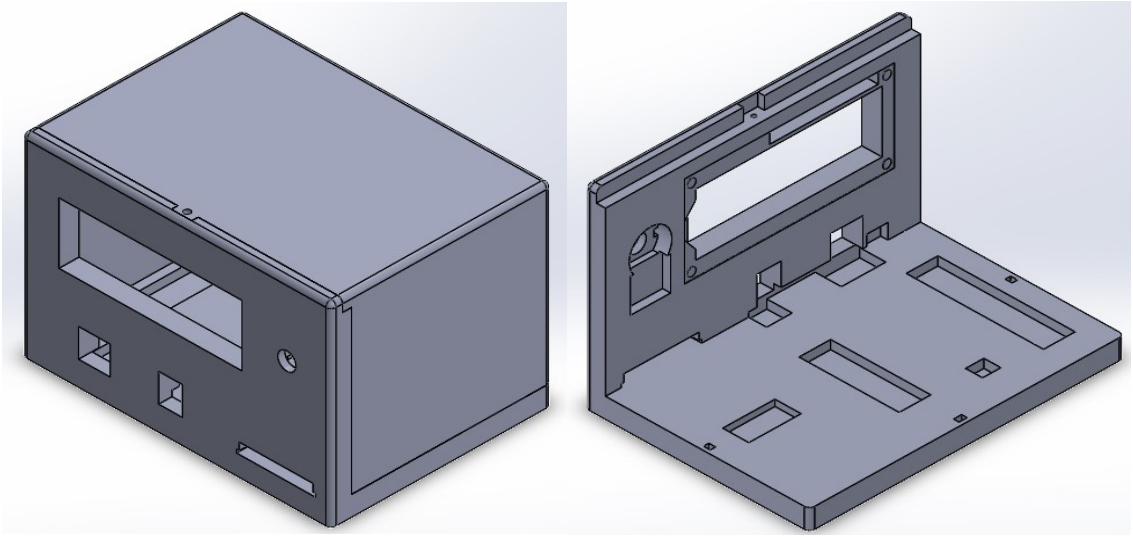
Kullanılan diğer devre elemanı olan kondansatör diğer isimleriyle kapasitör ya da sığaç, elektronların kutuplaşmasıyla elektrik enerjisini elektrik alan içerisinde depolayabilen devre elemanıdır. Temel olarak iki iletken metal tabaka arasında konulan bir yalıtkan malzemeden oluşmaktadır. Devrelerde C harfiyle ifade edilir ve birimi Farad (F)'dir. Devrelerde kullanılan sığaçlar alternatif akımı (AC akımı) iletip, doğru akımı (DC akımı) iletmeyerek, elektronik devrelerde çeşitli amaçlarda kullanılmaktadır. Rezonans (RLC) devresinde gerekli frekansın üretilmesi, güç kaynağı devresinde filtreleme ve güç aktarım bağlantılarının da ise voltajın ayarlanması ve akış kontrolü için kullanılmaktadır. Sığaç'a voltajın uygulanmasıyla iki iletken metal tabaka karşılıklı eşit ve ters olarak elektriksel yüklenirler. Elektriksel olarak yüklenen metal tabakaların arasında elektriksel alan oluşmaktadır. Sığaç'ın iki ucu arasında voltaj farkının uygulanmasıyla, devreden akım iletimi gerçekleşir. Sığaç'ın iki ucu arasında voltaj farkı olmaz ise sığaç üzerinde depolamış olduğu elektrik yükünü boşaltmaz ve bir süre sonra devredeki akım iletimi durur. İki uç arasında voltaj farkı oluşmasıyla yeniden iletim gerçekleşir. Sığaç'ın akımı, iki uç arasındaki uygulanan voltaj farkına bağlıdır. Şekil 6.7'deki devrede 1 adet 1000 mF 16 Volt sığaç kullanılmış olup, voltaj regülatörünün çıkış bacağına bağlanan sığaç gerilimde oluşabilecek dalgalanmaları en aza indirmeyi sağlamaktadır.



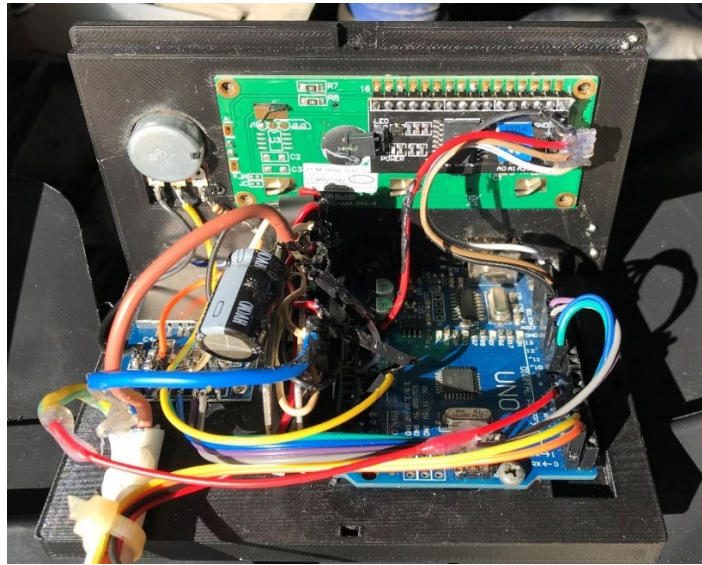
Şekil 6.7. Kontrol ünitesi voltaj düşürücü devre şeması.

6.7. Kontrol Ünitesi Muhafazası

Arduino Uno, Potansiyometre, 16 x 2 Mavi LCD Ekran Modülü, Voltaj Düşürücü Devre, SD Kart Modülü devlerinin saklanabilmesi için uygun boyutlarda kontrol ünitesi tasarlanmıştır. Şekil 6.8 de aktif ızgara sistemi kontrol ünitesi korumasının tasarımı, Şekil 6.9 de ise kontrol ünitesinin tamamlanmış hali görülmektedir. Daha sonra Arduino IDE yazılımı ile programlanan kontrol kartı ve devre elemanları şekilde gösterildiği gibi dış kasa içerisine sabitlenerek yerleştirilmiştir. Böylece olası darbe, sıcaklık, toz gibi dış etkenlere maruz kalmayacaktır.



Şekil 6.8. Aktif ızgara sistemi kontrol ünitesi korumasının 3 boyutlu tasarımı.



Şekil 6.9. Aktif ızgara sistemi kontrol ünitesi koruması.

6.8. Arayüz Bağlantı Ekipmanı ve Yazılımı

OBD, 1970’li yıllarda otomotiv sektöründe kullanılan araçların motorundaki sorunları görmek için kullanılmaya başlanmıştır. Temel amacı araçlardaki egzoz emisyonlarının yükselmesine sebep olan arızaların belirlenmesi, tespit edilmesi ve sürücünün bundan hemen haberdar olmasıdır. OBD 1990’lı yıllarda daha geniş kapsamlı bir hale gelmiştir ve araçlar üzerinde motor kontrolü, şasi, gövde ve elektronik sistemlerde tespit ve iletişim sağlamaya da başlamıştır. Motorlu araçlar için Amerika’da OBD I ve OBD II; Avrupa ülkelerinde ise EOBD standartları uygulanmaya başlanmıştır.



Şekil 6.10. Araç komponentlerinin birbiri ile haberleşmesini sağlayan CAN-Bus ağı.

OBD (On Board Diagnostics) temel olarak göstergeden arıza tespiti anlamına gelir. Bu amaçla geliştirilen OBD ve EOBD, araçtaki tüm donanımın elektronik olarak kontrol edilmesini, arızaların anlık olarak tespit edilmesini, arızaların hafızasına kaydedilmesini ve istenen anda arızaların okunmasını mümkün kılmıştır.

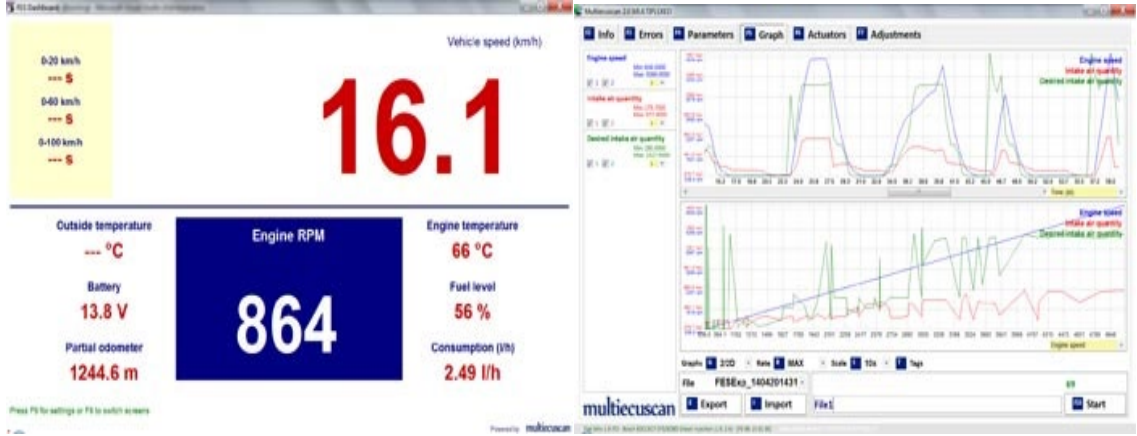
Otomobillerde ve diğer teknolojik araçlarda sensörler ve aracın elektronik kontrol ünitesi arasındaki merkezi ağ sistemi önemli bir hal almıştır. Bu sistem, araçta çalışan tüm modülleri sisteme bağlayarak ve böylece araçtaki komponentler hep birlikte verimli ve etkili olarak çalıştığı gözlemlenmiştir. Örneğin, eğim sensörü bilgiyi iletim hattına gönderir ve eğim bilgisini kullanan araçtaki tüm birimler bunu kullanarak işlem yaparlar. Bütün bu modülleri birbirlerine bağlamak çok karışık olacağından merkezi ağ sistemine ihtiyaç duyulmuştur. Adının kısaltması “The Controller Area Network”den gelen CAN Bus protokolü bu sistemlerden biridir. Şekil 6.10 ‘da gösterilen CAN bus sistemindeki tüm

birimler sistemde “Master” ve “Slave” olarak düşünölebildiği gözlemlenmiştir. Master sistemde asıl işlemleri yapan işlemcidir ve bir tanedir. Slave ise birden fazla olabilir ve görevi Mastera bilgi iletme olduğu görölmüştür. Hatta bir tane ana iletim yolu vardır. Bütün modüller buna bağlıdır ve buraya bilgi gönderirler. Bu sebeple sistem kolayca düzenlenebilmiştir. Sistemde bir modölin bozulması, tüm sistemin durmasını gerektirmemiştir. Sadece o modülle ilgili birim çalışmamış, ama diğer tüm birimler çalışmaya devam etmiştir. Bu da sistemi daha güvenli yapmıştır. Ayrıca CAN bus sistemli bir araçta hata bulmak ve diagnostik çok daha kolaydır. Basit ara yüzler ile hatta kim bilgi basmıyor, kim düzgün çalışmıyor kolayca görölebilmış ve düzeltilebilmiştir.



Şekil 6.11. ELM327 arayüzü bağlantısı.

Şekil 6.11’de görölen ELM327 Arayüzü, normalde 1996’dan beri üretilen Amerikan, Avrupa ve Asya araçlarında bulunan ve 16 pinli teşhis konektörüne sahip OBD II - EOBD - CAN sistemleri ile donatılmış araçları teşhis etmek için bir araçtır. Bu arayüz, Ecu sistemine sahip araçların OBD portuna takılarak kullanılmıştır. Bazı araçlarda direksiyonun sol kısmına konumlandırılan bu soket, aracın vites kısmında da yer alabilmektedir. Elm327 sokete takıldıktan sonra cihazın özel yazılımı akıllı telefona veya bir bilgisayara kurulur ve araç çalıştırılarak verilere ulaşılmıştır. Çalışmalarda ELM327 arayüzü cihazı dizüstü bilgisayara bağlanarak anlık verilere ulaşılmıştır.



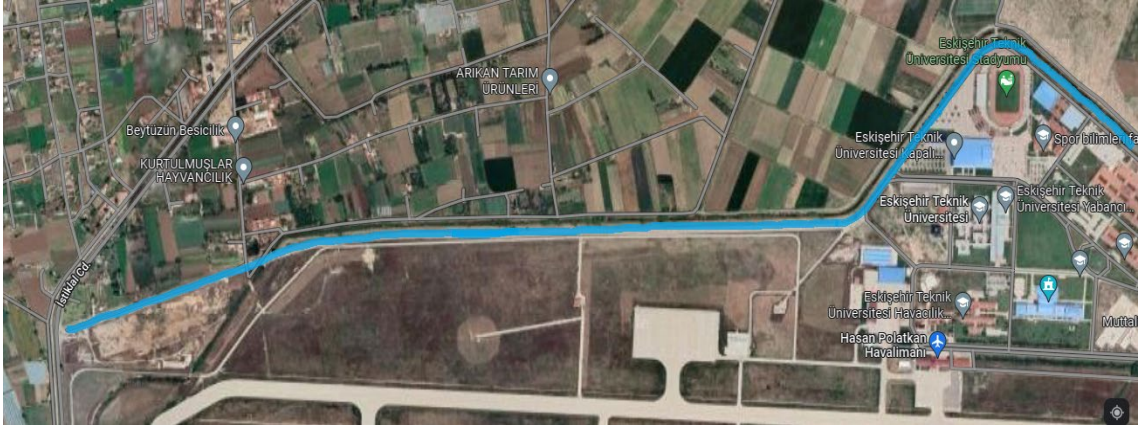
Şekil 6.12. Multiecuscan yazılımına ait ekran görüntüleri [http-8].

Bu projede kullanılacak olan Fiat Egea araca uygun olan ELM327 arayüz kablosu ve araç ile bilgisayar arasındaki veri toplama ve veri kaydı için “MultiEcuScan” yazılımı kullanılmıştır. Fiat ve Alfa Romeo taşıtları için Fesoft yazılım şirketi tarafından kullanıma sunulan MultiEcuScan yazılımı türkçe dil desteği ile kapsamlı bir taşıt teşhis yazılımıdır. Şekil 6.12.’de Multiecuscan yazılımının ekran görüntüsü gösterilmiştir. Kullanılan yazılım ile anlık olarak erişilebilen bazı veriler aşağıdaki gibidir.

- Motor devir sayısı.
- Motor Sıcaklığı
- Yükün hesaplanan değeri (yüzde).
- Soğutucu sıcaklığı.
- Yakıt seviyesi.
- Araç hızı.
- Emme manifoldu basıncı.
- Emme havası sıcaklığı.
- Girişteki hava akışı (MAF).
- Egzoz gaz sıcaklığı.
- Ayar vanasının mutlak konumu.
- Oksijen Sensörü Voltajları (O2 Lambda Sensörü).
- Yakıt enjeksiyon sisteminin kısa süreli ayarı.
- Yakıt tüketimi (l/h).
- Enjektör rayında yakıt basıncı.

7. DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalarda, tasarlanıp üretilen kanatçık sisteminin tampona entegrasyonu gerçekleştirilmeden önce, aracın fabrika çıkışı haliyle ilk testler başlanmıştır. Projede kullanılacak olan Fiat Egea araca uygun olan ELM327 ara yüz ekipmanı ve yazılım kullanılarak, araç ile taşınabilir bilgisayar arası iletişim sağlanarak veri kaydına hazır hale getirilmiştir. Araç içerisinde kullanılacak durumda taşınabilir bilgisayar Eskişehir Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü bünyesinde mevcuttur. Aktif ızgara sistem prototipinin test sürüşleri Şekil 7.1’de gösterilen Eskişehir Teknik Üniversitesi kampüsü içerisinde yer alan düz yolda yapılmıştır.



Şekil 7.1. Test sürüşlerinin gerçekleştiği kampüs yolu.

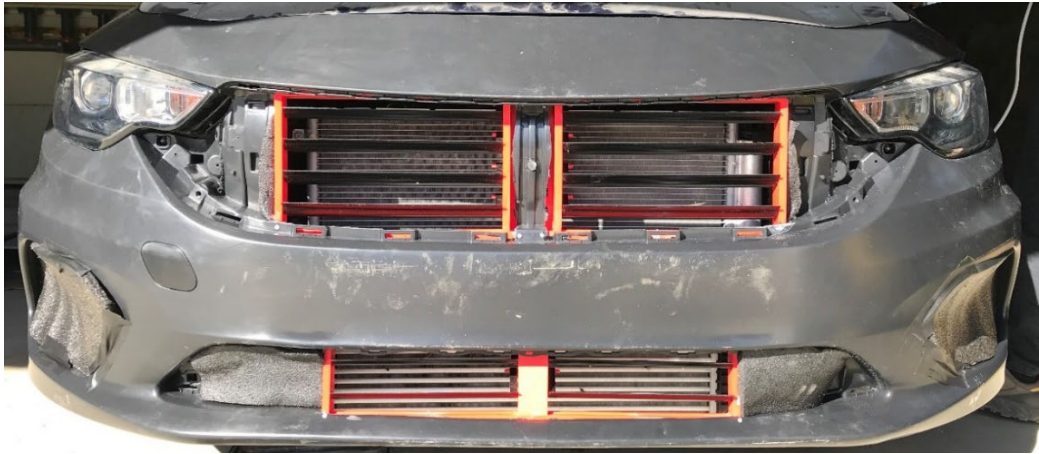
Durağan ve 50 km/h araç hızlarında testlere başlanmış ve araç motor sıcaklığı stabil hale gelene kadar geçen süre, bu süreye bağlı motor soğutma suyu sıcaklığı, önden gelen havanın sıcaklığı, motor devri, yakıt seviyesi ve anlık yakıt tüketimi değerleri kaydedilmiştir.

Daha sonra tasarlanıp baskı alınan prototip aktif ızgara sisteminin aracın ön tamponuna montajlaması yapılmıştır. Montaj aşamasından sonra aktif ızgara sisteminin kanatları açık hale getirilerek testler tekrarlanmış ve kanat sistemi tam açık halinde iken montajdan önceki test şartları ile karşılaştırılarak sistemin varlığının araca üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu durumda kanatlar tamamen açıkken hava girişine etki etmediği, bir başka deyişle sistemin montajdan önceki davranışına birebir veya yakın değerler elde edilip edilmediği kontrol edilmiş, birkaç farklı kanat tasarımı modeli denenmiş ve tasarımı düzeltilmeler yapılmıştır.

Aracın ilk haldeki davranışı belirlendikten sonra prototipi üretilen aktif ızgara sistemi araca monte edilmiş ve sistemin etkileri incelenmeye başlanmıştır. Sistem montajı üretilmeden önce test gerçekleştirilmiştir. Bu testin sonuçları referans olarak alınmıştır. Kanatçık montajından sonra farklı açılarda testler tekrarlanmış ve referans modelle karşılaştırılmıştır. Üretilen prototip ile araç tamponu arasında gerekli yalıtım sağlanarak sistemdeki kanatçıklar tamamen kapalı iken aracın motor bölgesine önden hava girişinin tamamen engellendiğinden emin olunduktan sonra testlere başlanmıştır. 4 farklı kanat açısı için testler yapılmıştır. Açılış değerleri servo motor kontrol ünitesi bağlantısıyla ayarlanmıştır Şekil 7.2, Şekil 7.3, Şekil 7.4, Şekil 7.5, Şekil 7.6 'de 4 farklı kanatçık açısı ve referans model gösterilmiştir.



Şekil 7.2. AGS yok.



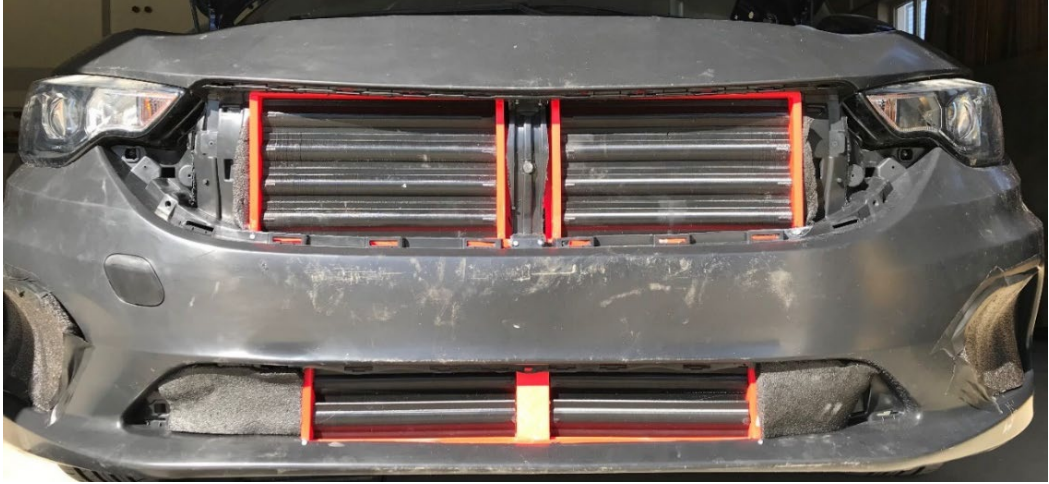
Şekil 7.3. AGS 0°



Şekil 7.4. AGS 30°

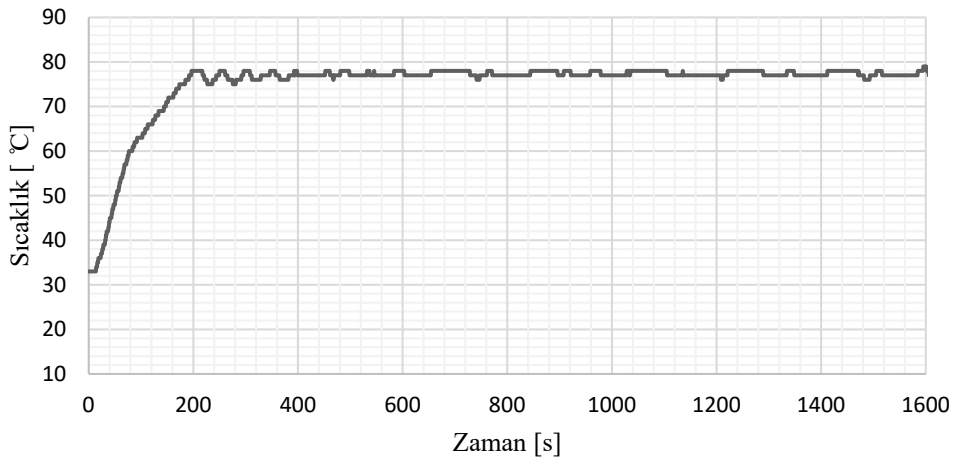


Şekil 7.5. AGS 60°



Şekil 7.6. AGS 90°.

Deneyler 50km/h sabit hızda, motor çalışma sıcaklığına gelene kadar geçen süre incelenmiştir. Aracın şehir içindeki hız limitinde hareket ettiği varsayılmıştır. Bütün testlerde araç hızı 50 km/h olması planlanmış ancak araçta hız sabitleme tertibatı olmadığı için testler arasında maksimum %7,8 'lik bir hız farkı ortaya çıkmıştır. Sonuçlarda bundan dolayı farklılıklar olması olağandır. Örnek analiz verisi olan Şekil 7.7'de görüldüğü gibi aracın motor sıcaklığı 78 °C'de sabit kalmıştır. Aracın sıcaklığı fabrika çıkışı halinde araç CPU'su motor sıcaklığını 78 °C'de sabit tutmaya çalışmaktadır. Böylelikle referans sıcaklığı 78 °C olarak belirlenmiştir. Bilgisayar bağlantısı yapıldıktan sonra araç çalıştırılmıştır. Çalıştırma anından itibaren motor sıcaklığı takip edilerek 78 °C 'ye sıcaklığa ulaşana kadar test sürdürülmüştür.



Şekil 7.7. Test aracının 50 km/h hızda motorun sıcaklık-zaman grafiği.

Testlerin yapılması esnasında zaman kısıtlı olduğu için tüm testlerin aynı sıcaklıkta gerçekleşmesi mümkün olmamıştır. Sürüş testlerinin yapılabilmesi için araç motorunun soğuması beklenmiştir. Testlerin yapıldığı dönemde Eskişehir ilindeki hava durumunun düzensiz ve değişken olması testler arasında maksimum 5° C'lik sıcaklık farkı olmasına yol açmıştır.



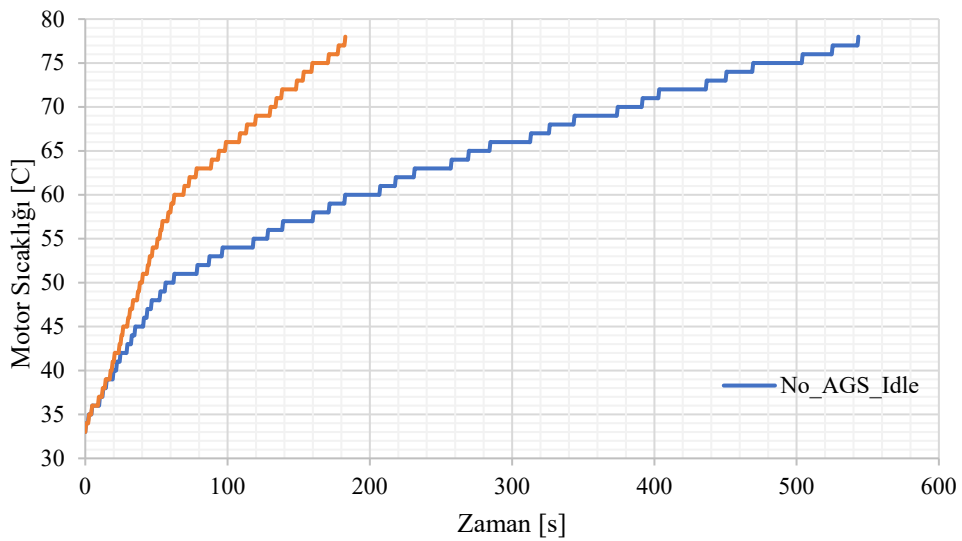
8. TEST SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Bu bölümde, aracın yol testlerinden elde edilen sonuçlarından bahsedilmiştir. Çalışmaya ilk olarak aktif ızgara sisteminin literatür araştırmalarıyla başlanarak, sistemin literatürdeki yeri ve önemi hakkında bilgiler aktarılmıştır. Tez çalışmasının sonraki bölümlerinde ise bilgisayar destekli tasarım ve analiz programlarıyla yapılan çalışmalar sonucunda katmanlı imalat teknolojisi kullanılarak aktif ızgara sisteminin prototipi üretilip, aracın ön tamponuna entegrasyonu ile yol testleri uygulanmıştır.

İlk olarak aracın ön tamponuna aktif ızgara sistem prototipi eklenmeden yapılan yol testlerinden deneysel veriler alınarak elde edilen referans durum için araç durur halde ve hareketli halde olmak üzere ikiye ayrılmış olup, diğer başlıkta ise aktif ön ızgara sisteminin entegrasyonu ile yapılan uygulamalar ve analizleri referans modelle karşılaştırılarak aktif ön ızgaranın sisteminin araca olan etkileri gösterilmiştir.

8.1. Referans Durum

İlk olarak yapılan yol testinde aracın ön tamponuna aktif ızgara sisteminin entegrasyonunun olmadığı durumda Şekil 8.1 'de görüldüğü gibi dış ortam sıcaklığı 20-21 °C aralığında iken araç durur halde (idle) ve 50 km/h sabit hızda (50_kmh) çalışırken test sürüşü gerçekleştirilmiştir. Aracın 50 km/h hızdaki hareketinin motor çalışma sıcaklığına etkisi gözlemlenmiştir.



Şekil 8.1. Motor sıcaklığının referans model üzerinde zamana bağlı değişimi.

8.1.1. Araç durur halde

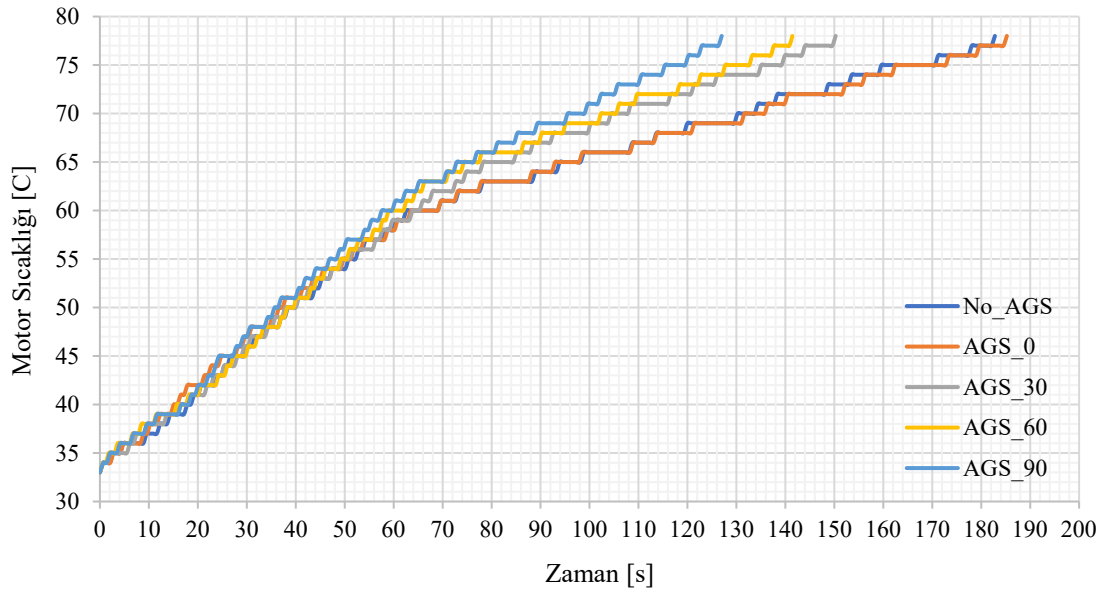
Araç durur halde iken hareketli hale göre motor ısınma süresi %200 artmıştır. Motor yük altında çalışmadığı için optimum sıcaklığa geç ulaşmıştır. Motor gereken devri sağlamadığı için gereken güç harcanmamıştır. Araç durur halde iken referans duruma göre yakıt tüketimi %33 azalmıştır. Motor üzerine gereken yük binmediğinden yakıt tüketimi azdır.

8.1.2. Araç hareketli halde

Referans model olarak kullanılan aktif ön ızgaranın kullanılmadığı halde Tablo 8.1 'da görüldüğü gibi dış ortam sıcaklığı 21 C, araç hızı 50 km/h'a yakın bir değerdedir. Motor ısınana kadar geçen süre 182,8 saniyedir ve bu sürede tüketilen yakıt 0,18 litredir. Ortalama yakıt tüketimi ise 3,46 l/h'dır. Bu referans model baz alınarak diğer durumların etkisi ile karşılaştırılarak gösterilmiştir.

8.1.2.1. Aktif ön ızgara sisteminin etkisi

Şekil 8.2 'de gösterildiği gibi yakıt tüketimi düşünüldüğünde sistemin kanat açısı değiştiğinde L/h cinsinden artış söz konusu olsa da motorun ısınma süresi daha kısa olduğu için motor ısınana kadar geçen sürede harcanan toplam yakıt miktarı azalmıştır.



Şekil 8.2. Iızgara açısının motor sıcaklığı üzerindeki etkisinin zamana bağlı gösterimi.

Referans duruma göre aktif ızgara sisteminin kanat açısı 0 derece iken ısınma süresi %1,33 oranında artmış olup, bu esnada tüketilen yakıt miktarında ise %5,88 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

Referans duruma göre aktif ızgara sisteminin kanat açısı 30 derece iken ısınma süresi %17,7 oranında azalmış olup, bu açı değerinde iken tüketilen yakıt miktarında ise %16,7 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

Referans duruma göre aktif ızgara sisteminin kanat açısı 60 derece iken ısınma süresi %22,7 oranında azalmış olup, kanatlar bu açı değerinde iken tüketilen yakıt miktarında ise %22,2 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

Referans duruma göre aktif ızgara sisteminin kanat açısı 90 derece yani tam kapalı iken ısınma süresi %30,5 oranında azalmış olup, tüketilen yakıt miktarında ise %27,8 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

Referans duruma göre aktif ızgara sisteminin kanat açısındaki artış ile tüketilen yakıt miktarında düşüş olduğu tespit edilmiştir. Sistemin kanat açı değerleri arttıkça, aracın ön tampon ızgaralarından kaput altı bölgeye girerek araç motoruna soğutucu görevi gören hava miktarı azalmıştır.

Referans duruma göre kanat açısı 0° ‘den 90° ‘ye doğru kanat açısındaki artış söz konusu iken ısınma süresinde düşüş gözlemlenmiştir. Kanat açısı 0° ‘den 90° ‘ye doğru arttığında motorun ilk çalışma anındaki sıcaklığından motorun normal çalışma sıcaklığına daha çabuk ulaştığı gözlemlenmiştir.

Tablo 8.1. Aktif ön ızgaranın sisteminin analizi.

		Idle	No_AGS	AGS_0	AGS_30	AGS_60	AGS_90
Hava Sıcaklığı	C	20	21	26	20	24	23
Ortalama Hız	km/h	0	46,41	46,11	47,98	47,03	48,7
Isınma Süresi	s	543,42	182,80	185,24	150,27	141,43	127,00
Ortalama Yakıt Tüketimi	l/h	0,81	3,46	3,31	3,66	3,64	3,74
Yakıt Tüketimi	l	0,12	0,18	0,17	0,15	0,14	0,13

Tablo 8.1 ‘de görüldüğü gibi aktif ızgara sisteminin kanat açısı 0° ile kanat açısı 90° durumları arasındaki ısınma süresi farkı 58,24 saniye olarak ölçülmüştür. Kanat açısı 30° ile kanat açısı 60° durumları arasındaki ısınma süresi farkı 8,84 saniye olarak ölçülmüştür. Bu durumda kanat açısı 0° ile kanat açısı 90° durumları arasındaki ısınma süresi için

belirgin bir fark tespit edilmesine rağmen kanat açısı 30° ile kanat açısı 60° durumları arasındaki ısınma süresinin büyük bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir.

8.2. Aktif Izgara Sistemi Kontrol Stratejisi

Aktif ızgara sistemi, aracın aerodinamik direncini ve termal yönetimini iyileştirmek için taşıtın çalışma koşullarına göre otomatik olarak açılıp kapanabilen kanatlara sahip sistemdir. Aktif ızgaralar tamamen kapalıyken, hava araç gövdesinin etrafından dolaşarak, direnç azalır ve aracın aerodinamik performansını iyileştirir. Sistem kanatları gereken durumlarda otomatik olarak belirli açılarda açılarak motor bölmesine giren soğutma havasını ayarlayarak, aracın termal kontrolünü sağlamaktadır. Sistem kanatlarının, aerodinamik sürtünmeyi azaltarak aynı zamanda aracın termal sistem performansının iyileştirilmesi gibi kontrol stratejisine sahip olması gerekmektedir. Aktif ızgara sisteminin kontrolü, aracın motor kontrol ünitesinden (ECU) gerekli parametreleri alıp kontrol stratejisi doğrultusunda uygun açı değerinin ayarlanmasıyla, motorun termal yönetimini, performansını, yakıt tüketimini, kirletici emisyon salınımını ve diğer taşıt sistemlerinin optimum şekilde çalışmasını sağlamaktır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde aktif ızgara sisteminin kontrol stratejisi üzerine, Mustafa, R. ve diğerleri çalışmalarında aktif ızgara sisteminin kontrolüyle araç enerji yönetiminin iyileştirmesi üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarındaki kontrol stratejisinde motor yağı sıcaklığı, şansız yağ sıcaklığı, soğutma sıvısı sıcaklığı, araç içi sıcaklık, çevre sıcaklığı ve klima basınç parametrelerini kullanarak optimum kontrol stratejisi elde etmeye çalışmışlardır [8]. Feng, L. ve diğerleri çalışmalarında motor yağı sıcaklığı, soğutma suyu sıcaklığı, çevre sıcaklığı ve araç hızı parametrelerini kullanarak aktif ızgara sisteminin kontrol stratejisini oluşturmuşlardır [35]. El-Sharkawy, A. E. ve diğerleri yaptıkları çalışmalarda, aktif ızgara sisteminin aracın termal yönetimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Aktif ızgara sisteminin kontrol stratejisinde, taşıtın termal korunmasıyla ilgili dikkate alınması gereken en kritik strateji parametrelerinin motor devri, araç hızı, gaz kelebeği konumu, motor soğutma suyu sıcaklığı, egzoz gazı sıcaklığı ve çevre sıcaklığı olduğu tespit edilmiştir [4]. Tez çalışmasında, aynı zamanda aktif ızgara sistemi kontrol stratejisi için yazılım geliştirilmiştir. Aktif ızgara sisteminin kontrol stratejisinde motor yağı sıcaklığı, soğutma suyu sıcaklığı, araç hızı ve çevre sıcaklığı parametrelerine yer verilmiştir. Aktif ızgara sisteminin kontrolünde kullanılan bu parametreler doğrultusunda, aracın motor kontrol ünitesinden (ECU) gerekli parametreleri alıp kontrol stratejisi doğrultusunda

uygun açđ değerinin anlık olarak ayarlanmasıyla, motorun termal yönetimini, performansını, yakıt tüketimini, kirletici emisyon salınımını ve diğer taşıt sistemlerinin optimum şekilde çalışması amaçlanmıştır. Parametreler aracın motor kontrol nitesinden Elm327 cihaz bağlantısı yardımıyla, geliştirilen kontrol ünitesine aktarılmıştır.



9. GELECEK ÇALIŞMALAR VE ÖNERİLER

Çalışmada, yol testlerindeki veriler bir bilgisayar yardımıyla alınmıştır. Aktif ızgara sisteminin, kanat açısı 90 derece yani tam kapalı durumdayken ölçülen yakıt tüketimi aracın referans durumuna göre %27,8 oranında iyileşme olduğunu görülmüş ve deneylerin tekrarlanarak, deney sonuçlarının tekrarlanabilir olduğu gösterilmeye çalışılacaktır. Farklı araç hızlarında (durağan, 10,30,50 km/h) ve yük durumlarında testler yapılarak, aracın motor sıcaklığı stabil hale gelene kadar geçen süre ve bu süreye bağlı motor soğutma suyu sıcaklığı ve anlık yakıt tüketimi değerleri kaydedilecektir. Aynı testler araç iç ısıtma ihtiyacı var iken ki duruma göre tekrarlanacaktır. İç ısıtma ihtiyacı olan durum için araç iç ısıtıcıları maksimum sıcak duruma getirilerek testlere başlanacak ve motor sıcaklığı stabil hale gelene kadar devam ettirilecektir.

Deneyin gerçekleştirilmesi doğruluğu yüksek sonuçlar alabilmek için kış koşullarında yapılması planlanmıştır. Ancak testler zamanın kısıtlı olması dolayısıyla eylül ayında gerçekleştirilmek zorunda kalınmıştır. Testlerin kış iklim koşullarında yapılması sonucunda sistemin performansında artış beklenmektedir. Bu yüzden tüm testlerin kış şartlarında tekrarlanması ve verilerin işlenmesi önerilir. Bu sistemin asıl verimli çalıştığı durum hava sıcaklığının çok düşük olduğu şartlardır. Yakıt tüketiminin ve ısınma süresinin etkisi daha belirgin analiz edilebilecektir.

Gelecek çalışmalarda, aktif ızgara sistemine sahip aracın Computational Fluid Dynamics (CFD) analizlerinin yapılarak elde edilen analiz sonuçlarıyla, aracın iklimatik rüzgâr tüneline test edilerek alınan sonuçların karşılaştırılarak, doğrulamasının yapılması gerekmektedir.

Araç ön tamponuna aktif ön ızgara sistemi entegre edilerek, kaput altı bölgeye giren havanın kontrolünde kullanılacak algoritma stratejisinde motor yağ sıcaklığı, şanzıman yağı sıcaklığı, soğutma suyu sıcaklığı, araç içi sıcaklığı, çevre sıcaklığı, egzoz sıcaklığı ve klima basınç verilerini kapsayacak optimum kontrol stratejisi geliştirilmelidir. Bu kontrol parametrelerine ek olarak ön tampon bölgesinde bulunan alt ve üst ızgaralardaki kanat sistemlerinin ayrı ayrı kontrol edilmesiyle sonuçların karşılaştırılması öngörülmektedir.

Aktif ızgara sisteminin, aracın ön tamponuna entegrasyonu ile yapılan yol test sonuçları ile sistemin motor bölmesinde bulunan radyatör önüne entegrasyonunun yapıldığı yol test sonuçlarının karşılaştırılarak sistemin araç üzerindeki konumuna bağlı olarak etkileri tespit edilmelidir.

Gelecek çalışmalarda, elektrikli araçlara y6nelik aktif ızgara sistemi geliştirilerek batarya soğutma çalışmaları yapılması 6ng6r6lmektedir.

Son olarak çalışmada planlanmamış fakat literat6rdeki bazı çalışmalara konu olan, aktif ızgara sisteminin motordaki g6r6lt6y6 azaltmasına y6nelik iyileştirmelerde gelecek alışmalarda yer alması 6ng6r6lmektedir.



KAYNAKÇA

- [1] Yang, K. (2018). Impact of Front-end Air Flow Conditions on AC Performance and Real-World Fuel Economy. Windsor, Ontario: Electronic Theses and Dissertations, 2018, ss. 1-93.
- [2] Charnesky, S., Fadler, G. ve Lockwood, T. (2011). Variable and fixed airflow for vehicle cooling. SAE International Journal of Materials and Manufacturing, 4(1), 1286-1296.
- [3] Rhyu, S. H., Lee, J. J., Gu, B. G., Choi, B. D. and Lim, J. H. (2014). Development of a micro-step voltage-fed actuator with a novel stepper motor for automobile AGS systems. Sensors. 14(5), 8026-8036.
- [4] El-Sharkawy, A. E., Kamrad, J. C., Lounsberry, T. H., Baker, G. L. and Rahman, S. S. (2011). Evaluation of impact of active grille shutter on vehicle thermal management. SAE International Journal of Materials and Manufacturing, 4(1), 1244-1254.
- [5] Xu, B., Leffert, M. and Belanger, B. (2013). Fuel economy impact of grille opening and engine cooling fan power on a mid-size sedan (No. 2013-01-0857). SAE Technical Paper.
- [6] Jama, H., Watkins, S. and C. Dixon, C. (2006). Reduced Drag and Adequate Cooling for Passenger Vehicles Using Variable Area Front Air Intakes.
- [7] Markowitz, M. (2011). Minimising total vehicle energy consumption by balancing the aerodynamic benefit of an active grille shutter and the power consumption of the air conditioning compressor. Vehicle Thermal Management Systems Conference and Exhibition (VTMS10), Warwickshire, United Kingdom.
- [8] Mustafa, R., Schulze, M., Eilts, P., Küçükay, F., Jaeckel, T. ve Lund, C. (2012). Improved Energy Management Using Engine Compartment Encapsulation and Grille Shutter Control, SAE International Journal of Fuels and Lubricants, 5(2), 803-812.
- [9] Chiara, F. ve Canova, M. (2013). A review of energy consumption, management, and recovery in automotive systems, with considerations of future trends. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, cilt 227, no. 6, ss. 914-936.
- [10] Pfeifer C. (2014). Evolution of Active Grille Shutters. SAE Technical Paper, pp. 1-7.
- [11] Yang, W., Wu, S.-N., Wang, W., Yang, Y. ve Lu, L. (2016). Automobile Engine Compartment Parameters Optimization Based on CFD Simulation. 3rd International Conference on Material Engineering and Application (ICMEA).

- [12] Nordin, J. (2017). CFD Study of Optimal Under-hood Flow for Thermal Management of Electric Vehicles. Göteborg: Chalmers University of Technology / Department of Applied Mechanics, ss. 1-46.
- [13] Cho, Y.C., Chang, C.W., Shestopalov, A. ve E. Tate, E. (2017). Optimization of Active Grille Shutters Operation for Improved Fuel Economy, SAE Int. J. Passeng. Cars - Mech. Syst., cilt 10, no. 2, ss. 563-572.
- [14] Liu, X., Li, T., Wang, J., ve Zhu, Z. (2017). Aerodynamic Optimization of Cooling Airflow of a Production Vehicle, DEStech Transactions on Engineering and Technology Research, ss. 492-501.
- [15] Larson, L., Woodiga, S., Gin R. ve Lietz, R. (2017). Aerodynamic Investigation of Cooling Drag of a Production Sedan Part 1 Test Results. SAE Int. J. Passeng. Cars - Mech. Syst., cilt 10, no. 2, pp. 628- 637.
- [16] Larson, L., Gin R. ve Lietz, R. (2017). Aerodynamic Investigation of Cooling Drag of a Production Sedan Part 2: CFD Results. SAE Int. J. Passeng. Cars - Mech. Syst., cilt 10, no. 1, pp. 214-223.
- [17] Zhang, C., Uddin, M., Robinson, A. C. ve Foster, L. (2018). Full vehicle CFD investigations on the influence of front-end configuration on radiator performance and cooling drag. Applied Thermal Engineering, cilt 10, ss. 1328–1340.
- [18] Vemuri S. ve Raza, M. (2018). Cooling Capable Vehicle Front End Concepts Development Response Surface Approach. SAE Technical Paper, ss. 1-6.
- [19] Gong, C., Shen, J., Y. YU, Wang K. ve Tu, Z. (2020). Heat dissipation characteristic in the intake grille and radiator of a fuel cell vehicle. International Journal of Green Energy, cilt 17, no. 10, ss. 591-601.
- [20] Eberz T. ve Newnham, P. (2020). Aerodynamic Development of the Ford Kuga. ATZ Worldwide, ss. 54-60.
- [21] Mamat, R., Mahrous, A.-F. M., Xu, H., Wyszynski, M. L., Pierson S. ve Qiao, J. (2008). CFD Analysis of Air Intake System with Negative Pressure on Intake Grill. SAE Technical Paper Series, ss. 1-9.
- [22] Bellman, M., Agarwal, R., Naber, J. ve Chusak, L. (2010). Reducing Energy Consumption of Ground Vehicles by Active Flow Control. ASME 2010 4th International Conference on Energy Sustainability, cilt 1, ss. 785-793.
- [23] Baeder, D., Indinger, T., Adams N. ve Unterlechner, P. (2012). Aerodynamic Investigation of Vehicle Cooling Drag. SAE Technical Papers, ss. 1-11.
- [24] Datta, S., Mukhopadhyay, S. ve Das, P.K. (2014). Obstructed airflow through the condenser of an automotive air conditioner - Effects on the condenser and the overall performance of the system. Applied Thermal Engineering, cilt 70, no. 1, ss. 925-934.
- [25] Yılmaz, Ş., Erdoğan, K., Cırık, U. ve Ergenç, A. T. (2014). Önden motorlu bir araçta aktif gril kapatma sistemi geliştirilmesi. 7. Otomotiv Teknolojileri Kongresi OTEKON 2014, ss. 1- 5.
- [26] Kremheller, A. (2014). The Aerodynamics Development of the New Nissan Qashqai. SAE Technical Paper.

- [27] Buscariolo, F. F., Magazoni, F. C., Maruyama, F. K., Alves, J. C. L., Holl, A. F. ve Volpe, L. J. D. (2016). Aerodynamic Enablers Review for Automotive Applications. SAE International Technical Papers, ss. 1-12.
- [28] Taşkaya, S. (2016). Kaynakta Ansys. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [29] Konez, O. (2012). Y32 Boji Şasisinin Statik Analizi ve Yorulma Bakımından İncelenmesi. Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- [30] Eryıldız, M. (2022). Estimation of three-point bending behavior using finite element method for 3D-printed polymeric sandwich structures with honeycomb and reentrant core. European Mechanical Science, 6(3): 196-200.
- [31] Yılmaz, T., Sahin, T., Sinmazcelik, T. (2009). Fracture characteristics of high impact polystyrene under impact fatigue loadings. Journal of Materials Science. 44. 4308-4314.
- [32] Sürmen, H. K. (2019). Eklemeli İmalat (3b baskı): Teknolojiler ve Uygulamalar. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 24(2), 373-392.
- [33] Top N., Şahin İ., Gökçe H., (2018). 3B Yazıcı Teknolojisi için Topoloji Optimizasyonu: Otomotivde Salıncak Kolu Üzerine bir Çalışma. 3'rd International Symposium on Industrial Design and Engineering (ISIDE 2018), Antalya.
- [34] A. Akçaoğlu, *Arduino ile Robotik Projeler*, 1st ed. İstanbul, 2018.
- [35] Feng, L., Wikander, J. ve Li, Z. (2020). Fuel Minimization of the Electric Engine Cooling System With Active Grille Shutter by Iterative Quadratic Programming. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 69(3), 2621-2635.
- http-1:** https://tr.wikipedia.org/wiki/Fiat_Egea (Erişim tarihi: 19.08.2022)
- http-2:** <http://origin-www.fiat.com/news/Istanbul-MotorShow-Egea> (Erişim tarihi: 22.08.2022)
- http-3:** <https://www.ultimatespecs.com/tr/araba-teknik-ozellikler/Fiat/106260/Fiat-Tipo-SW-14-95HP.html> (Erişim tarihi: 22.08.2022)
- http-4:** <https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/properties-table/> (Erişim tarihi: 17.06.2022)
- http-5:** <https://www.dfrobot.com/product-1177.html> (Erişim tarihi: 12.10.2022)
- http-6:** <https://www.arduino.cc/en/tutorial/foundations> (Erişim tarihi: 21.06.2022)
- http-7:** <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano> (Erişim tarihi: 08.10.2022)
- http-8:** <https://www.multiecuscan.net/> (Erişim tarihi: 06.10.2022)

ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0000-0003-4388-6799

Ad Soyad : Tunahan SARIKILIÇ

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2014 - 2019, Karabük Üniversite, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Otomotiv Anabilim Dalı.
- 2020 - 2023, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.
- 2020-2022, Ar-ge Mühendisi, Tente Elektronik ve Bilişim Sist. Tek. A.Ş., Ar-ge Departmanı.
- 2022, Teknik Müdür, Macro Ayakkabı Otelcilik Tur. San. ve Tic.A.Ş.

Yayınları ve/veya Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- Sarıkılıç, T. ve Özyurt, E. (2022). Aktif Izgara Sistemi Üzerine İncelemeler. 10. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi Kitabı, ss. 1455-1462. E-ISBN: 978-625-7367-76-9.